Godišnjak 2019

Akademija tehničkih znanosti Hrvatske

Hrvatska tehnička i industrijska baština



AKADEMIJA TEHNIČKIH ZNANOSTI HRVATSKE

GODIŠNJAK 2019.
AKADEMIJE TEHNIČKIH ZNANOSTI HRVATSKE

Izdavač i nakladnik:
Akademija tehničkih znanosti Hrvatske,
Kačićeva 28, 10000 Zagreb, Hrvatska

Glavni i odgovorni urednik:
Prof. dr. sc. Vladimir Andročec,
predsjednik Akademije tehničkih znanosti Hrvatske

Urednik:
Prof. dr. sc. Dubravko Rogale, dopredsjednik HATZ-a

Suradnice:
Tanja Miškić Rogić, univ. spec. oec., poslovna tajnica HATZ-a
Adrijana Pavičić, ekon. teh, administrativna referentica

Dizajn naslovnice:
Izv. prof. dr. sc. Jana Žiljak Gršić, mag. design.

Naslovnica je izvedena u
INFRAREDESIGN® tehnologiji

ISSN 1332-3482
Godišnjak Akademije tehničkih znanosti Hrvatske 2019.
God. Akad. teh. zn. Hr. 2019.

Priprema:
Vladimir Pavlić, dipl. ing

Tisak:
Tiskara Zelina d.o.o., Zelina

Naklada:
300 knjiga

Izjava o dozvoli za korištenje:
"Godišnjak Akademije tehničkih znanosti Hrvatske 2019." vlasništvo je Akademije tehničkih znanosti Hrvatske. Radovi, tekstovi, slike, grafikoni, tablice i drugi podaci ne smiju se kopirati, distribuirati niti koristiti u publikacijama koje nisu akademske i znanstvene, bilo u pisanom ili u elektroničkom obliku, u cijelosti ili djelomično, osim uz izričitu dozvolu Akademije tehničkih znanosti Hrvatske.
Akademija tehničkih znanosti Hrvatske dopušta korištenje radova, tekstova, slika, grafikona, tablica i drugih podataka isključivo u akademske i znanstvene svrhe.

Napomena:

Tekstovi radova autora prikazani su prema dostavljenom izvorniku.

AKADEMIJA TEHNIČKIH ZNANOSTI HRVATSKE

God. Akad. teh. zn. Hr. 2019. ISSN 1332-3482

GODIŠNJAK 2019. AKADEMIJE TEHNIČKIH ZNANOSTI HRVATSKE

CAETS

Euro-CASE

Zagreb, 2020

Sadržaj

Uvodna riječ 1
Andročec, V.

Značaj očuvanja hrvatske tehničke i industrijske baštine.....3
Rogale, D.

Radovi članova Akademije

20 godina od početka razvoja Informacijskog sustava i visokih učilišta – ISVU 19
Baranović, M.

Tehnološki razvoj etiketa, papirne i kartonske ambalaže u Hrvatskoj uključujući ekološki aspekt 36
Bolanča, Z., Milković, M., Bolanča Mirković, I., Medek, G.

Hrvatska tehnička i industrijska baština na području tiska 51
Bolanča, S., Mrvac, N., Mikota, M., Pučić, I., Hajdek, M.

Mikrovalni radiorelejni primopredajnik RP8-24.....64
Bonefačić, D., Bartolić, J.

Povijest proizvodnje tekstila u Hrvatskoj 76
Čunko, R., Knezić, Ž., Pušić, T., Soljačić, I.

Eksplozivi i razvoj društva.....104
Dobrilović, M., Bohanek, V., Škrlec, V.

Razvoj cestovnog prometa u Hrvatskoj 121
Feletar, P., Hozjan, D., Anžek, M.

Povijest izrade i proizvodnje odjeće u Hrvatskoj 145
Firšt Rogale, S., Rogale, D., Knezić, Ž.

Prvi cjeloviti više-fazni elektroenergetski sustav na svijetu – Krka Šibenik 162
Holjevac, N., Kuzle, I.

Neka iskustva u razvoju informacijskih sustava 175
Kalpić, D., Baranović, M., Mornar, V., Fertalj, K.

Kontinuitet kamenarstva i života s kamenom u Hrvatskoj 191
Kovačević Zelić, B., Maričić, A., Burečić Šafran, M., Hrženjak, P.

Razvoj studija elektroenergetike na Sveučilištu u Zagrebu 207
Kuzle, I.

100 godina studija elektrotehnike na Sveučilištu u Zagrebu 224
Kviz, B.

Geodezija u Hrvatskoj 235
Lapaine, M.

Povijesni pregled metalurških aktivnosti na tlu Republike Hrvatske 251
Lazić, L., Zovko Brodarac, Z.

Razvoj biomedicinskog inženjerstva u Hrvatskoj 268
Magjarević, R., Jerbić, B., Cifrek, M., Udiljak, T., Jurčević Lulić, T.

Sjećanje na proizvodnju u Tvornici telekomunikacijskih uređaja
Nikola Tesla u Zagrebu 292
Nikolić, G., Rogale, D.

Razvoj sigurnosnog tiska vrijednosnica u Hrvatskoj 311
Pap, K., Agić, D., Žiljak Gršić, J., Modrić, D., Žiljak, V.

Struktura i artefakti Prve hrvatske zbirke mjerne i komunikacijske opreme 323
Rogale, D.

Povijest Zavoda za elektroakustiku Fakulteta elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu 339
Somek, B., Fajt, S.

Tehnički razvoj javnog radija u Hrvatskoj.....355
Šimunović, D., Bujić, N., Fajt, S.

Tehnički razvoj javne televizije u Hrvatskoj.....408
Šimunović, D., Bujić, N., Fajt, S.

Biotehnologija u Hrvatskoj – povijesna baština i suvremeni trendovi 438
Šušković, J., Kos, B., Šantek, B., Kniewald, Z., Mrša, V., Hruškar, M., Frece, J., Gaurina Srček, V., Slavica, A., Novak, J., Leboš Pavunc, A.

Zaštita hrvatske rudarsko-geološke materijalne baštine 485
Vrkljan, D.

55 godina razvoja Laboratorija za mjerenje i mjernu tehniku Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.....501
Zrinjski, M., Barković, Đ., Matika, K.

Studij arheologije tehničkih (i građevinskih) znanosti 516
Žagar, Z.

Pregled

Pregled aktivnosti Akademije tehničkih znanosti Hrvatske u 2019. godini 541
Miškić Rogić, T.

Autorski indeks.....557

Uvodna riječ

Poštovani čitatelju,



Ovu uvodnu riječ za Godišnjak Akademije tehničkih znanosti Hrvatske 2019. pišem u toku još nedoživljene i neizvjesnog kraja svjetske pandemije koronovirusa COVID19 te nekoliko dana nakon razornog zagrebačkog zemljotresa 22. ožujka 2020. godine koji je značajno razorio ili oštetio stanovanja te kulturne i državne institucije našega grada i države.

Razmišljam kako u toku odlučivanja o sadržaju ovogodišnjeg, već tradicionalnog, Annuala nismo ni pomislili da je odabrana tema „Hrvatska tehnička i industrijska baština“ upravo aktuelna u ovom vremenu kada je oštećen značajni opus naše materijalne i duhovne baštine. Da bi sačuvali sjećanje i na drugi dio našeg povijesnog razvoja, isto tako važnog tehničkog i industrijskog, nužno je sakupiti dokumentaciju i znanja u odgovarajuću cjelinu.

Akademija tehničkih znanosti Hrvatske kao znanstvena institucija ima u svojem poslanju, osim brige i doprinosa razvoju tehničkih i biotehničkih znanosti te kroz razne oblike njegovanja suradnje znanosti, obrazovanja i gospodarstva, isto tako i očuvanje sjećanja na povijesni razvoj i dostignuća tehničkih i industrijskih supstanci Hrvatske.

U tom smislu, osim organiziranja niza svakogodišnjih znanstvenih, stručnih i društvenih događanja, Akademija publicira i odgovarajuća pisana izdanja vezana uz razne tehničke discipline (www hatz). Posebno ovdje treba istaknuti sudjelovanje u izdavanju Hrvatske tehničke enciklopedije započeto prije nekoliko godina od strane Leksikografskog zavoda Miroslav Krleža,a na temelju trostranog sporazuma Zavoda, HAZU i naše Akademije. Predviđeno je da se izdaju četiri sveska (u tiskanom i on-line obliku koji se stalno može nadopunjavati, a time i dobiti snagu opširnosti) koja pokrivaju cjelokupni povijesni razvoj i stanje tehničkih i biotehničkih znanosti u Hrvatskoj kroz nekoliko tisuća članaka i natuknica, a obuhvaćajući osobe i materijalna dobra. U toku je izdavanje drugog sveska, a u cjelokupnom

poduhvatu kao autori sudjeluje veliki broj naših istaknutih članova bez kojih bi ovo izdavanje bilo teško provedivo.

Stoga izgleda logičnom odluka da je vrijeme da se detaljnije obrade neka područja naše tehničke baštine, a o kojima velik dio naših članova ima značajno i detaljno znanje koje bi se iskoristilo kako bi ovo područje bilo cjelovitije, opsežnije i detaljnije prikazano te se sačuvalo od zaborava sljedećih generacija. Time bi se ujedno dopunili sadržaji prikazani u Hrvatskoj tehničkoj enciklopediji, odnosno stvorila podloga za nove članke. Ovo nastojanje smatram veoma važnim i u svjetlu današnjeg brzog razvoja novih digitalnih tehnologija, robotizacije, umjetne inteligencije i sličnih razvojnih smjerova u okviru, kako to danas nazivamo, četvrteindustrijske ili tehnološke revolucije, a što nezamislivo brzo mijenja svjetsku tehnologiju i industriju, često zanemarujući ili zapostavljajući humane, a time i povijesne, aspekte ljudskog života.

Na naš poziv da u ovogodišnjem Godišnjaku budu autori članaka o hrvatskoj tehničkoj i industrijskoj baštini odazvao se značajan broj naših istaknutih članova koji su dokumentirano, zanimljivo i opširno prikazali neka područja i dijelove naše tehničke i industrijske supstance i baštine na čemu im srdačno zahvaljujem. Time je nastala ova knjiga na preko 500 stranica teksta a u kojoj bi posebno ukazao na uvodni članak urednika Godišnjaka i našeg uglednog člana i potpredsjednika Akademije prof.dr.sc. Dubravka Rogalea, s njegovim interesantnim opisima i reminiscencijama na čemu mu uz čestitke i zahvalu na prihvaćanju uredništva posebno čestitam.

Hrvatska je mala i tehnološki slabije razvijena zemlja, ali se i iz ovoga prikaza ipak vidi da imamo, i u prošlosti smo imali, veoma značajne pojedince te tehnička, tehnološka i industrijska dostignuća koja su priznata i poznata u svijetu čime nas stavljaju u nisku zemalja s tradicijom i slijedom razvoja u svijetu.

Vjerujem da ćete iz ovog štiva dobiti nova saznanja o našoj ovdje opisanoj baštini koju ne smijemo prepustiti zaboravu u ovom dinamičnom i brzo promjenjivom svijetu, te da će se na njihovim temeljima graditi nova dostignuća i razvoj Hrvatske. Ujedno ovdje posebno ukazujem na posljednje poglavlje našeg Godišnjaka u kojem su prikazane mnogobrojne aktivnosti Akademije i njezinih članova u 2019. godini.

Zagreb, ožujka 2020. godine

GLAVNI I ODGOVORNI UREDNIK
Prof. dr. sc. *Vladimir Andročec*
Predsjednik Akademije tehničkih znanosti Hrvatske

Značaj očuvanja hrvatske tehničke i industrijske baštine

Prof. dr. sc. **Dubravko Rogale**, redoviti član HATZ-a,
Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, dubravko.rogale@ttf.unizg.hr

Sažetak: *Tehnička i industrijska baština Hrvatske svrstava se u kulturnu baštinu naše zemlje, a predstavlja dio velike i vrlo značajne baštine kojoj se dosad posvećivalo premalo pažnje. Naša je tehnička i industrijska baština preslabo vrednovana i u usporedbi s drugim razvijenim europskim i svjetskim državama. U radu su opisani načini i značaj očuvanja tehničke i industrijske baštine u Hrvatskoj, zakonske odrednice i podjele te mogući razlozi zapostavljanja. Razmotrene su odrednice donesene Strategije za zaštitu kulturne baštine te značaj gradova s izraženom tehničkom povijesti u očuvanju tehničke i industrijske baštine kao i institucija poput muzeja s orijentacijom prema tehnici, Leksikografskog zavoda Miroslav Krleža te Akademije tehničkih znanosti Hrvatske. Nadalje su istaknuti značajniji primjeri kako privatne osobe, kao entuzijasti u očuvanju tehničke i industrijske baštine, formiraju i doniraju svoje prikupljene i restaurirane tehničke artefakte muzejima i lokalnoj zajednici.*

Ključne riječi: *hrvatska kulturna baština, hrvatska tehnička baština, hrvatska industrijska baština*

1. Uvod

Tehnička i industrijska baština posebno se njeguje u razvijenim zemljama svijeta, osobito u onima u kojima je industrijska revolucija nicala ili bila brzo prihvaćena. U razdoblju od sredine 18. stoljeća, od pojave industrijske revolucije pa do danas, razvitak tehnike i posebno industrijski razvitak temeljito i brzo mijenja naš okoliš i život. Tehnička proizvodnja i tehnološki procesi brzo su se i temeljito mijenjali u spomenutom razdoblju, a stiče se dojam da se u skorašnje vrijeme mijenjaju takvom brzinom da prosječnom čovjeku počinju stvarati teškoće svakodnevnog prihvaćanja i primjene novih znanja u profesionalnom i svakodnevnom životu. S druge strane važnost učenja i potreba brzog prihvaćanja promjena prepoznata u cijelom svijetu. Stoga nove tehnologije i znanja nemilosrdno istiskuju i potpuno odbacuju stare, izlažući ih zaboravu. Upravo zato, s obzirom na brzi razvoj i agresivnu pojavu novih tehnologija i industrija, vrlo je važno prepoznati, sačuvati i ukazivati na

prve i starije inovacije, izume, tehnički razvoj, tehnologije, tehničke artefakte i dokumentaciju vezane uz ta područja ljudskog stvaralaštva i sačuvati ih za buduće generacije. Tehnička baština, tehnički artefakti, industrijski objekti kao spomenici industrijske arhitekture u sebi sadrže i svojom pojavnošću dokumentiraju vidljive, izuzetne i sada već rijetke, tehničke vrednote koje svjedoče o povijesti i razvitku tehnologija u svijetu i u nas.

Hrvatska ima izuzetno bogato tehničko nasljeđe, ne samo u razdoblju od pojave industrijske revolucije, već i iz rane povijesti. Valja spomenuti prekrasnu i bogatu Krambergerovu zbirku niza alata od cijepanog kamena koje je izradio i koristio krapinski neandertalac prije 130.000 godina. U zbirci su prikazani mnogobrojni artefakti noževa, pila, šiljaka za koplja i strelice, svrdla i batića te drugih jednostavnih alata. Na području Hrvatske nađeni su i arheološki nalazi iz doba Vučedolske kulture pa sve do rimskog doba gradnje različitih palača, ljetnikovaca, fortifikacija, akvadukata i arena. Kasnije se u nas razvila brodogradnja, vrlo specifična za naše područje, metalurgija i tiskarstvo. Javljaju se i mnoge osobe znane po svom graditeljskom i tehničkom umijeću, a najpoznatiji je zasigurno Faust Vrančić (1551.-1617.). Upravo zaslugom Akademije tehničkih znanosti Hrvatske, kao pokrovitelja i nakladnika, tiskana je knjiga Život i izumi Fausta Vrančića autora Gojka Nikolića [1]. Izdavanjem spomenute knjige zamjetno je obogaćena povijest hrvatske tehničke baštine i temeljito su analizirani Faustove inovacije te pregled stanja tehnike na više od 200 stranica teksta i uz citiranje 273 literaturne reference.

Fausta Vrančića, na neki način, nasljeđuje Ruđer Bošković (1711.-1787.), svjetski poznati znanstvenik, fizičar, matematičar, astronom, graditelj, koji je dalekovidno postavio fizikalne teorije sila i teorija čestica koje su zaživjele tek pojavom moderne fizike. Valja spomenuti i druge hrvatske znanstvenike, tehničke inovatore i izumitelje kao što su Ivan Vučetić, Franjo Hanaman, Rudolf Fizir, Slavoljub Penkala, Mario Puretić, Peter Salcher, Marcel Kiepatch, David Schwarz, Ferdinand Budicki, Ivan Lupis, nobelovci Lavoslav Ružička i Vladimir Prelog, Erazmo Tičac i mnogi drugi. Osim spomenutih velikana, možda je u svijetu najpoznatiji Nikola Tesla, izumitelj okretnog magnetskog polja nastalog primjenom fazno pomaknutih izmjeničnih struja, visokonaponskog rezonantnog transformatora i stotina drugih znanih izuma. Najveće je priznanje Teslinu radu bilo dano na 11. općoj konferenciji za mjere i utege 1960., kada je za jedinicu magnetske indukcije prihvaćen naziv Tesla. Jedini je to naziv mjerne jedinice po nekome Slavenu među 19 naziva po zaslužnim znanstvenicima u Međunarodnom sustavu jedinica [2].

I mnogi drugi autori brojnih inovacija i tehničkih izuma koji su živjeli i stvarali na teritoriju današnje hrvatske države dali su svoj doprinos i obilježili su izuzetno bogatu hrvatsku tehničku i industrijsku, nedovoljno prepoznatu, baštinu te neprimjereno malo vrednovanu i isticanu, a čini se da i često namjerno potiskivanu i podvrgnutu zaboravu. Stoga je u ovom članku načinjen pokušaj da se dijelom po-

jasne zakonski temelji i proglašena strategija kao temelj onoga što Hrvatska kao država pokušava u očuvanju tehničke i industrijske baštine, što na tom području čine važniji industrijski gradovi i poglavito rijetke institucije koje djeluju u Hrvatskoj, a ulažu značajne napore u prepoznavanju vrijednosti i očuvanju spomenute baštine.

2. Zakonski temelji i strategije očuvanja kulturne baštine u Hrvatskoj

U Republici Hrvatskoj kulturna baština se opisuje i štiti odredbama Zakona o zaštiti i očuvanju kulturnih dobara koji je na snazi od 18.10.2018. godine [3]. Kulturna dobra, u koja se uklapa i tehnička te industrijska baština, u smislu ovoga Zakona prema članku 2., jesu:

- pokretne i nepokretne stvari od umjetničkoga, povijesnoga, paleontološkoga, arheološkoga, antropološkog i znanstvenog značenja,
- arheološka nalazišta i arheološke zone, krajolici i njihovi dijelovi koji svjedoče o čovjekovoj prisutnosti u prostoru, a imaju umjetničku, povijesnu i antropološku vrijednost,
- nematerijalni oblici i pojave čovjekova duhovnog stvaralaštva u prošlosti kao i dokumentacija i bibliografska baština i
- zgrade, odnosno prostori u kojima se trajno čuvaju ili izlažu kulturna dobra i dokumentacija o njima.

Isto tako, prema spomenutom Zakonu, svi su građani zakonski dužni skrbiti o zaštiti i očuvanju kulturnih dobara, te prijaviti nadležnom tijelu dobro za koje se predmnijeva da ima svojstvo kulturnoga dobra.

Svrha zakonske zaštite kulturnih dobara, prema članku 5. Zakona, je:

- zaštita i očuvanje kulturnih dobara u neokrnjenom i izvornom stanju, te prenošenje kulturnih dobara budućim naraštajima,
- stvaranje povoljnijih uvjeta za opstanak kulturnih dobara i poduzimanje mjera potrebnih za njihovo redovito održavanje,
- sprječavanje svake radnje kojom bi se izravno ili neizravno mogla promijeniti svojstva, oblik, značenje i izgled kulturnog dobra i time ugroziti njegova vrijednost,
- sprječavanje protupravnog postupanja i protupravnog prometa kulturnim dobrima, te nadzor nad iznošenjem i uvozom kulturnih dobara,
- uspostavljanje uvjeta da kulturna dobra prema svojoj namjeni i značenju služe potrebama pojedinca i općem interesu.

Prema Zakonu o zaštiti i očuvanju kulturnih dobara kulturna dobra mogu biti nepokretna i pokretna.

Nepokretno kulturno dobro, članak 7. može biti:
- grad, selo, naselje ili njegov dio,
- građevina ili njezini dijelovi, te građevina s okolišem,
- elementi povijesne opreme naselja,
- područje, mjesto, spomenik i obilježje u svezi s povijesnim događajima i osobama,
- arheološko nalazište i arheološka zona, uključujući i podvodna nalazišta i zone,
- područje i mjesto s etnološkim i toponimskim sadržajima,
- krajolik ili njegov dio koji sadrži povijesno karakteristične strukture, koje svjedoče o čovjekovoj nazočnosti u prostoru,
- vrtovi, perivoji i parkovi,
- tehnički objekt s uređajima i drugi slični objekti.

Pokretno kulturno dobro prema članku 8. može biti:
- zbirka predmeta u muzejima, galerijama, knjižnicama i drugim ustanovama, kao i u drugim pravnim osobama te državnim i upravnim tijelima uključujući i kod fizičkih osoba,
- crkveni inventar i predmeti,
- arhivska građa, zapisi, dokumenti, pisma i rukopisi,
- filmovi,
- arheološki nalazi,
- antologijska djela likovnih i primijenjenih umjetnosti i dizajna,
- etnografski predmeti,
- stare i rijetke knjige, novac, vrijednosni papiri, poštanske marke i druge tiskovine,
- dokumentacija o kulturnim dobrima,
- kazališni rekviziti, skice, kostimi i sl.,
- uporabni predmeti (namještaj, odjeća, oružje i sl.), prometna i prijevozna sredstva i uređaji, predmeti koji su značajna svjedočanstva razvitka znanosti i tehnologije.

Vidljivo je da se u Zakonu o zaštiti i očuvanju kulturnih dobara u pokretna i nepokretna dobra kulturne baštine mogu svrstati i dobra tehničke i industrijske baštine. Nažalost, to nije slučaj u ranije donesenoj Strategiji zaštite, očuvanja i održivog gospodarskog korištenja kulturne baštine Republike Hrvatske za razdoblje 2011.–2015. godine [4] koju je izradilo Ministarstvo kulture Republike Hrvatske u srpnju 2011. godine. U spomenutoj Strategiji detaljno je razrađena problematika nepokretne graditeljske baštine, arheološke baštine (kopnene i podvodne) i kulturnih krajolika, a od pokretne kulturne baštine muzejska baština, arhivsko gradivo i knjižnična baština. Tehnička i industrijska baština nisu spomenute. No ipak, Strategija donosi više zaključaka i mjera koje mogu biti korisne i za očuvanje hrvatske tehničke i industrijske baštine [4]. Istaknuto je tako da broj muzejskih zbirki kao samostalnih

cjelina ili cjelina u sastavu institucija i različitih organizacija ili u privatnom vlasništvu nije točno utvrđen. Te se zbirke mogu podijeliti u nekoliko skupina, od kojih neke interferiraju s drugim subjektima kulturne baštine, ali nisu registrirane kao muzeji (npr. u vjerskim zajednicama, organizacijama civilnog društva, arhivima, knjižnicama).

Različite muzejske zbirke brojne su i većinom su lokalnog značaja i djelokruga i uglavnom se nalaze u manjim gradovima i selima, katkad i na otocima te "popunjavaju praznine" koje ne obuhvaćaju muzeji. O njima stručnu brigu trebaju voditi matični muzeji iz sustava muzeja. Zbirke na fakultetima i u znanstvenim institucijama posebna su, ali nedovoljno istražena skupina.

Vlasnici građe tj. zbirki ili pokretači inicijativa za osnivanje zbirki su pojedinci, organizacije civilnoga društva, lokalna uprava, vjerske zajednice i drugi. Zbirke su smještene u privatne i javne prostore, od kojih neki imaju status kulturnog dobra.

Djelatnost većine takvih muzejskih zbirki, od skupljanja građe do njezine prezentacije i zaštite, temelji se na entuzijazmu pojedinaca, ne na sustavnom i stručnom radu. U muzejskim zbirkama rijetki su slučajevi stalno zaposlenih stručnih osoba, pa su manje i mogućnosti njihove prezentacije širem tržištu.

U objavljenoj Strategiji zaštite, očuvanja i održivog gospodarskog korištenja kulturne baštine Republike Hrvatske za razdoblje 2011.–2015. navode se neki problemi i mjere održivog korištenja kulturne baštine u ostalim muzejskim zbirkama [4], zanimljivi i za potrebe očuvanja tehničke i industrijske baštine:

- Neregistrirana zbirka ostaje izvan zakonskog sustava, a često i izvan sustava stručne evidencije i skrbi te obrazovnog i gospodarskog sustava što otežava njezinu zaštitu i gospodarsko korištenje.
- Nedovoljna razina svijesti lokalnog stanovništva i lokalne i područne (regionalne) samouprave o vrijednosti muzejskih zbirki kao nositelja identiteta i pokazatelja lokalnih specifičnosti i mogućnosti za održivo korištenje.
- Upravljanje zbirkama temeljeno na entuzijazmu pojedinaca, a ne na stručnom i organiziranom radu.
- Nedovoljna financijska sredstva lokalne i područne (regionalne) samouprave za zapošljavanje stručne osobe za brigu o zbirkama.
- Sezonalnost i ograničena dostupnost (samo uz prethodnu najavu) posjeta zbirkama, često bez stručnog vodstva odnosno pratećeg tiskanog materijala neprikladna (jednojezična) interpretacija zbirki što otežava njihovo gospodarsko korištenje.
- Neodgovarajuća pohrana i uvjeti čuvanja u muzejskim zbirkama.
- Nepostojanje servisne infrastrukture što ih čini manje atraktivnim i stoga umanjuje mogućnosti prihodovanja.
- Osigurati jedinstven stručni pristup pri uključivanju zbirki u sustav muzeja.
- Primijeniti standarde muzejske djelatnosti.

- Registrirati muzejske zbirke izvan sustava muzeja (osnovni preduvjet za gospodarsko, obrazovno drugo korištenje).
- Osigurati stručnu pomoć kroz sustav muzeja u unapređivanju rada, obradi građe, interpretaciji i ostalim muzejskim sadržajima
- Osigurati stručnu i financijsku pomoć u gradnji i adaptaciji objekata u kojima su zbirke smještene i izložene, jer to je u nekim slučajevima ključno da zbirke ne nestanu.
- Obrazovati predstavnike lokalne i područne (regionalne) samouprave i lokalno stanovništvo da muzejske zbirke prihvate kao vrijedan resurs i uključe ih u kulturnoturističku ponudu.
- Povezivati materijalnu baštinu u zbirkama s lokalnom nematerijalnom baštinom radi kreiranja cjelovitog autohtonog proizvoda.
- Istražiti zbirke na fakultetima i u znanstvenim institucijama i sustavno ih povezati
- kako bi se mogle samostalno i zajednički prezentirati javnosti.

Cijela Strategija pisana je s puno dobre volje, ali kao i mnoge druge stvari u Hrvatskoj zapinje se na pitanjima financiranja i primjerene organizacije, tako da Strategija omogućuje dobru polaznu osnovu, na mnogim mjestima je uopćeno deklarativna tako da njena naredna i učinkovita primjena traži dodatne promišljene dopune i izvedbene korake. Gledajući s vremenske distance, od dana donošenja od danas, očito je da donesena Strategija i kasniji Zakon nisu bili dovoljni za učinkovito poticanje očuvanja tehničke i industrijske baštine u Hrvatskoj i da će biti potrebni dodatni napori.

3. Stanje očuvanja tehničke i industrijske baštine u Hrvatskoj

Za očuvanje tehničke i industrijske baštine svakako bi se na prvom mjestu trebala brinuti država s obzirom na interes ugleda naroda i posjedovanje financijskih sredstava, potom gradovi sa svojim muzejima i turističkim sadržajima, institucije i pojedinci s izraženim plemenitim domoljubljem očuvanja baštine svog naroda.

3.1 Gradovi u očuvanju tehničke i industrijske baštine

Mnogi hrvatski gradovi imaju svoju bogatu tehničku i industrijsku povijest, a među njima se osobito ističu Zagreb i Rijeka pa mogu poslužiti kao ogledni primjerci odnosa spram očuvanja baštine.

Može se ustvrditi da gradske vlasti Zagreba ne pokazuju gotovo nikakav osjećaj za očuvanje tehničke i industrijske baštine u Gradu Zagrebu. Najbolji primjer je zgra-

da Paromlina koji je izgorio 1988. godine i propada već više od 30 godina, a gradska je Skupština, umjesto prjedloga obnove, čak pokušala potaknuti inicijativu za rušenje ostataka Paromlina. Isto tako, propada prekrasna zgrada industrijske arhitekture u Branimirovoj ulici u Zagrebu koju je izgradio Slavoljub Penkala, a u kojoj je poslovala zagrebačka trikotaža Nada Dimić, kasnije Endi-International. Zgradu kupuje novopečeni poduzetnik koji ju dijelom urušava 2007. godine nestručnim radovima. U Zagrebu propada i sklop Badela u blizini Kvaternikovog trga. Slično je stanje zgrade nekadašnje Tvornice duhana Zagreb sa devastiranom dvorišnom stranom. Sličnu sudbinu potpune devastacija doživjela je i izuzetna industrijska baština Tvornica željezničkih vozila Gredelj, u blizini zagrebačkog Glavnog kolodvora. Na kraju valja još istaknuti devastaciju zgrada na zagrebačkoj Zavrtnici, u kojoj je zadnje djelovala tvrtka Zagrepčanka, a koju je nakon stečaja kupio Grad Zagreb i koji prema urbanističkom planu na toj lokaciji predviđa poslovnu zonu, a u međuvremenu su zgrade date u zakup kao skladišta i druge vrste djelatnosti. Odnos Grada Zagreba prema tehničkoj baštini slikovito ocrtava sudbina muzeja automobila Ferdinand Budicki koji je izgubio potporu grada te je pod pritiskom iseljen iz zagrebačkih prostora i svoj rad nastavlja u jednom trgovačkom centru u Zaprešiću. Rijedak primjer uspjelog očuvanja industrijske arhitekture je jedna proizvodna zgrada propalog Tekstilnog kombinata Zagreb u ulici Prilaz baruna Filipovića, nazvana Lauba, koja je privedena kulturnoj svrsi. U nastavku iste ulice, u Ulici Grada Mainza, srušen je stari tvornički kompleks u kojem je zadnje poslovala Tvornica tekstilnih mašina, TTM, a koji je isto bio rijedak primjer industrijske arhitekture i baštine. Pod pritiskom javnosti jedva je sačuvan jedan manji proizvodni objekt, no i on se nalazi u dvorištu novoizgrađene zgrade i trgovačkog centra te je s ulice jedva vidljiv, a za njega znaju tek rijetki stanovnici grada.

Grad Rijeka također ima izuzetnu tehničku i industrijsku baštinu [5] o kojoj se brine i čuva ju neusporedivo više i bolje od Grada Zagreba, ali je suočena s ozbiljnim nedostatkom financijskih sredstava. Industrijalizacija Rijeke započela je izgradnjom pogona za rafiniranje šećera iza koje je ostala očuvana upravna zgrada. Kasnije je u zgradi poslovala Tvornica duhana, a poslije drugog svjetskog rata u njoj započinje radom pogon za preradu metala Rikard Benčić. Cijeli sklop tvornice je pod zaštitom i na njemu su započeti radovi. Rijeka je imala i nadaleko poznatu Tvornicu papira sa svjetskom reputacijom proizvodnje cigaretnog papira. Tvornica je sada napuštena i propada iako je poznata po prvom montiranom parnom stroju i po hidrocentrali s vrlo rijetkim turbinama. Poznata je i riječka Plinara koja je osvjetljavala grad plinskom rasvjetom. Tu je bila i tvornica olova Plumbum iz koje je nastala tvornica Vulkan, a nakon propasti tvornice revitaliziran je dio kompleksa. Lazaret na Martinšćici postaje brodogradilište Viktor Lenac, ali ostaje sačuvana arhitektura zgrade lazareta. U Rijeci je pokraj rafinerije nafte bila smještena elektrana izmjenične struje, a poznat je i željeznički svjetionik na lukobranu u Rijeci.

No ipak, Rijeka je možda najpoznatija kao grad u kojem je nastao torpedo s obzirom da se u njoj gradi prvi torpedo u svijetu. Dio tvornice Torpedo je konzerviran, dio propada kao i lansirna stanica za torpeda iako je zaštićena. Više puta je obnavljana, no unatoč toga je u lošem stanju i propada. U riječkim muzejima čuvaju se mnogi tehnički artefakti iz tvornice kao i proizvodi te tvornice. Valja istaknuti da je prvi hrvatski parobrod izgrađen u Rijeci u brodogradilištu koje danas nosi naziv 3. maj. U njemu su izgrađeni mnogu ratni brodovi za Austrougarsku mornaricu, pa i najveći ratni brod, poznati Szent Istvan. Tekstilci vezuju značaj Rijeke za prvu tvornicu konopa koja je izgrađena za potrebe brodogradnje, ali i ta je tvornica srušena radi izgradnje trgovačkog centra. Rijeka ima i zakretni željeznički most, polukružnu okretnicu u radionici za popravak lokomotiva koji su još očuvani i vjerojatno će biti trajno konzervirani i zaštićeni tehnički artefakti. Kao i Zagreb, Rijeka također ima i svoje tužne primjere naše nebrige za tehničku baštinu, a odnosi se na plovnu dizalicu Veli Jože, koja je bila svjetski poznata, a naposljetku je razrezana u staro željezo. Svjedoci smo ideološkog nadmetanja oko poznatog broda Galeb kojeg je otkupio Grad Rijeka, ali nema sredstva za njegovu obnovu. Neriješen je i status brojnih skladišta u riječkoj luci koji su primjer industrijske arhitekture, ali sudbina i buduća namjena spomenutih skladišta još uvijek nije točno utvrđena.

Sličnu bogatu industrijsku baštinu posjeduju i drugi hrvatski gradovi Osijek, Sisak, Pula, Šibenik, Dubrovnik i mnogi drugi sa sličnim problemima koji su zajednički kao i u opisanim poznatijim primjerima iz gradova Rijeke i Zagreba, a dobro opisuju stanje i nedostatnu količinu brige za očuvanje naše tehničke i industrijske baštine.

3.2 Institucije u očuvanju tehničke i industrijske baštine

U Hrvatskoj i Zagrebu zacijelo je najznačajnija institucija koja se bavi očuvanjem hrvatske tehničke i industrijske baštine Tehnički muzej Nikola Tesla. U njemu su pohranjeni brojni tehnički artefakti iz bogate hrvatske povijesti, održavaju se tematske izložbe i izdavačka djelatnost. U Muzeju postoje postavi kao što su Transformacija energije, Prometna sredstva, Geološki odjel s modelom rudnika u naravnoj veličini, Nafta, Planetarij, demonstracijski kabinet Nikola Tesla, odjel Osnove poljodjelstva, odjel Vatrogastvo, Park skulptura velikana hrvatskog prirodoslovlja i tehnike na otvorenom, Apisarij s oglednim košnicama, soba Zemljomjerstvo-katastarski ured, Pokretna moć vatre, Odjel i infocentar obnovljivi izvori i energetska učinkovitost, te Infokutak o radiokativnom otpadu.

Muzejski fundus Muzeja započinje donacijama Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Tehničkog fakulteta, Hrvatskog prirodoslovnog društva i Narodne tehnike Hrvatske, s područja foto i fono tehnike, radiofonije, pogonskih strojeva te različitih tehničkih naprava [6].

Shvaćajući memorijalnu vrijednost izvornih željezničkih objekata i važnost toga segmenta u kulturološkom i civilizacijskom razvoju, Hrvatski željeznički muzej je prihvatio inicijativu pokretanja valorizacije povijesno obilježenih željezničkih objekata i procesa njihove zaštite, to više što je i sam svoj izložbeni postav trebao ostvariti u baštinski obilježenom i zaštićenom prostoru željezničke radionice na zagrebačkom Trnju [7]. Najvrjedniji željeznički kompleksi s nizom pripadajućih infrastrukturnih objekata u Hrvatskoj najvećim su dijelom građeni u razdoblju od 1860. do 1914. Danas su oni izvorišta bogate industrijske i tehničke baštine, ali i resursi koji vape za identifikacijom, valorizacijom i zaštitom, a potom i za revitalizacijom, prenamjenom i uklapanjem u nove urbanističke zahvate.

U Zagrebu postoje i noviji muzeji, nastali u razdoblju hrvatske samostalnosti. Takvi su Poštanski muzej u sastavu Hrvatske pošte i telekomunikacija koji kasnije ulazi u sastav Hrvatskih Telekomunikacija [8], a sadrži telegrafske aparate, teleprintere, dijelove telegrafskih centrala, telefonske centrale različita stupnja tehnološkoga razvoja, telefonske aparate, kabele, vodove i mjerne instrumente, kao i Muzej policije koji sadrži mnoge tehničke artefakte važne za rad policije, uključujući stacionarne i prijenosne radiostanice [9]. U najnovije vrijeme, 2018. godine, nastao je i muzej starih automobila na našem Jadranu u Skradinu [10] koji izlaže stare automobile, motocikle, bicikle, fotografije, artefakte i suvenire uz promociju i učenje o 120 godina automobilske kulture u Hrvatskoj [10].

Jedan od rijetkih novijih pozitivnih primjera je otvaranje centra/muzeja u Sisku u tzv. Holandskoj kući, nazvanoj prema zgradi iz 19. stoljeća u kojoj se nalazi. Projekt je sufinancirala Europska unija s 20 milijuna kuna, a ostatak je pokrio Grad Sisak, što može biti pozitivan putokaz drugim sredinama kako osnovati lokalne muzeje s tehničkim artefaktima. Tamo se s pomoću 3D mapiranog animiranog prikaza može upoznati 35 lokacija sisačke industrijske baštine, od prvog industrijskog objekta, pivovare, sve do električne centrale, tzv. Munjare, rafinerije nafte te niza drugih lokacija i objekata, a tu su smještene Gradska galerija Striegl (nosi ime po slikaru Slavku Strieglu) i Zbirka Kraker (jedna od najvrjednijih zbirki radioaparata, gramofona i ploča u zemlji sisačkog kolekcionara Velimira Krakera) [11]. Kao jedinstvena i vrijedna zbirka instrumenata za reprodukciju, snimanje i prijenos zvuka "Zbirka Kraker" se sastoji od oko 90 radioaparata, gramofona, fonografa i drugih tehničkih pomagala, te od preko 1700 ploča, a kroz njih je moguće pratiti razvoj radio i audio tehnike kroz povijest [12].

I u drugim gradovima Hrvatske postoje muzeji koji u okvirima tematskih zbirki njeguju tehničku baštinu, a zajedničko im je obilježje kroničan nedostatak prostora i financija za stručno osoblje, postupke restauracije artefakata i nemogućnost održavanje stalne i kontrolirane klime izložbenih prostora.

Osim muzeja, postoje i druge važne institucije u Hrvatskoj koje ulažu veliki napor i entuzijazam pojedinaca u očuvanju hrvatske tehničke i industrijske baštine.

Jedna takva važna institucija je Leksikografski zavod Miroslav Krleža sa svojim brojnim enciklopedijskim izdanjima i natuknicama iz područja spomenute baštine. Valja istaknuti nedugo pokrenut projekt izdavanja Hrvatske tehničke enciklopedije za kojeg je napisano [13]: Hrvatska tehnička enciklopedija (HTE) naziv je projekta kontinuiranog prikupljanja i ustavljivanja znanja o povijesti i današnjim dosezima tehnike u Hrvatskoj. Hrvatska tehnička baština, povijest i dosezi tehnike u Hrvatskoj razmjerno su slabo istraženi i obrađeni u literaturi. Možda je to jedan od razloga zašto tehnika u hrvatskoj kulturi i društvu ne zauzima odgovarajuće mjesto. Nakon višegodišnjih napora rijetkih pojedinaca i institucija, tek u posljednje vrijeme se u javnosti znatnije podiže svijest o nekim uporištima naše tehničke baštine. Međutim, i dalje postoje mnogobrojni segmenti hrvatske tehnike koji zaslužuju poštovanje, a o kojima se zna malo ili se ne zna nimalo .

Akademija tehničkih znanosti Hrvatske, kao znanstvena institucija, u sklopu svoje vizije i misije, kontinuirano brine i o tehničkoj povijesti Hrvatske kroz skupove koja je sama organizirala ili im bila pokroviteljem od svog osnivanja do danas. Samo u zadnje vrijeme je potaknula i pomogla u izdavanju već spomenute knjige o Faustu Vrančiću [1], a organizirala je izdavanje Godišnjaka Akademije za 2018. godinu s temom inovacija i patenata članova Akademije koji svojom djelatnošću inoviranja i patentiranja daju doprinos i hrvatskoj tehničkoj baštini. Svoj doprinos na očuvanju hrvatske tehničke i industrijske baštine Akademija nastavlja izdavanjem ovogodišnjeg tematskog Godišnjaka. Isto tako, Akademija je inicirala radionice s tematikom inoviranja, patentiranja i zaštite intelektualnog vlasništva kako bi inovacije i patenti nastali u Hrvatskoj bili objavljeni i zaštićeni te kao takvi upotpunili naš i svjetski fundus tehničkog znanja i baštine. Akademija će, kao i dosad, u narednom razdoblju nastaviti inicirati i podupirati očuvanje hrvatske tehničke i industrijske baštine.

3.3 Privatne osobe kao entuzijasti u očuvanju tehničke i industrijske baštine

U čuvanju hrvatske tehničke i industrijske baštine valja istaknuti i entuzijastične pojedince kao kolekcionare tehničkih artefakata. Tu se ističe Zlatko Mumlek kao kolekcionar i vlasnik velike i vrijedne zbirke radiodifuzijskih prijemnika, gramofona, gramofonskih ploča, glazbenih automata i drugih artefakata vezanih uz zbirku [14]. U zbirci ima oko 1200 primjeraka radijskih prijemnika proizvedenih od 1914. do 1980. godine, stotinjak mehaničkih i električnih gramofona, pedesetak glazbenih automata, oko pet tisuća gramofonskih ploča s brojnim hrvatskim audiozapisima, više od tri tisuće elektronskih cijevi i drugih brojnih artefakata, sveukupno preko 16 tisuća izložaka. Prikupljene artefakte po tematskim cjelinama često poka-

zuje na organiziranim izložbama uz veliku posjećenost zaljubljenika u tehničku povijest.

Valja istaknuti donaciju urarskog majstora Ivana Gerersdorfera (1927.-1993.) jedinstvene zbirke glazbenih automata Gradu Zagrebu, koja je 1994. predana na upravljanje Muzeju grada Zagreba [15]. Od tada je zbirka od oko 300 artefakata u stalnom postavu, tako da je moguć neposredni doživljaj svijeta mehaničke glazbe i dijela glazbene kulture Zagreba s kraja 19. i početka 20. stoljeća.

Ovdje valja nanovo istaknuti nesebičnu donaciju izuzetno vrijednih i očuvanih instrumenata za reprodukciju, snimanje i prijenos zvuka Velimira Krakera Gradu Sisku tako da će artefakti koje je skupio, popravio i obnovio predstavljati izuzetan doprinos hrvatskoj tehničkoj baštini [12]. Krakerovovo i Geresdorferovo životno djelo može biti primjer kako privatna osoba, kao istinski domoljub, može nesebično doprinijeti materijalnoj kulturi i baštini svog naroda.

Javnosti je prije nekoliko godina predstavljena i Prva hrvatska zbirka mjerne i komunikacijske opreme [16]. U zbirci koja je u nastajanju se zasad nalazi preko 1600 primjeraka mjernih uređaja i komunikacijske opreme kojoj je zajedničko obilježje da se nekakvim stjecajem okolnosti našla na teritoriju Hrvatske te da je u njoj korištena ili čak i stvorena. Pohranjeni su i brojni mjerni uređaji koji su se koristili u srednje i visokoškolskoj nastavi u Hrvatskoj, znanstvenim institutima, industriji, vojsci, servisnim radionicama ili su bili u privatnom vlasništvu. To su bili galvanometri, mjerni mostovi, voltmetri, ampermetri, univerzalni instrumenti, vatmetri, frekventometri, elektronski voltmetri, osciloskopi, instrumenti za mjerenja u kemiji (pH metri, konduktometri, kolorimetri), instrumenti za ispitivanje elektronskih cijevi i poluvodičkih komponenti, generatori frekvencija i valnih oblika [17], grid dip metri i drugi mjerni instrumenti posebnih namjena. Mnogi sačuvani mjerni instrumenti proizvod su hrvatskih tvornica koje su nestale u privatizacijskom ciklusu tako da su to jedini sačuvani tehnički artefakti koji svjedoče o postojanju takvih tvornica kao i o tehničkim znanjima te sposobnostima ondašnjih hrvatskih tehničara i inženjera. Od komunikacijske opreme tu su sačuvani brojni profesionalni radijski prijemnici i odašiljači iz razdoblja prije Dugog svjetskog rata, za tog rata i poslije, korišteni u hladnoratovskom ozračju. Važan dio zbirke je oprema koju je zarobila i kasnije koristila Hrvatska vojska za Domovinskog rata, kao i radijski uređaji koje je koristila policija prethodne države, civilne službe i javna poduzeća, a konstruirani su i proizvedeni u hrvatskim tvornicama te brojni radioamaterski uređaji od kojih su neki korisno poslužili u Domovinskom ratu.

Svakako ovdje valja napomenuti i primjer osobnog truda u očuvanju hrvatske tehničke i industrijske baštine kojeg godinama ulaže prof. dr. sc. Zvonko Benčić kroz organizaciju vrlo uspjelih skupova. Njegovi skupovi nose naziv Povijest i filozofija tehnike, a dosad je održano osam simpozija u raznim prigodama, da bi sada prera-

stao u skup u organizaciji Hrvatskog ogranka međunarodnog vijeća za velike elektroenergetske sustave HRO CIGRE i Elektrotehničkog društva Zagreb, EDZ. U zbornicima radova spomenutih skupova mogu se naći brojni članci koji evociraju uspomene na bogatu hrvatsku tehničku povijest, čime su se u kontinuitetu tijekom više godina, u velikoj mjeri trajno obnovila i pohranila pisana svjedočanstva o hrvatskoj tehničkoj i industrijskoj baštini.

Da se hrvatska tehnička i industrijska baština neće olako zaboraviti svjedoči knjiga jednog od stvaratelja hrvatske tehničke povijesti mr. sc. Mirka Kuljiša. On je na 625 stranica svoje knjige Na valovima sudbine radioelektronike u Hrvatskoj (1942.-2014) [18] opisao svoj život i stvaranje te povijest brojnih poduzeća koja su proizvodila elektroničke komponente, sklopove i uređaje. Na posebno topao način opisuje sudbine i tehničko stvaralaštvo brojnih, nasilno zaboravljenih stvaratelja, njihov rad i rezultate stvaranja, procvat i razvoj brojnih poduzeća nastalih na maru i žaru zaboravljenih hrvatskih konstruktora, a na kraju i njihov krah izazvan pogubnim uplitanjem političkih struktura i katastrofalno provedenom privatizacijom. Mr. sc. Mirko Kuljiš kao neposredan svjedok uspona i pada brojnih hrvatskih poduzeća vrlo kritički daje i brojne naznake te utemeljena razmišljanja o razlozima žalosnog pada čitave industrijske grane, privatizacijske pomame i uništenja te sveopće nebrige pa čak i namjernog potiskivanja povijesne istine o nekad izrazito uspješnim tvornicama sa svjetskim rezultatima na međunarodnim tržištima, a time i o namjernom zatiranju bogate hrvatske tehničke i industrijske baštine.

4. Zaključak

Kao uvod u zaključne misli dobro može poslužiti Strateški cilj iz Strategije zaštite, očuvanja i održivog gospodarskog korištenja kulturne baštine Republike Hrvatske [3]: Kulturna baština temelj je identiteta zajednica, koje je kontinuirano baštine. U vrijeme globalizacije, koja donosi opasnost uniformnosti kultura, očuvanje posebne lokalne/regionalne/nacionalne baštine predstavlja temelj očuvanja kulturne raznolikosti. Dosadašnja iskustva pokazala su da su mnogi objekti baštine u Hrvatskoj još uvijek nezaštićeni odnosno da propadaju jer je i razina svijesti građana o važnosti kulturne baštine za društvo još uvijek relativno niska. Često svijest o važnosti baštine raste s njezinom gospodarskom valorizacijom. Poticanje održivog korištenja na taj način podizat će razinu svijesti o važnosti baštine i posredno utjecati na njezino očuvanje.

Uz nisku razinu svijesti naših građana koja iz neukosti ili nesvjesno ne zna prepoznati važnost očuvanja baštine, ili još goreg namjernog zatiranja bogate tehničke i industrijske baštine od strane onih koji iz primitivnih ideoloških razloga ne žele objektivno vrednovati uspjehe tehničkog stvaralaštva u daljoj i bližoj hrvatskoj po-

vijesti ili ih pak žele sakriti zbog neslavno izvedenih promašaja u privatizacijskom ciklusu, vjerojatno će nedostatak financijskih sredstava najznačajnije obilježiti budući tok i intenzitet očuvanja spomenute baštine.

Dosadašnji nedostatak financijskih sredstava već se odrazio da brojni primjerci industrijske arhitekture propadaju, a artefakti isto tako propadaju ili leže u nerestauriranom stanju i pod neprimjerenim uvjetima čuvanja. Postoji opasnost da će, ionako skromna, financijska sredstva postati još manjima pod pritiskom potreba obnove razorenih muzeja i izložaka nakon potresa koji je pogodio Zagreb i okolicu 22. ožujka 2020. godine. Kad se tome pridodaju pandemijski negativni efekti koji će nastati pri punjenju proračuna zbog dugotrajne izolacije ljudi i pada proizvodnih aktivnosti u zemlji i okruženju djelovanjem virusa Covid-19, za očekivati je da će se i s tog aspekta smanjiti priliv sredstava za očuvanje baštine.

Stoga će u narednom razdoblju biti teško očekivati porast aktivnosti u očuvanju hrvatske tehničke i industrijske baštine te će muzeji koji u sebi imaju zbirke tehničkog karaktera morati vrlo pažljivo i racionalno trošiti dodijeljena financijska sredstva. Ipak, postoji mogućnost djelovanja u suradnji s europskim fondovima, poput sjajnog promjera opisane Holandske kuće, muzeja iz Siska, što će pak ovisiti o agilnosti, znanju i motiviranosti uprava postojećih muzeja ili entuzijasta osnivača novih zbirki i muzejskih postava. Pri tome i druge institucije mogu dati svoj doprinos na isticanju važnosti očuvanja baštine kao i brojni entuzijastično i istinski domoljubno nastrojeni pojedinci u okvirima svojih skromnijih mogućnosti. Spoznajom potrebe trajnog očuvanja hrvatske tehničke i industrijske baštine svi spomenuti čimbenici mogu dati svoj doprinos i spasiti uspomene, materijalne i pisane dokaze o važnom dijelu hrvatske tehničke povijesti obilježenim stvaranjem i svjetskim civilizacijskim doprinosom.

Literatura

[1] Nikolić, G.: *Život i izumi Fausta Vrančića*, Akademija tehničkih znanosti Hrvatske i Pučko otvoreno učilište Zagreb, ISBN 978-953-7076-24-5, Zagreb, (2016.)

[2] …: Nikola Tesla, *Dostupan na* https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=61021, *Pristupljeno:* 2020-02-20

[3] …: Zakon o zaštiti i očuvanju kulturnih dobara, *Dostupan na* https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018_10_90_1756.html, *Pristupljeno:* 2020-02-05

[4] …: Strategija zaštite, očuvanja i održivog gospodarskog korištenja kulturne baštine Republike Hrvatske za razdoblje 2011.–2015., Ministarstvo kulture Republike Hrvatske, srpanj 2011., *Dostupan na* https://www.min-kulture.hr/userdocsimages/bastina/STRATEGIJA_BASTINE_VRH.pdf, *Pristupljeno:* 2020-02-25

[5] Đekić, V: Industrijska i tehnička baština, *Dostupan na* http://www.kvarner.hr/kultura/industrija.html, *Pristupljeno:* 2020-02-20

[6] …: Tehnički muzej Nikola Tesla, *Dostupan na* http://www.hztk.hr/tehnicki-muzej-u-zagrebu/, *Pristupljeno:* 2020-02-20

[7] …: Željeznička industrijska baština, *Dostupan na* https://muzej.hzinfra.hr/?page_id=50, *Pristupljeno:* 2020-02-22

[8] …: HT muzej, *Dostupan na* https://www.t.ht.hr/drustvena-odgovornost/ht-muzej/, *Pristupljeno:* 2020-02-20

[9] …: Muzej policije, Zbirka komunikacijske tehnike, *Dostupan na* https://muzej-policije.gov.hr/zbirke-30/zbirka-komunikacijske-tehnike/podzbirka-rucne-radiostanice/775, *Pristupljeno:* 2020-02-20

[10] …: Oldtimer Auto Museum - Skradin, *Dostupan na* https://www.scardona-museum.com/index_hr.php, *Pristupljeno:* 2020-02-20

[11] Filipović, L.: Intervju s Vlatkom Čakširanom: Idejni otac najvećeg kulturnog projekta u povijesti Siska: Ovo nije nadgrobni spomenik sisačkoj industriji, već začetak novog razvoja grada, *Dostupan na* https://www.tportal.hr/biznis/clanak/idejni-otac-najveceg-kulturnog-projekta-u-povijesti-siska-ovo-nije-nadgrobni-spomenik-sisackoj-industriji-vec-zacetak-novog-razvoja-grada-foto-20191205/print, *Pristupljeno:* 2020-02-20

[12] …: Zbirka Kraker – segment jednog davnog vremena, *Dostupan na* https://siscia.hr/kraker/, *Pristupljeno:* 2020-02-20

[13] …: Portal hrvatske tehničke baštine, O projektu, Misija i ciljevi, *Dostupan na* https://tehnika.lzmk.hr/o-projektu/, *Pristupljeno:* 2020-02-20

[14] Mumlek Z.: Radiomuseum Croatia, *Dostupan na* ttp://www.radiomuseum-croatia.com/new/o-nama, *Pristupljeno:* 2020-02-20

[15] …: Zbirka mehaničkih glazbenih automata Ivana Gerersdorfera, *Dostupan na* http://www.mgz.hr/hr/postav/ivan_gerersdorfer/, *Pristupljeno:* 2020-02-20

[16] Rogale, D; Fajt, S.; Knezić, Ž & Lukša, D.: Prva hrvatska zbirka mjerne i komunikacijske opreme, *Povijest i filozofija tehnike 7. simpozij PIFT 2018.*, Benčić, Z. (Urednik), str. 355-364, ISBN 978-953-7992-15-6, Zagreb, Lipanj 2018, Kiklos – Krug Knjige d.o.o, Zagreb, (2018.)

[17] Rogale, D; Lukša, D.; Fajt, S. & Knezić: Zbirka niskofrekvencijskih izvora signala, *Povijest i filozofija tehnike 8. simpozij PIFT 2019.*, Benčić, Z. (Urednik), str. 1115-1133, ISBN 978-953-7992-17-0, Zagreb, Lipanj 2019, Kiklos – Krug Knjige d.o.o, Zagreb, (2019.)

[18] Kuljiš, M.: *Na valovima sudbine radioelektronike u Hrvatskoj (1942.-2014.)*, Kiklos – Krug Knjige d.o.o, ISBN 978-953-7992-03-3, Zagreb, (2014.)

Radovi članova Akademije

20 godina od početka razvoja Informacijskog sustava visokih učilišta – ISVU

Prof. dr. sc. **Mirta Baranović**, član suradnik HATZ-a,
Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva, mirta.baranovic@fer.hr

Sažetak: *Rad donosi osnovne značajke razvoja Informacijskog sustava visokih učilišta – ISVU koji se odvijao kroz 11 godina na Sveučilištu u Zagrebu Fakultetu elektrotehnike i računarstva. Dan je pregled prethodnog razvoja sustava na čijim se zasadama gradi ISVU. Ukratko su opisana načela na kojima se temeljilo modeliranje i izgradnja sustava dan je pregled podržanih procesa te je ukratko je opisano skladište podataka kao integralni dio sustava koji pruža mogućnosti detaljne analize podataka u svrhu donošenja odluka temeljeno na znanju. Prikazan je tijek implementacije sustava i promjene u okruženju koje su uzrokovale nadogradnju sustava.*

Ključne riječi: *Informacijski sustav, Visoko učilište, Studomat, Skladište podataka*

1. Uvod

Motivacija za pisanje ovoga rada proizlazi iz dva ključna čimbenika. Jedan se odnosi na našu, u novije vrijeme, pojačanu brigu o baštini, s ciljem očuvanja identiteta, posebice nakon ulaska Hrvatske u Europsku uniju, te odluku Hrvatske akademije tehničkih znanosti da svoj godišnjak posveti tehničkoj i industrijskoj baštini. Drugi je motivator dvadeseta obljetnica početka razvoja suvremenog informacijskog sustava za potporu procesima vezanima uz studente i studentsku administraciju na visokim učilištima u RH, odnosno, skraćeno, Informacijskog sustava visokih učilišta – ISVU. Prilika je to da se osvrnemo na cjelokupni razvoj sustava, koji započinje početkom sedamdesetih godina prošlog stoljeća, nakon nabavke prvog elektroničkog računala za potrebe akademske zajednice, instaliranog na Elektrotehničkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu (ETF), današnjem FER-u. U tom razvoju bilo je nekoliko faza, gdje je svaka od faza podigla računalnu/informatičku pismenost ljudi koji su bili u doticaju sa sustavom, bilo kao stvaraoci sustava, bilo kao njihovi korisnici, ili usputni promatrači. Važno je napomenuti da je svaka faza u najvećoj mogućoj mjeri koristila sva dostignuća, spoznaje, modele i iskustva iz one prethodne, što je vrlo poželjan, ali u općem slučaju na baš čest scenarij.

2. Prethodni razvoj

2.1 Prva faza – 1970-te godine

Vrlo brzo nakon nabavke prvog računala i svih pratećih uređaja, na ETF-u se rodila ideja da se ono upotrijebi za automatizaciju procesa vezanih uz polaganje ispita. Pokrenut je projekt s ciljem razvoja i primjene takvog sustava za potrebe Sveučilišta u Zagrebu. Voditelj projekta bio je prof. Enver Šehović, koji je oformio kompetentan razvojni tim. Na početku akademske godine 1972./1973. studenti su dobili nove, modificirane matične brojeve koji uključuju kontrolnu znamenku (a koji su i danas u uporabi) te skup bušenih kartica, koje su zamijenile tradicionalne prijavnice za ispit. Na prijavnicama su unaprijed bili uneseni (izbušeni) podatci o studentu i podatci o predmetu. Student je za svaki upisani predmet dobio po 3 prijavnice, u skladu s tada važećim pravilima o dozvoljenom broju izlazaka na ispit iz pojedinog predmeta. Nakon obavljenog ispita, nastavnik bi upisao na karticu rezultat ispita, kartice bi odlazile na dodatno (ručno) bušenje, učitavale su se u sustav, nakon čega su se trenutno mogli dobiti rezultati pojedinačnih ispita, ali i izvještaji namijenjeni različitim analizama, što se do tada obavljalo ručno.

To je bilo doba kada sustavi za upravljanje bazama podataka (SUBP) nisu bili široko rasprostranjeni, niti financijski dostupni. Za pohranu podataka korištene su datoteke, a programski jezik bio je COBOL Takav sustav nije bilo lako održavati i nadograđivati te su se javljale teškoće općeprisutne u to doba, opisane u literaturi [1], a koje su motivirale i ubrzale razvoj SUBP. Nakon nekog vremena sustav više nije mogao pratiti promjene koje su nastajale u okruženju (npr. uvođenje novog studijskog programa i suživot s postojećim) te je bio napušten. Zanimljivo je da su se na ETF-u i dalje koristile prijavnice u obliku bušenih kartica, koje su se obrađivale ručno.

2.2 Druga faza – 1980-te godine

Druga faza razvoja započinje početkom osamdesetih godina prošlog stoljeća, kada je ETF odlučio izgraditi sustav za svoje potrebe, s idejom da se kasnije proširi na čitavo Sveučilište. Projekt je povjeren grupi Računarska znanost sa Zavoda za primijenjenu matematiku ETF-a koju su vodili prof. Marijan Đurek i prof. Damir Kalpić. U godinama duboke ekonomske krize ETF si nije mogao priuštiti kupovinu SUBP-a te je projektni tim odlučio da će sam napraviti vlastiti SUBP temeljen na mrežnoj arhitekturi baza podataka, prema preporukama konzorcija CODASYL (Committee on Data Systems Languages) [2]. Sustav je razvijen u jeziku C, na računalu Univac-1100 Sveučilišnog računskog centra. I dalje su se koristile prijavnice u obliku bušenih kartica. Iako je sustav bio puno fleksibilniji u odnosu na

prethodni, zahtijevao je održavanje i dogradnju za koje nije bilo razumijevanja u okruženju te je 1985. godine sustav napušten.

2.3 Treća faza – 1990-te godine – ISSS

Početkom 90-tih godina, tadašnji dekan ETF-a prof. Ivan Ilić, koji je u prethodnom mandatu bio prodekan za nastavu ETF-a te njegovi pomoćnici za poslovanje, prof. Slavko Krajcar i prof. Damir Kalpić, iniciraju izgradnju novog sustava, nazvanog Informacijski sustav studentske službe – ISSS. Voditelj projekta bio je prof. Damir Kalpić, a u projektiranju i razvoju sustava sudjelovali su članovi Grupe Računarska znanost, Zavoda za primijenjenu matematiku (ZPM-GRZ) [3].

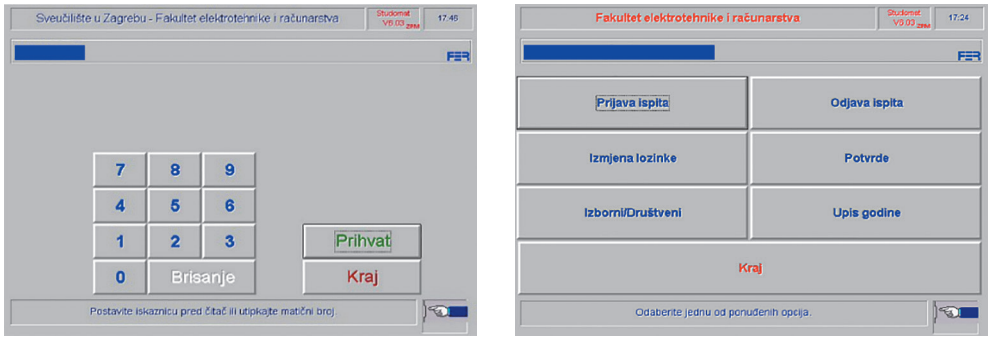
Sustav je bio razvijen na operacijskom sustavu Unix, sustavu za upravljanje bazama podataka Informix u programskom jeziku Informix-4GL. U to doba je već zaživjela ideja o otvorenim sustavima, pa je stoga bio moguć neovisan izbor računala, operacijskog sustava i sustava za upravljanje bazama podataka, koji su podržavali interoperabilnost i prenosivost, temeljene na definiranim standardima. U to vrijeme, točnije 1989. započinje proces standardizacije neproceduralnog upitnog jezika za relacijske baze podataka – SQL-a (Structured Query Language), dok su jezici temeljeni na SQL-u, koji uključuju i elemente proceduralnosti, npr. Informix-4GL, Oracle PL/SQL, još uvijek zadržali ovisnost o SUBP-u.

Sustav ISSS koristi tekovine svojih prethodnika, ali s obzirom na novu tehnologiju, koja omogućuje brži, efikasniji razvoj i veće mogućnosti, korištenje računalnih mreža i Interneta, čemu je poseban zamah dalo osnivanje CARNet-a (Croatian Academic and Research Network) u listopadu 1990. godine [3], uvode se inovacije.

Studomat

Idejni začetnik Studomata bio je Predrag Pale, vizionar i jedan od osnivača CARNet-a. Fizički dio Studomata, bio je izrađen u radionicama ETF-a. Na Sl. 1 prikazan je Studomat iz 1990-tih godina, kasnije preuređen za potrebe evidencije nastave iz tjelesnog odgoja. Ekrani osjetljivi na dodir posebno su nabavljeni iz Velike Britanije. Unutar kućišta nalazilo se osobno računalo i pisač smješten tako da su tiskane potvrde iz njega izlazile kroz prorez napravljen u kućištu. Programski dio Studomata [5] razvio je tim ZPR-GRZ pod vodstvom prof. Vedrana Mornara, koristeći programski jezik Visual Basic.

Prve aktivnosti podržane na Studomatu bile su prijava i odjava ispita, pregled rasporeda za ispite i ispitnih rezultata. Prva prijava ispita na Studomatu zabilježena je 7.11.1994. godine. Kasnije su Studomatu dodavane nove funkcionalnosti, kao što



Sl. 2. Primjeri ekrana Studomata iz 1998. godine

su upis u akademsku godinu s izborom smjera/usmjerenja i izborom predmeta te izdavanje potvrda, koje su na zahtjev izlazile iz Studomata na unaprijed potpisanim i ovjerenim papirima. Na slici 2. prikazani su primjeri izgleda ekrana Studomata iz 1998. godine.

Studonet i Studofon

Rasporede pismenih ispita ocjene iz pismenih ispita i rasporede za usmeni ispit tadašnji su studenti koji su imali pristup Internetu mogli saznati s pomoću jednostavne internetske aplikacije, ili putem govornog automata koji se zvao Studofon, a kasnije Ferofon.

Potpora administraciji

Studentskoj službi stajale su na raspolaganju aplikacije kojima se moglo provjeriti sve unesene podatke, provesti nestandardne i nepodržane postupke, ispisati dokumente – upisni list, matični list, naljepnice za indeks – koji su tada bili rezultat upisa kojeg je student obavio na Studomatu. Imali su uvid i mogućnost kontrole ispitne evidencije, evidentiranje tema, diplomskih zadataka, ispis obrazaca potrebnih za obavljanje diplomskih ispita te konačno, ispis svjedodžbe – dokumenta koji je sadržavao informacije o čitavom tijeku studentovog studija, zajedno sa svim ocjenama ispita, temom i ocjenama diplomskog rada i diplomskog ispita – dokumenta koji je sličan današnjoj Dopunskoj ispravi o studiju, ali sa znatno užim skupom informacija.

Ispitna evidencija obavljala se na zavodima ETF-a/FER-a uz pomoć za to razvijenih aplikacija. Bio je omogućen pregled prijava za ispit, izrada rasporeda za pismeni dio ispita i unos ocjena pismenog dijela ispita (ako je postojao), izrada rasporeda

usmenog ispita te unos konačne ocjene, zaključivanje ispitnog roka, iza čega je slijedilo ispisivanje „prijavnica“ koje su sadržavale rezultat ispita i koje je nastavnik potpisao, potvrđujući time da su informacije zapisane u sustavu ispravne. Svi ovi međurezultati i konačan rezultat ispita bili su studentima dostupni na daljinu, putem Studoneta i Studofona.

Poseban modul služio je za obradu prijemnih/razredbenih ispita, razvijen na osnovi sustava koji se neprekidno razvijao i koristio na ETF-u od 1970. godine.

Sustav ISSS pobudio je interes među drugim fakultetima, međutim, osim na FER-u, uveden je samo na Fakultetu prometnih znanosti (FPZ) i Prometnom odjelu Tehničkog veleučilišta u Zagrebu, dok je na Pravnom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu korišten samo modul za obradu razredbenih ispita. Sustav je bio održavan do studenoga 2004. godine, kad su svi podatci FER-a i FPZ-a prebačeni u ISVU.

2.4 Informacijski sustav studentske prehrane ISSP – 1997. godine

Sredinom 1997. godine na inicijativu Ministarstva znanosti i tehnologije započinje razvoj Informacijskog sustava studentske prehrane (ISSP) kojim se željelo uvesti red u sustav subvencionirane prehrane studenata i spriječiti nenamjensko trošenje subvencija namijenjenih studentima. Razvijeni sustav služi za evidentiranje i praćenje prava studenata u skladu s važećim propisima i aktima Ministarstva znanosti i tehnologije (MZT) te visokih učilišta na kojima studenti studiraju. Dizajnirana je studentska iskaznica – takozvana X-ica (Sl. 3). Izgrađena je programska potpora za visoka učilišta koja evidentiraju podatke o studentima i njihovim pravima, obavljaju slikanje i pokreću procese izdavanja iskaznica.



Sl. 3, Studentska iskaznica – Xica

Svakom je studentu dodijeljen Jedinstveni matični broj akademskog građanina (JMBAG), generiran prema pravilima definiranima u prvoj fazi informatizacije sveučilišta, 1970. godine.

Restoranima studentske prehrane stoji na raspolaganju računalo – blagajna gdje se evidentira studentova potrošnja, korištena subvencija te se ažurira stanje njegove subvencije. Svi podatci evidentiraju se u jedinstvenoj bazi podataka te se mogu analizirati na najrazličitije načine. S obzirom da se u to doba nije moglo računati na stalan pristup računalnoj mreži sa svih lokacija uključenih u sustav, na početku su podatci bili pohranjivani na lokalna računala te su se sinkronizirali jednom dnevno. Kasnije, kad su to uvjeti dozvoljavali prešlo se na arhitekturu klijent-poslužitelj s jedinstvenom bazom podataka na centralnom poslužitelju.

Sustav je razvijen na FER-u, voditelj projekta bio je prof. Vedran Mornar. Koordinaciju svih aktivnosti tijekom projekta obavljao je Centar za transfer tehnologije (CTT). Po završetku izgradnje sustav je predan na održavanje Sveučilišnom računskom centru (SRCE). Sustav je uveden na sva visoka učilišta i sve studentske restorane u sustavu subvencionirane prehrane studenata. Tijekom projekta, u razvoj sustava su se uključivali studenti završnih godina FER-a te su zajedno s izgrađenim sustavom prešli u SRCE, gdje su zaposleni u novoosnovanom Centru za autorizaciju prava (CAP) na održavanju i daljnjem razvoju sustava. Ovaj uspješan model prijenosa znanja i tehnologije omogućio je sustavu neometan rad, održavanje i nadogradnju kroz protekle 22 godine te se očekuje da će se tako nastaviti i u budućnosti.

3. Informacijski sustav visokih učilišta – ISVU

Nakon uspješne implementacije sustava ISSP, koristeći pozitivna iskustva stečena tijekom projekta, Ministarstvo znanosti i tehnologije (Kasnije: Ministarstvo znanosti obrazovanja i športa te Ministarstvo znanosti i obrazovanja, u daljnjem tekstu Ministarstvo) pokreće projekt informatizacije visokoškolskih ustanova – izgradnju Informacijskog sustava visokih učilišta – ISVU. Sa stanovišta Ministarstva, cilj je bio prikupiti detaljne informacije o nastavi na visokim učilištima, do razine rasporeda sati, kako bi dobili detaljan uvid u odvijanje nastave, odnosno o djelatnosti koju financiraju. Projekt je bio pokrenut početkom 1999. godine, voditelj projekta bio je prof. Slavko Krajcar. Zbog zastoja u financiranju projekt je bio prekinut početkom 2000. godine te ponovo pokrenut 2.11.2000. godine. Voditelj projekta bio je prof. Robert Manger, pomoćnik ministra za informatiku u Ministarstvu. Razvoj sustava povjeren je FER-u. Kao osnova sustava koristi se sustav ISSS razvijen za FER i koji je dokazan u praksi. Postojeći sustav će biti znatno konceptualno i funkcionalno unaprijeđen, kako bi zadovoljio potrebe raznorodnih visokih učilišta

te izgrađen na suvremenoj računalnoj platformi. Projektom je upravljalo Vijeće projekta koje je imenovalo Ministarstvo. Voditelji Vijeća projekta u različitim razdobljima bili su prof. Slavko Krajcar, prof. Robert Manger, dr. Dragan Schwarz

3.1 Osnovne smjernice razvoja ISVU

Prema pravilima struke, smjer uvođenja informatičkih tehnologija kreće od mjesta izvorišta informacija prema mjestima njihovog korištenja. To je značilo da bi prvenstveno trebalo informatizirati visoka učilišta koja predstavljaju izvorišta podataka, nakon čega će sve informacije koje se prosljeđuju Ministarstvu biti točne i ažurne.

Sve postojeće informacije iz različitih izvora koje su iskoristive bit će preuzete u ISVU. Kod donošenja odluke o preuzimanju takvih podataka bilo je potrebno procijeniti odnos uloženog truda u prilagodbu podataka, prema trudu koji je potrebno uložiti u ponovni unos podataka, uz kontrolu konzistentnosti prema pravilima definiranima u novom sustavu. Od samog početka realizacije projekta ISVU je povezan s Informacijskim sustavom studentske prehrane (ISSP).

3.2 Očekivane koristi

Uvođenjem sustava postignute su mnogostruke koristi, pri čemu su neke bile odmah vidljive, kao što su: smanjenje administrativnog posla, bolja kontrola, točnost informacija, drastično smanjenje vremena potrebnog za dobivanje informacija, oslobađanje studenata i nastavnika od nepotrebnih administrativnih postupaka. Dalekosežne posljedice su točnost i ispravnost informacija potrebnih za donošenje operativnih i strateških odluka unutar samih visokih učilišta, na sveučilištima, veleučilištima i u Ministarstvu, što će u konačnici dovesti do povećanja kvalitete i efikasnosti studija, poboljšanja odnosa kvalitete studija i uloženih sredstava, bolje obrazovanih završenih studenata, što bi se trebalo odraziti i na ukupno gospodarstvo RH.

Objavljivanjem informacija na Internetskim stranicama visokog učilišta postiže se bolja informiranost studenata o studiju. Sve informacije o predmetima, studijskom programu, rasporedu sati i ispitnim rokovima dobivaju se izravno iz baze podataka u trenutku postavljanja upita. Prijavljivanje ispita i ostale aktivnosti koje su studenti obavljali u studentskoj službi obavljat će se s pomoću različitih računalskih naprava, preko Interneta, bez gubljenja vremena čekajući u redovima ispred studentske službe.

Smanjenje administrativnog posla, točnost i potpunost informacija, jednostavno dobivanje različitih sumarnih izvještaja te dobivanje podloga za operativno i strateško odlučivanje glavna su poboljšanja koja su uslijedila na visokim učilištima. Također je postignuto bolje informiranje unutar visokog učilišta te konzistentnost podataka koji se pohranjuju na jednom mjestu, umjesto dotadašnjeg višestrukog prepisivanja.

Jedinstvenim informacijskim sustavom na razini ukupnog visokoškolskog prostora u RH postiže se standardizacija procesa i dokumentacije u sustavu visokog školstva. Ministarstvo bi moglo dobiti informacije izravno iz baze podataka visokih učilišta, odnosno skladišta podataka. Time bi se smanjila redundancija podataka, što dovodi do smanjena troškova, vremena i potrebnih resursa. Središnjom, održavanom i ažurnom bazom podataka povećava se točnost informacija, što olakšava donošenje poslovnih odluka i pružanje točnih i pravovremenih informacija svim vanjskim korisnicima

3.3 Razvojni tim i istraživanje

Okosnicu tima činili su članovi ZPM-GRZ FER-a, današnjeg Zavoda za primijenjeno računarstvo FER-a. Ugovorom je bilo definirano da će Ministarstvo osnovati Centar potpore ISVU (CP ISVU) u okviru kojeg će angažirati 6 djelatnika i to po 2 djelatnika u roku od dva, šest i dvanaest mjeseci po potpisu Ugovora, koji će zajedno s razvojnim timom sudjelovati u razvoju sustava. Trojica novozaposlenih članova CP ISVU bili su diplomirani studenti FER-a koji su tijekom završetka studija pri izradi projekata i diplomskih radova već bili uključeni u razvoj sustava te izradili diplomske radove s temama vezanim uz ISVU [6], [7], [8].

S obzirom na izrazitu složenost sustava i mnoštvo zahtjeva za koje nisu postojala gotova rješenja, valjalo je obaviti mnoga istraživanja, koja su se odvijala na različitim razinama. Rezultati istraživanja, osim što su ugrađeni u sustav, objavljeni su u sklopu 6 diplomskih radova [6], [7], [8], [9], [10], [11], 5 magistarskih radova [12], [13], [14], [15], [16], dvije doktorske disertacije [17], [18], pet radova na međunarodnim konferencijama [19], [20], [21], [22] [23] te dva rada u časopisima [24], [25].

3.4 Centralizirani vs. raspodijeljeni sustav

U početku, na osnovi iskustva iz sustava ISSP, bilo zamišljeno da će sustav biti raspodijeljen, da će svako visoko učilište posjedovati vlastiti poslužitelj i vlastitu bazu podataka te da će se kopije lokalnih baza podataka nalaziti u Centru potpore ISVU u centraliziranoj bazi podataka. Provedeno je iscrpno istraživanje u području upravlja-

nja konzistentnošću i raspoloživošću u repliciranim bazama podataka [17], izgrađena je programska potpora. Nakon demonstracije sustava i analize mogućih opasnosti od neraspoloživosti centraliziranog sustava te troškova i problema u održavanju repliciranog sustava Vijeće projekta je zaključilo da sustav treba ostati centraliziran.

3.5 Razvojno okruženje

Prilikom izrade novog sustava bilo je potrebno odabrati razvojno okruženje koje će olakšati razvoj, implementaciju i kasnije održavanje sustava. Posebno se željelo izbjeći neke zatvorene alate koji na početku olakšavaju razvoj jednostavnih struktura i koncepata, dok u kasnijim fazama razvoja otežavaju implementaciju specifičnih zahtjeva te zahtijevaju poseban programerski angažman na izbjegavanje pretpostavljenih paradigmi. Prilikom izrade novog, integralnog sustava, s obzirom na njegovu veličinu i kompleksnost, posebna je pažnja morala biti posvećena izboru alata koji će zadovoljiti kriterije kao što su otvorenost, prenosivost, neovisnost o DBMS-u i fleksibilnost koja će omogućiti izradu svih specifičnih aplikacija koje je potrebno izgraditi u sustavu.

Odlučeno je da će se sustav razvijati u otvorenom pristupu, koristeći programski jezik Java i aplikacijsko programsko sučelje prema bazi podataka JDBC [Java Database Connectivity). Nakon analize mogućnosti razvojnih alata koji su tada postojali na tržištu i njihovih ograničenja, odlučili smo da ćemo izgraditi vlastito razvojno okruženje. Razvijena je vlastita biblioteka apstraktnih klasa (DBAACL – Database aware abstract classes) [20], prošireni rječnik podataka i generator aplikacija, odnosno dijelova aplikacija (Espresso-Lipa).

Razvojem ove vlastite biblioteke autorima je dana potpuna sloboda upravljanja i mijenjanja sustava, prema specifičnim zahtjevima koje će razvoj složenog i zahtjevnog informacijskog sustava donijeti. Dodatno, omogućena je ugradnja potpore za nove koncepte, npr. tipove podataka koji ne pripadaju u JDBC standard, ali su prisutni u nekim DBMS sustavima. Također, eliminiran je rizik oslanjanja na alate, tada prisutne na tržištu, a koji će u budućnosti možda biti napušteni.

Najveći doprinos izgradnji ovog razvojnog okruženja dali su Slaven Zakošek, Ladislav Mačkala i Ognjen Orel.

3.6 Modeliranje baze podataka

Osnovni koncepti sustava slijedili su iz ISSS FER-a, međutim, u novom sustavu je trebalo znatno proširiti modele, kako bi se njima mogle opisati sve specifičnosti koje postoje na različitim visokim učilištima u RH.

Posebna pažnja posvećena je modeliranju podataka s ciljem postizanja što veće fleksibilnosti, kako bi ostao stabilan kroz daljnje nadogradnje, koje će nedvojbeno uslijediti, ali u datom trenutku ne znamo kakve će biti i u kojem će se smjeru kretati. Cilj je da u sljedećim fazama postojeća jezgra modela ostaje nepromijenjena, a model se nadograđuje po rubovima. Postizanje ovog cilja moguće je postići ako dubinski poznajemo problematiku te pouzdano znamo značenje svakog podatka koji će biti predstavljen u modelu. Modeli se trebaju temeljiti na značenju podataka i njihovoj suštini te treba izbjeći, koliko je god to moguće, oslanjanje na trenutna pravila, trenutne propise i trenutni način rada. S obzirom da su gotovo svi suradnici na projektu bili u statusu sveučilišnih nastavnika ili suradnika te dubinski poznavali podatke i procese koje je trebalo modelirati, da su glavni projektanti već imali iskustvo projektiranja iz sustava ISSS FER, izgrađeni su kvalitetni i stabilni modeli, koji su preživjeli dramatične promjene koje su se kasnije dogodile u sustavu visokog školstva.

Višejezičnost je jedno od važnih obilježja sustava. Svi tekstni podatci mogu se upisivati višejezično i u padežima, kako bi se mogli koristiti pri izradi dokumenata čiji se predlošci također mogu definirati na različitim jezicima. Jezici se u sustav mogu dodavati dinamički, u toku rada s aplikacijom [27]. Za sada se pri izradi dokumenata koriste hrvatski i engleski.

Na početku izgradnje sustava tada važeći Zakon o visokim učilištima [28] potpuno je uređivao pravila studiranja, od načina i broja polaganja ispita, pa do pravila za napredovanje kroz studij, što je vrijedilo za sva visoka učilišta u RH. Zakon koji stupa na snagu 2003. godine [29] prepustio je određivanje pravila studiranja izvedbenim planovima pojedinih visokih učilišta te je bilo nužno svakom visokom učilištu omogućiti definiranje vlastitih pravila koja su morala biti podržana odgovarajućom programskom potporom. Zakon iz 2004. godine [30] donosi revolucionarne promjene u strukturi studija – umjesto dotadašnjih dodiplomskih studija uvode se preddiplomski, diplomski i integrirani preddiplomski i diplomski studiji. Osim klasičnog polaganja ispita tada je uvedena i mogućnost kontinuiranog praćenja rada tijekom studija na temelju čega studenti dobivaju ocjenu. Zbog svih tih promjena, modeli podataka i procesa su doživjeli značajne nadogradnje, ali bez ugrožavanja do tada postojećih dijelova.

Ponešto promjena donijela je primjena Uputa o dopunskoj ispravi o studiju [31], a 2010. godine trebalo je podržati mobilnost studenata, kako u modelima, tako i u poslovnim procesima i u Dopunskoj ispravi o studiju. O složenosti modela baze podataka i čitavog sustava govori broj tablica sadržanih u bazi, koji je 2004. godine bio otprilike 360, a u trenutku završetka razvoja oko 450 tablica.

Najveći doprinos u modeliranju dale su članice tima: Jasenka Anzil, Ljiljana Brkić i Valdi Kalafatić. Također, neprocjenjiva je bila pomoć ISVU koordinatora visokih

učilišta koja su sudjelovala u pilot programu uvođenja ISVU i pri testiranju početnih modela.

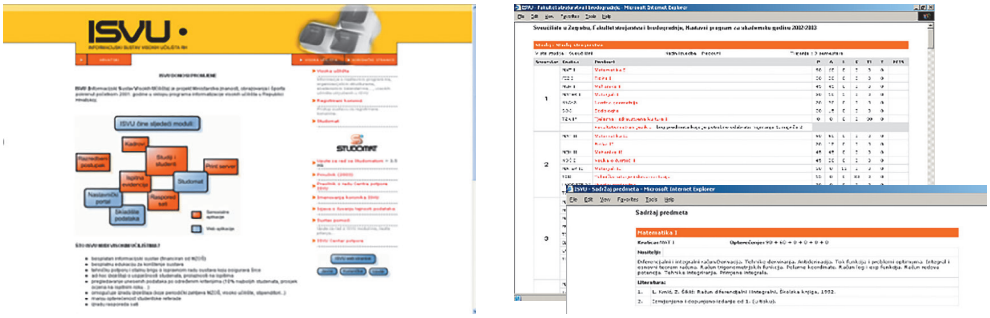
3.7 Procesi u ISVU

Podržani su svi procesi, od prvog upisa studenata na visoko učilište, pa do završetka studija s izdavanjem diplome i dopunske isprave o studiju. To su:

- Evidentiranje studijskih programa sa svim detaljima i pravilima potrebnim za realizaciju automatiziranih upisa studenata putem Studomata,
- Evidentiranje akademskih kalendara sa svim detaljima potrebnim za upravljanje procesima i događajima,
- Evidencija organizacijske strukture VU i podataka o djelatnicima,
- Prezentiranje studijskih programa i akademskih kalendara na Internetu na stranicama www.isvu.hr te izvoz podataka u obliku koji visokim učilištima omogućuje integraciju tih podataka u njihove web stranice,
- Razredbeni ispit, koji se kasnije, uvođenjem Državne mature ugasio,
- Upis studenata na visoko učilište, prema rezultatima razredbenog ispita, kasnije prema rezultatima državne mature (rezultat je Matični list),
- Prijelaz s drugog visokog učilišta, promjena studija/smjera/modula,
- Razmjena podataka i sinkronizacija sa sustavom studentske prehrane – ISSP
- Upis u akademsku godinu i upis predmeta – obvezatnih, izbornih, fakultativnih (rezultat je Upisni list) s izračunavanjem razine uspješnosti studenta iz koje proizlaze studentska prava,
- Vođenje financijskih obveza studenata,
- Evidencija ispunjavanja nastavnih obveza studenata
- Prijava i odjava ispita, provođenje ispita, unos završnih ocjena, zaključavanje podataka, tiskanje prijavnica i ispitnih lista,
- Izdavanje potvrda o statusu studenta i potvrda s prijepisom ocjena,
- Kontinuirano praćenje rada studenata tijekom semestra (uvedeno kasnije, zajedno s preddiplomskim studijima),
- Raspored sati,
- Mobilnost studenata (visoko učilište, upisani predmeti, položeni predmeti, priznavanje predmeta) – uvedeno kasnije,
- Odabir teme/mentora/predmeta završnog/diplomskog rada,
- Definiranje i tiskanje diplomskih/završnih zadataka,
- Provođenje završnih/diplomskih ispita, tiskanje obrazaca i evidentiranje ocjena rada, ocjena obrane i završne ocjene studija,
- Izrada diploma i dopunskih isprava o studiju.

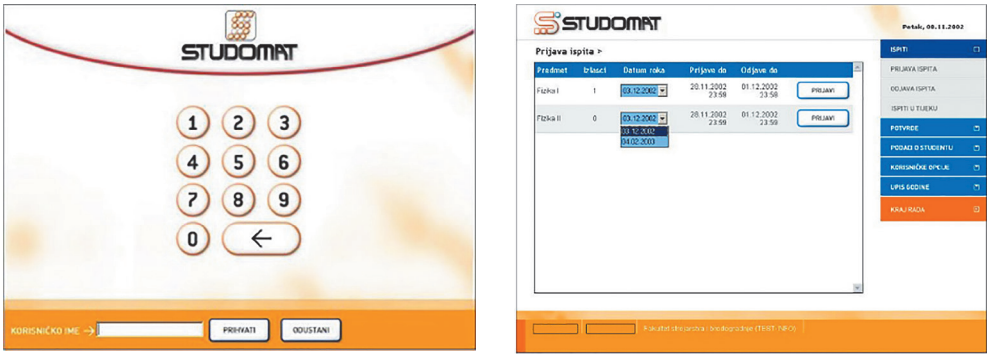
Uz svaki proces definirani su standardni izvještaji, koji se dinamički stvaraju na temelju skupa dohvaćenih podataka i eventualnih dodatnih kriterija. Dio tih izvještaja kreira se automatski, kao jedna od funkcionalnosti definiranih razvojnim okruženjem, dio zahtjevnijih standardnih izvještaja programiran je ručno.

Procesi su podržani kroz module: Studiji i studenti, Ispitna evidencija, Kadrovi, Studomat i Nastavnički portal. Na slikama 4. i 5. prikazane su Internetske stranice ISVU, prezentacija studijskih programa i izgled ekrana Studomata.



Sl. 4. Stranice www.isvu.hr i prezentacija studijskih programa iz 2003. godine

U izgradnji programske potpore sudjelovali su svi članovi tima [31], pri čemu je najveći doprinos dali: u izradi aplikacija Studiji i studenti Ljiljana Brkić, Jasenka Anzil, Valdi Kalafatić, Boris Matijašević; Ispiti: Jasenka Anzil; u razmjeni podataka sa sustavom ISSP Ladislav Mačkala i Dubravka Pukljak-Zoković; Studomatu: Denis Kranjčec, Dino Lišnjić i Gorana Rubinić; Rasporedu sati Ognjen Orel, Kadrovima: Mirjana Domazet Lošo i Denis Kranjčec; oblikovanju diploma i dopunskih isprava o studiju Slaven Zakošek



Sl. 5. Studomat iz 2002. godine

3.8 Zaštita podataka

Posebnu pažnju trebalo je posvetiti zaštiti podataka, kako zaštiti od neovlaštenog korištenja, tako i zaštiti od uništenja dijela, ili čitave baze podataka. S obzirom da na početku razvoja sustava nisu postojali dokumenti koji bi detaljno govorili o načinu zaštite podataka vezane uz studije i studente, bilo je potrebno definirati politiku zaštite, mjere zaštite te dokumente kojima će se dodjeljivati ovlasti korisnicima, ali i razvijati svijest o potrebi zaštite podataka i načinu ponašanja prema podatcima koji nisu javni. Podatci su grupirani u skupine, skupine su kategorizirane kao javne ili tajne. Visoko učilište je vlasnik svojih podataka i čelnik visokog učilišta određuje prava pristupa pojedinim skupinama podataka za svoje zaposlenike, prema pripadnosti organizacijskoj jedinici, odnosno funkciji koju obavlja. Definirani su dokumenti Imenovanje korisnika ISVU, Izjava o čuvanju podataka i Izjava o čuvanju lozinke. Na osnovi dokumenta o imenovanju korisnika ISVU i njihove izjave o čuvanju podataka djelatnici Centra potpore ISVU dodjeljuju korisnicima dozvole i lozinke za rad sa sustavom. Lozinke su posebno zaštićene na način da ih nitko ne može dešifrirati. Studenti pristupaju sustavu s pomoću JMBAG-a i lozinke.

U posebnom dijelu baze podataka se za svaku operaciju izmjene u bazi podataka prati trag (eng. Audit Trail) – zapisuju se informacije o transakciji, provedenoj promjeni, vremenu, mjestu i osobi koja je obavila promjenu. Pristup ovim podatcima ima isključivo administrator sustava te u slučaju potrebe ili sumnje na neovlaštenu izmjenu podataka može dohvatiti potrebne podatke za potrebe analize.

3.9 Skladište podataka ISVU

Za potrebe analize podataka izgrađeno je skladište podataka (Data Warehouse) i pripadno sučelje [23], [24], [25]. Podaci iz transakcijskog sustava noću se prenose u skladište podataka, pri čemu se provodi pročišćavanje podataka i prenošenje u strukture pogodne za analizu podataka (tzv. dimenzijski model podataka, OLAP kocke).

Korisnicima na raspolaganju stoje gotovi upiti, detaljni i sumarni upiti. Gotovi upiti sadrže unaprijed pripremljene izvještaje nastale na temelju obrazaca koji se s visokog učilišta šalju na sveučilište/veleučilište i u Ministarstvo te neki izvještaji nastali prema zahtjevima korisnika. Pokretanjem ovih upita izvještaji će se popuniti aktualnim podatcima iz skladišta. Detaljni upiti definirani su nad relacijskom bazom podataka i omogućavaju korisnicima uvid u detalje na drugačiji način i prema drugačijim kriterijima nego što to mogu kroz sučelje s relacijskom bazom podataka. Sumarni upiti definirani su nad OLAP kockama i omogućuju korisnicima da sami definiraju svoje izvještaje u obliku tablica, tehnikom povuci-ispusti (*eng*.

drag-and-drop). Zaglavlje tablice definirat će izborom dimenzijskih atributa i mjera iz činjenične tablice, s pomoću dimenzijskih atributa i željenih kriterija definirat će ograničenja upita. Nad tako dobivenim tablicama korisnici mogu sažimati dobivene podatke (*eng.* drill-up) ili zatražiti više detalja (*eng.* drill-down). Sumarni upiti omogućuju korisnicima sagledavanje činjenica na različitim razinama detaljnosti i u različitim kontekstima.

Najveći doprinos u modeliranju i izgradnji skladišta podataka dali su Igor Mekterović, Mirjana Domazet Lošo i Hrvoje Rončević.

3.10 Implementacija sustava

Od samog početka u takozvanom pilot projektu uključivanja u ISVU sudjelovalo je šest visokih učilišta. Sa Sveučilišta u Zagrebu to su: Matematički odjel Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Medicinski fakultet, Fakultet strojarstva i brodogradnje i Građevinski fakultet te sa Sveučilišta „J. J. Strossmayer“ u Osijeku Ekonomski fakultet i Veleučilište u Dubrovniku. Bili su uključeni u snimanje stanja, testiranje modela podataka i procesa te su primjenjivali pojedine module onim tempom kako su bili izgrađivani. Tijekom primjene rađale su se nove ideje te su neke od njih bile ugrađivane u sustav. Redoslijed izgradnje programske potpore slijedio je njihove potrebe – započelo se s upisom studenata prve godine, zatim je slijedila ispitna evidencija, nakon toga upis u sljedeću akademsku godinu, itd.

Programska potpora bila je završena u listopadu 2003. godine, nakon čega je uslijedilo osnivanje Centra potpore ISVU, izrada priručnika za korisnike [26], preseljenje sustava u SRCE (2.4.2004.) te primopredaja sustava između FER-a i SRCE-a (21.10.2004.), nakon čega SRCE preuzima brigu o sustavu, organizira podršku korisnicima (*helpdesk*) i održava tečajeve za korisnike. U sustav se uvode grupe visokih učilišta prema prioritetima određenim na osnovi ankete o njihovoj spremnosti koja je provedena 2004. godine. Godine 2005. Sveučilište u Zagrebu donijelo je odluku da se sve sastavnice moraju uključiti u ISVU s početkom preddiplomskih studija. Ostala visoka učilišta ulaze u sustav prema vlastitim željama.

Korektivno, perfektivno i adaptivno održavanje sustava obavlja ZPR FER-a, u okviru kojeg se dograđuje sustav potporom za preddiplomske studije (2005. godine), novim modelima plaćanja i ostvarivanja prava na studensku prehranu, diplomske studije (2008. godine), mobilnost studenata (2010. godine) te povezivanje sa sustavom Državne mature (2010. godine).

U kolovozu 2011. godine SRCE u potpunosti preuzima brigu, održavanje i nadogradnju sustava.

Veliki doprinos u izgradnji, organizaciji i vođenju Centra potpore dao je Sveučilišni računski centar, ravnatelj dr. Zoran Bekić te Dubravko Hunjet i Denis Kranjčec – voditelj CP ISVU. Od samog početka projekta u Ministarstvu pruža vrlo kompetentnu administrativnu podršku načelnica Uprave za informatiku Ružica Vučić.

4. Zaključak

Izgradnjom i uvođenjem sustava stvoreni su preduvjeti za ispunjenje očekivanih koristi, navedenih u poglavlju 3.2. Postignuta je standardizacija procesa i dokumentacije u sustavu visokog školstva, studentima je olakšano obavljanje administrativnih poslova vezanih uz studije, djelatnicima visokih učilišta znatno je smanjen udio repetitivnih administrativnih poslova, što im ostavlja vremena za kvalitetnije poslove i kvalitetniju podršku i komunikaciju sa studentima. Podignuta je razina kvalitete i dostupnosti informacija koja će omogućiti donošenje operativnih i strateških odluka na temelju znanja, kako na pojedinim visokim učilištima, tako i na sveučilištima, veleučilištima i u Ministarstvu. Posljedica toga moglo bi biti povećanje kvalitete i efikasnosti studija, poboljšanje odnosa kvalitete studija i uloženih sredstava, bolje obrazovanih završenih studenata, što bi se u konačnici odrazilo i na kvalitetu i konkurentnost ukupnog gospodarstva RH.

Informacijski sustav visokih učilišta uspješno djeluje i razvija se tijekom više od 15 godina pri čemu je jedan od ključnih čimbenika uspješnosti ostvarenje kvalitetnog prijenosa znanja iz razvojnog okruženja u produkciju, uključivanjem budućih djelatnika Centra potpore u procese razvoja.

Literatura

[1] Martin, James: Computer Data-Base Organization, Prentice-Hall, INC., ISBN 0-13-165423-3, Engelwood Clifs, N.J. , 1977

[2] https://en.wikipedia.org/wiki/CODASYL, *Pristupljeno* 2020-02-14

[3] Kalpić, Damir; Anzil, Jasenka; Dumanić, Valdi; Zoković, Hrvoje: Student Administration System, Proceedings of the 15th International Conference on Information Technology Interfaces, Čerić, Vlatko; Hljuz-Dobrić, Vesna; str. 123-128, ISSN 1330-1012, Pula, June 1993, University Computing Centre, University of Zagreb, Croatia, 1993

[4] https://www.carnet.hr/o-carnet-u/kronologija/ *Pristupljeno* 2020-02-14

[5] Kalpić, Damir; Zoković, Hrvoje; Anzil, Jasenka; Pukljak Dubravka: Graphical Interface for the Student Administration System, Proceedings of the 16th International Conference on Information Technology Interfaces, Čerić, Vlatko; Hljuz-Dobrić, Vesna; str. 14-17, ISSN 1330-1012, Pula, June, 1994, University Computing Centre, University of Zagreb, Croatia, 1994

[6] Matijašević, Boris. Baza podataka o nastavnim programima visokih učilišta diplomski rad, Zagreb, Fakultet elektrotehnike i računarstva, 29.09. 1999, Mentor: Baranović, Mirta.

[7] Kranjčec, Denis: Primjena jezika XSL za prikaz nastavnih programa visokih učilišta na Internetu, diplomski rad, Zagreb, Fakultet elektrotehnike i računarstva, 12.07. 2001, Mentor: Baranović, Mirta.

[8] Orel, Ognjen: Programski sustav za definiranje ekranskih formi u programskom jeziku Java, diplomski rad, Zagreb, Fakultet elektrotehnike i računarstva, 27.09. 2001, Mentor: Baranović, Mirta.

[9] Mekterović, Igor. Baza podataka poslijediplomskog studija na visokom učilištu, diplomski rad, Zagreb, Fakultet elektrotehnike i računarstva, 29.09. 1999, Mentor: Baranović, Mirta.

[10] Madunić, Mirjana. Skladište podataka o dodiplomskoj nastavi na visokom učilištu, diplomski rad, Zagreb, Fakultet elektrotehnike i računarstva, 29.09. 1999, Mentor: Baranović, Mirta.

[11] Stanović, Nikša. Sustav za potporu razmjeni studenata temeljen na uslužno usmjerenoj arhitekturi, diplomski rad, Zagreb, Fakultet elektrotehnike i računarstva, 07.07. 2008, Mentor: Baranović, Mirta.

[12] Mekterović, Igor. Standardizirano mrežno sučelje za pristup skladištu podataka, magistarski rad, Zagreb, Fakultet elektrotehnike i računarstva, 30.03. 2004., 93 str. Mentor: Baranović, Mirta

[13] Mačkala, Ladislav. Objektno orijentirani pristup izradi sučelja s bazom podataka, magistarski rad, Zagreb, Fakultet elektrotehnike i računarstva, 2.3. 2004., 125 str. Mentor: Baranović, Mirta

[14] Brkić, Ljiljana. Vremenski promjenjiva pravila u aktivnim bazama podataka, magistarski rad, Zagreb, Fakultet elektrotehnike i računarstva, 28.09. 2004., 91 str. Mentor: Baranović, Mirta

[15] Anzil, Jasenka. Upravljanje pravilima pristupa podacima temeljenim na ulogama u složenim informacijskim sustavima, magistarski rad, Zagreb, Fakultet elektrotehnike i računarstva, 25.11. 2005., 141 str. Mentor: Baranović, Mirta

[16] Orel, Ognjen. Nadzor nad radom korisnika u relacijskim bazama podataka, magistarski rad, Zagreb, Fakultet elektrotehnike i računarstva, 26.11. 2008, 90 str. Mentor: Baranović, Mirta

[17] Zakošek, Slaven. Postupci upravljanja konzistentnošću i raspoloživošću u repliciranim bazama podataka, doktorska disertacija, Zagreb, Fakultet elektrotehnike i računarstva, 02.11. 2004, 172 str. Mentor: Baranović, Mirta

[18] Brkić, Ljiljana. Model nadzora i upravljanja inkrementalnim ažuriranjem skladišta podataka, doktorska disertacija, Zagreb, Fakultet elektrotehnike i računarstva, 12.07. 2011, 162 str. Mentor: Baranović, Mirta

[19] Baranović, Mirta; Zakošek, Slaven; Mačkala, Ladislav. Creating Database-aware Java Classes Based on Extended Data Dictionary and Abstract Classes, World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics Proceedings, Volume XVII, Callaos, Nagib; Long, Steven; Loutfi, Mohamed, str. 283-288, Orlando: IIIS, Orlando, FL, USA, 2001.

[20] Baranović, Mirta: Knowledge-based Decision Making on the University, Workshop on University Management. University of Zagreb, Tuheljske toplice, May 2002.

[21] Baranović, Mirta; Mačkala, Ladislav; Kranjčec, Denis: Migration to Multitier Application Architecture: A Case Study, Proceedings of the 25th International Conference on Information Technology Interfaces, Budin, Leo; Lužar-Stiffler, Vesna; Bekić, Zoran; Hljuz Dobrić, Vesna, str. 39-44, ISBN 9539676967, Cavtat / Dubrovnik, Croatia, June 2003, SRCE, University Computing Centre, University of Zagreb, Zagreb, 2003.

[22] Baranović, Mirta; Madunić, Mirjana; Mekterović, Igor: Data Warehouse as a Part of the Higher Education Information System in Croatia, Proceedings of the 25th International Conference on Information Technology Interfaces, Budin, Leo; Lužar-Stiffler, Vesna; Bekić, Zoran; Hljuz Dobrić, Vesna, str. 121-126 , ISBN 9539676967, Cavtat, June 2003, SRCE, University Computing Centre, University of Zagreb, Zagreb, 2003.

[23] Mekterović, Igor; Baranović, Mirta. Developing a General Purpose OLAP Client Prototype Using XML for Analysis, Proceedings of MIPRO 2005, Baranović, Mirta; Sandri, Roberto; Čišić, Dragan; Hutinski, Željko; str. 101-106, Croatian Society for Information and Communication Technology, Rijeka 2005.

[24] Mekterović, Igor; Brkić, Ljiljana; Baranović, Mirta: Improving the ETL process and maintenance of Higher Education Information System Data Warehouse, *WSEAS transactions on computers*. 8 (2009), 10; str. 1681-1690, ISSN 1109-2750

[25] Mekterović, Igor; Brkić, Ljiljana; Baranović, Mirta: A Generic Procedure for Integration Testing of ETL Procedures, *Automatika : časopis za automatiku, mjerenje, elektroniku, računarstvo i komunikacije*, 52 (2011), 2; str.169-178, ISSN 0005-1144

[26] Baranović, Mirta; Borčić, Marina; Hunjet, Dubravko; Kalafatić, Valdi; Kranjčec, Denis; Mesarić, Josip; Peh, Branko: *Informacijski sustav visokih učilišta,* priručnik*,* Ministarstvo znanosti i tehnologije, ISBN 953-6755-08-4, Zagreb, 2003

[27] Baranović, Mirta; Zakošek, Slaven; Brkić, Ljiljana: The Model of Multilingual Student Administration System, The International Workshop on Global Data Modeling in the New Millennium, str. 24-34, Yokohama, 2001.

[28] Zakon o visokim učilištima, Narodne novine 96/1993, 25.10.1993.

[29] Zakon o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju, Narodne novine, br. 123/2003, 31.7.2003.

[30] Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju, Narodne novine br. 105/2004, 21.7.2004.

[31] Dopunska isprava o studiju – Upute, pravila i ogledni primjeri, Ministarstvo znanosti obrazovanja i športa RH, Zagreb, srpanj 2008, ISBN : 978-953-6569-53-3

[32] Anzil, Jasenka; Baranović, Mirta; Brkić, Ljiljana; Domazet-Lošo, Mirjana; Jagušt, Tomislav; Jurinčić, Ana; Kalafatić, Valdi; Krajcar, Slavko; Kranjčec, Denis; Kremenjaš, Davorin; Križanović, Krešimir; Lišnjić, Dino; Ljubešić, Marija; Mačkala, Ladislav; Matijašević, Boris; Mekterović, Igor; Orel, Ognjen; Pukljak Zoković, Dubravka; Rončević, Hrvoje; Rovan, Lidia; Rubinić, Gorana; Stanović, Nikša; Zakošek, Slaven; Zoković, Hrvoje; Žganec, Tomislav. ISVU – Informacijski sustav visokih učilišta, programski paket, FER, Zagreb, 2000.-2011.

Tehnološki razvoj etiketa, papirne i kartonske ambalaže u Hrvatskoj uključujući ekološki aspekt

Prof. dr. sc. **Zdenka Bolanča**, redoviti član HATZ-a,
Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, zbolanca@gmail.com

Prof. dr. sc. **Marin Milković**, redoviti član HATZ-a
Sveučilište Sjever, marin.milkovic@unin.hr

Izv. prof. dr. sc. **Ivana Bolanča Mirković**, član suradnik HATZ-a,
Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, ivana.bolanca@grf.hr

dr. sc. **Goran Medek**,
Lana Karlovačka tiskara, goran.medek@lana.hr

Sažetak: *U članku je prikazan razvoj tehničke i industrijske baštine u domeni etiketa, papirne i kartonske ambalaže u Hrvatskoj u razdoblju od 19. do 21. stoljeća. Tisak na ambalaži prvo se pojavio u obliku etiketa. Date su karakteristike etiketa u odnosu na grafičko oblikovanje, kvalitetu proizvodnje, predstavljanje svog vremena i komunikaciju u odnosu na međunarodne trendove. Osim toga prikazuje se razvoj papirne i kartonske ambalaže uključujući obrt, a zatim industrijsku proizvodnju. Opisan je razvoj grafičkog oblikovanja i tehnologije procesa proizvodnje ambalaže od valovitog kartona, kao i visokokvalitetne proizvode za farmaceutsku i prehrambenu industriju, koji zahtijevaju nove tehnologije i iskorake u proizvodnji, te papirne ambalaže. Posebno se diskutira ekološki aspekt i primjena održivog razvoja u industrijskoj proizvodnji ambalaže u Hrvatskoj.*

Ključne riječi: *tehnološki razvoj, baština,etikete, ambalaža,ekologija*

1. Uvod

U današnjem potrošačkom društvu ambalaža igra veliku ulogu kroz: svoju osnovnu funkciju zaštite proizvoda, kao medij koji nosi na sebi različite informacije, ponekad ima zaštitu od krivotvorenja, može poslužiti kao poticajni element ekološke poruke i na kraju postaje otpad kojeg treba ekološki zbrinuti.

Napretkom znanosti nastaju nove proizvodne tehnologije, usavršavaju se procesi, kako bi se zadovoljilo zahtjevno tržište. Kvalitetna i atraktivna ambalaža nužna je svakom proizvodu za uspjeh na tržištu. Dakle, osim kvalitete i praktičnosti ambalaže koja štiti proizvod, potrebna su dizajnerska rješenja koja jamče dobar prijem na tržištu. Individualan pristup klijentu i udovoljavanje specifičnim zahtjevima, put su do uspješnog poslovanja. U prodaji proizvoda, osim navedenog bitna je reklama, a njezinom razvoju je pogodovalo masovno potrošačko društvo.

Ambalaža obuhvaća gotovo 50% svih tiskanih proizvoda. Proizvodnja ambalaže u Hrvatskoj prati svjetske trendove. Proizvođači ambalaže u Hrvatskoj izvozom su prošle godine ostvarili dobit od 1,8 milijardi kuna [1]. Prema istom izvoru proizvođači etiketa u razdoblju od 2014. do 2019. ostvarili rast proizvodnje od 4,8 %.

U ovom članku se opisuju etikete i ambalaža kao svjedok vremena, na razvojnom putu kroz povijest u kontekstu baštine, od obrta do industrijske proizvodnje na prostorima Hrvatske.

2. Grafičko oblikovanje i proizvodnja etiketa kroz povijest

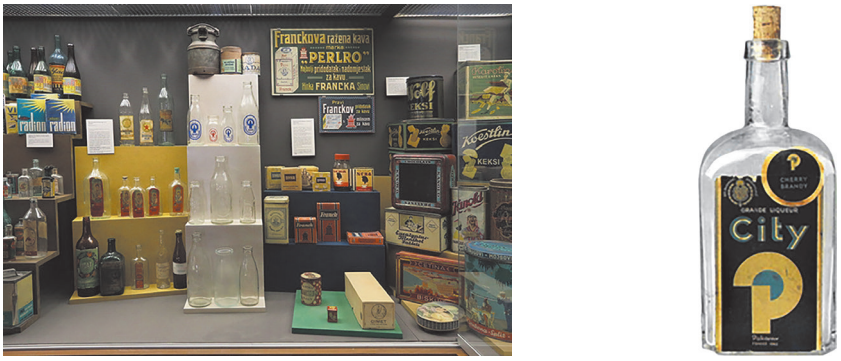
Ambalaža kroz povijest bila je prilagođena civilizacijskom i tehnološkom stupnju razvoja. Tisak na ambalaži prvo se pojavio u obliku etiketa. Tvrtka Rožankowski i Drug osnovana je 1898 godine. U prvih 15 godina selila se na različite lokacije, a od 1913 bila je u Savskoj cesti 27 u Zagrebu. Povodom petnaeste godišnjice postojanja izdana je publikacija; V. Rožankowski i Drug: litografski zavod, knjigo i kameno tiskara,tvornica etiketa 1898-1913, Zagreb,1913 [2,3]. U publikaciji su prikazani u obliku medaljona dijelovi pogona i neki strojevi: stroj za brušenje kamena, stroj za bronziranje, atelijer za litografiranje i dekoriranje, prostorija za lakiranje i gumiranje, odjel za brzotisak, poslovnica i tvorničke zgrade na različitim lokacijama.



Sl. 1. Etiketa izrađena tehnikom litografije u kromo-litografskoj tvornici Rožankovski i Drug u razdoblju između 1910.-1920. godine. Izložena je u MUO, Zagreb [2]

U povijesti tiskarstva tvrtka Rožankowski i Drug značajna je zbog izrade vrsnih litografskih proizvoda, plakata, zemljovida, vrijednosnih papira i prva je tiskala etikete za ambalažu na ovim prostorima [Sl]. Proizvodi su bili visoke kvalitete, pa su na svjetskim izložbama dobivali međunarodna priznanja.

Baština i povijesni kontekst etiketa i ambalaže, gdje one nastupaju kao svjedoci vremena, može se doživjeti razgledavajući Zbirku stare ambalaže, donaciju dr. Ante Rodina, koja je stalna postava Muzeja grada Zagreba od 2002 (Sl. 2a) [4]. Zbirka sadrži 2000 eksponata povezanih sa Zagrebom. Ti izlošci pratili su i svjedok su gospodarskih, civilizacijskih i političkih promjena kroz povijest na ovim prostorima [5,6].



a) b)

Sl. 2. a) Dio zbirke stare ambalaže dr. Ante Rodina: donacija gradu Zagrebu [4], **b)** Prva moderna etiketa i logotip, 1935 godina [4,7]

Po brojnosti izložaka zapažaju se boce za alkoholna i bezalkoholna pića zagrebačkih tvornica: Arko, Pokorny i Patria s dobro dizajniranim etiketama, zatim bočice za farmaceutske i kozmetičke proizvode. Poznati grafički dizajneri tog vremena su Pavao Gavranić (1905-1973) i Sergije Glumac (1903-1964) [6]. Za Gavranića se s velikom sigurnošću može reći da je grafički oblikovao prvu modernu etiketu i logotip boce za rum, ali i neke druge proizvode tvornice Pokorny Sl 2b [8]. Te etikete se ističu kolorističkom interpretacijom, prepoznatljivim logotipom i porukom, zastupajući tako osnovne postavke grafičkog kreiranja proizvoda [9].

Ambalaža dobro oblikovana uz likovnost majstora dizajna, omogućava praćenje industrijske i potrošačke revolucije između dva svjetska rata, te je dokaz gospodarskog i društvenog napretka, razvoja grafičkog oblikovanja, karakteristika materijala i tehnologije izrade proizvoda [9]. Poslije drugog svjetskog rata dizajn zaostaje, što zapravo oslikava gospodarske mogućnosti. U tom razdoblju ambalaža je siromašnija u odnosu na kreaciju samog proizvoda i korištene materijale. Ima slučajeva da se ambalaža sekundarno koristi za drugi proizvod, a otisne se samo nova etiketa, npr. laštilo za podove puni se u boce od piva [10].

Početkom pedesetih godina skupina umjetnika stvara eksperimentalni atelijer Exat 51 i to razdoblje karakteristično je po dobrom dizajnu. Sredinom pedesetih uvodi se tehnika sitotiska.

Trend kvalitetnijeg grafičkog dizajna odnosno oblikovanja ambalaže dalje se nastavlja [11]. U Zagrebu 1963 godine se otvara Centar za industrijsko oblikovanje.

Tih godina javlja se plejada dizajnera, koji osmišljavaju vizualne identitete i kreiraju ambalažu za velike prehrambene, farmaceutske i druge tvrtke. Milan Vulpe (1918-1990), začetnik modernog grafičkog dizajna, kreira proizvode koji su u skladu s tada aktualnim svjetskim principima modernog tržišnog komuniciranja [12]. U razdoblju od 1956. do 1977. grafički oblikuje etikete za ambalažu (slika 3a), reklame i ostali propagandni materijal. Godine 1965. dobiva Jugoslavenskog Oskara za ambalažu (proizvodi Tvornice olovaka Zagreb)[13].



a) b) c)

Sl. 3. a) M. Vulpe- Vitanon tonik Pliva – 1956. godina [14], **b)** Z. Beker, etikete za oranžadu, 1966. [14,15], **c)** Z. Beker – etiketa za Agram bijelo pivo, Zagrebačka pivovara, Zagreb 1981.-1989. [14,15]

Zvonko Beker (1927-2017) dobio je Jugoslavenski Oskar za ambalažu-(Segesticin vinjak Rosaque) [16]. Šezdesetih godina radi reklamnu kampanju za Belišće, u kojoj informira o novoj industriji ambalaže [17,18]. Dušan Bekar (1931-2019). prepoznatljiv je po mnogim vizualnim identitetima, ambalaži i plakatima. Za svoj rad primio je Jugoslavenskog Oskara za ambalažu 1965.,1966. i 1973. godine [19]. Crno-bijeli spiralni motiv na Sl.4 predstavlja pokrenuti bubanj perilice rublja [20].



Sl. 4. D. Bekar – CIN detergent za pranje rublja, vizual s ambalaže, Saponia, 1970. [20]



a)



b)



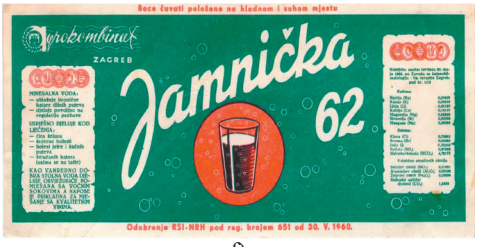
c)



d)



e)



f)



g)



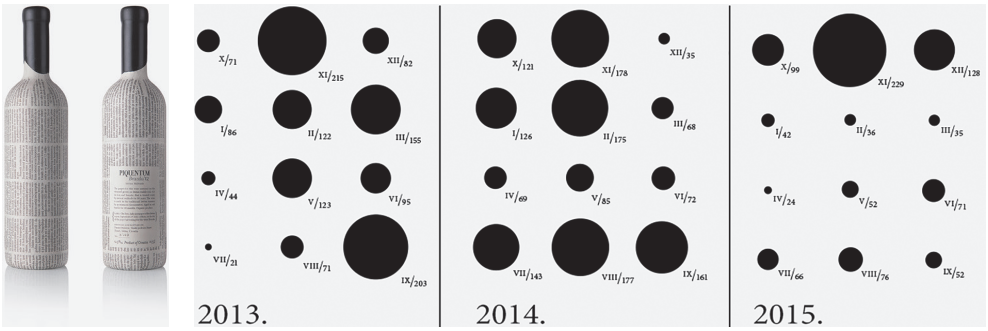
h)

Sl. 5. Etikete Jamnice, **a)** Originalna etiketa iz 1870, **b)** retro etiketa u povodu 190 godina proizvodnje po uzoru na etiketu iz 1870., **c)** originalna etiketa iz 1945., **d)** originalna etiketa iz 1953., **e)** retro etiketa načinjena za 190-tu godišnjicu proizvodnje, inspirirana etiketom iz 1938., **f)** originalna etiketa 62, **g)** retro etiketa u povodu 190 godina proizvodnje inspirirana etiketom 62, **h)** suvremena etiketa Jamnica, proizvodnja Grafičar grupa, Ludbreg [21].

Povodom 190 –te godišnjice komercijalne proizvodnje Jamnice na tržište je 2018 godine plasirano šest stilski različitih retro etiketa edicije inspirirane originalima iz daleke povijesti [21].

Teško se pronalaze povijesni izvori u promatranoj domeni , te su i s tog razloga etikete Jamnice značajni dio povijesne baštine, svjedoci vremena, odraz tehnološkog i gospodarskog razvoja, kao i političkih prilika u rasponu od 190 godina. Kvaliteta grafičkog dizajna i same proizvodnje etiketa i u ovom slučaju podliježe već prije prikazanom trendu kvalitete oblikovanja i proizvodnje kroz vrijeme. Prema mišljenju K. Vlajo etiketa Jamnice iz šezdesetih je modernistička u odnosu na druge poslijeratne, prepoznatljivih je elemenata kreacije i ide u korak s međunarodnim trendovima zapada [22].

Grafički dizajneri početkom 21. stoljeća polako odbacuju stare metode rada i posvećuju se inovacijama i dizajnu za ekološku održivost. U pronalaženju kreativnih rješenja oslonac im pruža razvoj računalnih tehnologija, ali i konvencionalnog i digitalnog tiska.



Sl. 6. Fotografije Studija Sonda etiketa Piquentum, **a)** Piquentum Brazda, **b)** Piquentum St. Vital 2013, 2014 i 2015 [23, 24]

Odličan dizajn i tisak serije etiketa za Piquentium proizvode postigli su Studio Sonda i Etikgraf [23, 24]. Jedinstveni komunikacijski dizajn etikete Piquentum Brazda kroz koji "govori priroda" dobio je nagradu na najvećem svjetskom natjecanju u kreativnosti 2014 godine. Veći dio ambalaže čine novine Glas Istre, otisnute na dan berbe uz etiketu koju je izradio Etikgraf (Sl 6a). Studio Sonda dizajnirao je također etikete za kolekciju Piquentium St. Vital. Grafički elementi su posve jednostavni, svedeni na krugove, a prikazana je količina oborina na području vinograda za svaki mjesec (Sl 6b). Etikete komuniciraju poruku o vremenu, prostoru, ekoproizvodnji i uvjetima okoliša. Ovakva etiketa zahtjevala je inovativni tehnički razvoj, a to je nagrađeno zlatom na Fedrigoni Award 2017. Etikete iz te edicije osvojile su 11 domaćih i međunarodnih priznanja [23, 24].

Bruketa i Žinić potpisuju etikete za brend Stina, sjajno dizajnirane. U dizajnu etiketa ogleda se jednostavnost, lokalnost, specifičnost krajolika i povezanost s prirodom. Godine 2012 kreiraju etikete Stina- vina za inspiraciju, bijele poput bijelog bračkog kamena, prazne koje pozivaju na inspiraciju i kreativnost, što ih čini originalnim [25]. Nekoliko godina kasnije, 2016. godine, Bruketa i Žinić OM i dizajner N. Vukša kreira vjerojatno najmanju vinsku etiketu, veličine poštanske marke," etiketu skromnog čovijeka" sa sloganom "Škrta zemlja, bogat duh" [26]. Spomenute etikete dobile su mnogobrojne domaće i značajne međunarodne nagrade.

3. Tehnološki razvoj proizvodnje papirne i kartonske ambalaže

Obiteljski obrt za izradu ambalaže otvara D. Hudetz u Osijeku davne 1862 godine. To je prva takova proizvodnja na ovim prostorima. Krajem 19. stoljeća obrt se seli u Slavonski Brod, a početkom 20. stoljeća u Zagreb. Kartonaža-obiteljski obrt, postoji i danas i tu se ručno izrađuju: ukrasne kutije, reprezentativne mape, tuljci za diplome i drugo Sl.7 [27].

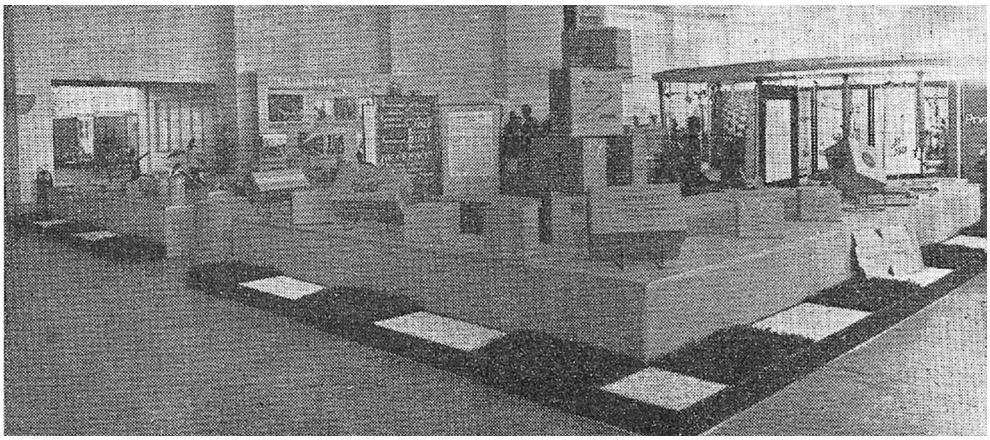


a) b)

Sl. 7. Najstariji obrt u Hrvatskoj za izradu ambalaže Hudetz a) ambalaža se ručno izrađuje i danas, **b)** detalj proizvodnog prostora [27]

Nešto kasnije, 1928. godine u Zagrebu u Kromolitskoj tvornici V. Rožankowski i drug, prvi put u Hrvatskoj se proiznodi valoviti karton [28]. U početku proizvodnja je bila vrlo mala, jer se ambalaža od valovitog kartona malo upotrebljavala. Tvrtka Rožankowski, poslije Štamparski zavod Ognjen Prica prebacuje stroj za proizvodnju valovitog kartona u Grafičko prerađivačko poduzeće papirne ambalaže i konfekcije Ivica Lovinčić u Zagrebu. Na tom stroju se radilo do 1960. godine, kada je Ivica Lovinčić pustio u pogon novi suvremeniji stroj većeg kapaciteta (tvrtka utemeljena 1948) [28]. Model pakiranja sljedbenik su tvrtke Ivica Lovinčić, a u sastavu Model grupe su od 2001 godine. Godine 1961 Kombinat Belišće iz Belišća pušta u pogon još suvremeniji stroj, većeg kapaciteta (tvrtku utemeljio S. M. Gutmann 1884. godine).

Šezdesete godine postaju karakteristične na ovim prostorima po povećanju proizvodnje valovitog kartona, ali i njegove upotrebe. Jedan od pokazatelja tog trenda je i činjenica, da su Kombinat Belišće, Grafičko prerađivačko poduzeće papirne ambalaže i konfekcije Ivica Lovinčić i Grafičko prerađivačko preduzeće Avala iz Beograda organizirali Izložbu ambalaže od valovitog kartona na Proljetnom Zagrebačkom Velesajmu 1962. godine, Sl 6 [28].



Sl. 8. Izložba ambalaže od valovitog kartona na Proljetnom Zagrebačkom Velesajmu 1962 .godine [28]

Čimbenici koji su utjecali na porast proizvodnje i upotrebe ambalaže od valovitog kartona u šezdesetim godinama su: napredak znanosti i tehnike, industrijski i privredni razvoj, društvena zbivanja i promjene, svojstva ambalaže u odnosu na druge materijale, ekonomičnost pakiranja i zahtjevi transporta.

Godine 1965. u Kombinatu Belišće počinje proizvodnja spiralne ambalaže [29]. Daljni tehnološki razvoj i rekonstrukcije bile su: 1961., 1971. i 1983. godine, kada su podignuti i novi kapaciteti. Do 1991. godine uspješno se poslovalo i izvozilo na zahtjevna svjetska tržišta. Pretvorbom 1992 Kombinat Belišće postaje Belišće d. d.[30]. Belišće d.d. kupuje tvrtke koje sakupljaju stari papir i tvrtke koje kupuju ambalažni papir: 1995. Uniju papir, Zagreb, 2002. Valkarton d.d. Logatec i Komunu AD Skopje, 2004. Bilokalnik-IPA Koprivnica i 2005. Inos papir servis. Beograd. Sustavnim akvizicijama prerasta u regionalnu kompaniju. Svoje proizvode izvozi u 22 zemalja svijeta, pa je za izvoz i kvalitetu proizvoda dobila mnoga priznanja. Godine 2012 sve dionice Belišća d. d. je otkupila tvrtka Duropack GmbH Austia, pa djeluje pod imenom Duropack.Belišće d.o.o. Tvrtka je tako poslovala do 2015., a onda je kompanija DS Smith kupila Durapack grupaciju, pa sada posluje kao DS Smith Belišće d.o.o.

Godine 2012 je zatvorena tvornica za preradu drveta, a proizvodnja se usmjerava na reciklažu starog papira i korištenje sekundarne sirovine u daljnjem procesu.



02-09a.psd



02-09b.psd

Sl. 9. a) Kombinat Belišće, dio proizvodnje papira i ambalaže, 1975.[31], **b)** Belišće d.d. 2009. godine [32]

Time se postiže zatvaranje kružnog toka proizvodnje, poštujući premisu „od kolijevke do kolijevke“ što je jedna od bitnih postavki održivog razvoja. S ekološkog aspekta značajno je da se reciklažom papira smanjuje onečišćenje voda za 33%, onečišćenje zraka za 74% (čestice 28%), krutog otpada za 54%, emisija ugljičnog dioksida za 20%-50%, a utrošak energije manji je za 27%.

Grad Karlovac ima gotovo 190 godina staru tradiciju tiskarstva. Između dva svjetska rata najveća i najbolje opremljena bila je Dionička štamparija, osnovana 1921. godine [33]. Dionička štamparija tada surađuje s pretečom farmaceutske industrije. Ta tiskara 1939. mijenja ime u Karlovačka tiskara i bit će to jezgra iz koje će nastati Štamparski zavod Ognjen Prica 1946., podružnica zagrebačke tiskare istog imena [34]. Bila je to mala tiskara, sa zanatskom proizvodnjom. Tvrtka se 1950 godine odvojila od zagrebačke tiskare. Ognjen Prica postepeno dobiva obilježja industrijskog poduzeća. Poslovni kontakti su obnovljeni s Plivom (proizvodi iz tog razdoblja slika 8a). Početkom šezdesetih zaposleni su prvi stručnjaci, nabavljen je prvi ofsetni stroj, dok se priprema tiska obavljala u Zagrebu (proizvod iz tog razdoblja sl.8b). Godine 1969 Ognjen Prica i Pliva sklapaju Ugovor o poslovno –tehničkoj suradnji, a uspješna suradnja traje i danas.



a)



b)



c)

Sl. 10. a) Ambalaža za Plivit C, Pliva proizvedeno oko 1955 [35], **b)** Ambalaža za Plivit C, Pliva proizvedeno oko 1960 [36], **c)** Suvremena ambalaža za Plivit C, Pliva [37]

Sedamdesete godine su bile godine intenzivnog razvoja i napretka, nabavljeni su novi ofsetni strojevi i rezači stroj, fotoslog, stroj za tisak iz role, stroj za lijepljenje kutija, stroj za štampanje etiketa i drugo. Godine 1995. pretvorbom i privatizacijom Ognjen Prica postaje Lana Karlovačka tiskara d.d. Ključna odluka je bila povlačenje iz knjigoveškog proizvodnog programa i fokusiranje na usavršavanje proizvodnog procesa izrade kutija za farmaceutsku industriju (sada jedan od vodećih proizvođača u regiji), uputa za uzimanje lijekova (sada jedan od vodećih svjetskih proizvođača) i manji naglasak na ambalažu za prehrambenu industriju. Od tada do danas ulagalo se u opremu, objekte, djelatnike i znanje. Godine 2018 pokrenuta je proizvodnja u novom proizvodnom prostoru, koji je opremljen zadnjom generacijom tiskarskih strojeva i strojeva grafičke dorade (proizvod Sl 7c). Među prvima uvodi:ISO 9001:2015, ISO:14001:2015, FSC-C153559, SGS-COC-011786, posluje u skladu GMP i FDA. Godine 2010. dobila je od Ministarstva okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, znak zaštite okoliša „Prijatelj okoliša“ za proizvod VIP kutija. Taj znak dobrovoljni je instrument zaštite okoliša, kojim se označuju proizvodi, koji u usporedbi sa sličnim proizvodima se odlikuju manje negativnim utjecajem na okoliš u cjelokupnom **životnom ciklusu** To je dio međunarodne politike održive proizvodnje i potrošnje proizvoda manje štetnih za okoliš, s ciljem poticanja razvoja novih tehnologija, smanjenja onečišćenja okoliša i količine otpada, kao i racionalnog gospodarenja sirovinama i energijom.

Poduzeće Tiskara Ludbreg osnovano je1953. godine, a sljedbenik je tiskare koju je otvorio Đuro Loborec iz Koprivnice još prije drugog svjetskog rata. Godine 1946 godine dolazi do promjene vlasničke strukture, a 1948 tiskara je nacionalizirana. Od tada pa do 1954. radi u sklopu poduzeća Naprijed, Podravec i Bednja Ludbreg [38].

Tiskara sedamdesetih godina dvadesetog stoljeća nabavlja novu tehnologiju, uvodi nove tehnike tiska i bitno proširuje proizvodni program. Pretvorba i privatizacija provedena je 1992.-1994. godine. Tvrtka Grafičar d.o.o. 2006. godine je vlasnički preuzela Koprivničku tiskarnicu d.o.o., 2009. akvizicijom preuzela tvrtku za proizvodnju papirnih vrećica u Borovljanima, a 2012. kupljeno je Znanje d.o.o. iz Zagreba. Sada posluju kao Grafičar Grupa [39]. Suvremeno su opremljeni (od pripreme, preko tiska i dorade), usmjereni su prema trajnom unapređenju sustava upravljanja kvalitetom i okolišem (ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, FSC certifikatom). primjenjuju suvremena tehnološka rješenja, pa i neke mjere zaštite od krivotvorenja na svojim proizvodima

Proizvodni program uključuje: papirnu i kartonsku ambalažu (metalizirani karton, kaširani karton), papirnate etikete, fleksibilne etikete iz role, vrećice, tiskanje i izdavanje knjiga (Sl. 5h),. Obzirom da proizvode ambalažu za farmaceutsku i prehrambenu industriju, materijali i proizvodnja je u skladu s visokim kriterijima koje propisuju zakoni i uredbe EU za tu vrstu proizvoda.

Istragrafika osnovana je 1956. godine u krugu Tvornice duhana Rovinj radi proizvodnje kutijica za cigarete. Ta tvrtka se iz grafičkog pogona Tvornice duhana kao okosnice, razvija i proširuje poslovanje, te proizvodi visokokvalitetnu komercijalnu kartonsku i kaširanu ambalažu osim za duhansku, još i za prehrambenu, kemijsku, kozmetičku, kanditorsku i farmaceutsku industriju, te specijalnu ambalažu za industriju kristala. Postala je lider u zadovoljavanju kompleksnih zahtjeva povećanja kvalitete, što postiže kontinuiranim ulaganjem u znanje, tehnologiju i organizaciju. Osim toga poseban naglasak stavlja na osebujni, inovativni, prepoznatljiv dizajn i razvoj dizajna na našim prostorima [40]. Činjenicu da je kvaliteta dizajna prepoznata u svjetskim razmjerima, potvrđuju priznanja na međunarodnim izložbama. Za potpuni uspjeh proizvoda koristi napredne tehnološke procese uz ekološko održive uvjete. Posebnost joj je izrada ambalaže s taktilnim efektom, a koristi se za premium ambalažu [41].Nakon 50 godina od osnutka Istragrafika d.d. koja djeluje u sastavu Adris Grupe seli na novu lokaciju u Kanfanar.. Istragrafika je na novoj lokaciji instalirala: CTP pripremu, najmodernije linije za šestobojni ofsetni tisak i lakiranje, strojeve s automatskim štancanjem, raskisdanjem i optrgavanjem, linije za nanos toplotne folije, preganje, kaširanje, najmoderniju ljepilicu i drugo[42]. U razdoblju od 2016 -2018 Istragrafika d.o.o. djeluje u sastavu BAT Grupe i svrstava se u jednu od vodećih tvrtki iz ambalažne industrije u regiji i nastoji širiti poslovanja na EU tržištu. Od početka 2019. godine u sastavu je A&R Carton Austrija, a AR Packaging Grupa jedna od vodećih grupacija u tom sektoru u Evropi će u potpunosti konsolidirati kompaniju [43].



a)



b)

Sl. 11. a) Pogon Istragrafike d.o.o.[40], **b)** Istragrafika osvojila CroPakovu nagradu za seriju Kraš 1911, dizajn V. Vranić [44]

Istragrafika u domeni hrvatske grafičke industrije među prvima uvodi: norme: ISO 9001(uvela prva), ISO 14001, certifikat FSC, HACCP i standard BRC [42]. Kvalitetu proizvoda Istragrafike potvrđuju u više navrata osvojene nagrade za najbolju ambalažu na hrvatskom tržištu u kategoriji Tehničke izvedbe CROPAK (Sl 7b) i svjetsko priznanje WORLDSTAR.

Osim toga 2011.godine dobila je od Ministarstva okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, znak zaštite okoliša“Prijatelj okoliša“, za svoje proizvode „Kutija Mladina“ i „Kutija Solana Pag“.

Jaškapack d.o.o. je u Hrvatskoj jedina tvornica valovitog kartona i ambalaže u domaćem vlasništvu. Utemeljena je 1989. godine. Pogon za proizvodnju kartona sastoji se od kompjuterizirane linije za proizvodnju valovitog kartona C, B, E, F, G vala (dvoslojni, troslojni, četveroslojni, petoslojni, sedmeroslojni valoviti karton), baziran na najmodernijoj tehnologiji [45].



a) b) c)

Sl. 12. Proizvodi tvrtke Jaškapack, **a)** ambalaža od sedmeroslojnog valovitog kartona, **b)** vodonepropusna kartonska ambalaža, **c)** Kartonska ambalaža-direktni ofsetni tisak na E,F,G mikroval [45]

U pogonu za izradu ambalaže iz valovitog kartona koristi se tehnički najsuvremenija linija. JAKŠAPACK d.o.o.je jedini proizvođač u regiji, ambalaže od sedmoslojnog valovitog kartona, kao i vodonepropusne ambalaže[45] Treba napomenuti da su sami razvili tehnologiju za izradu vodonepropusnih kutija. Tvrtka koristi ofsetni stroj za direktni tisak na E,F,G mikroval, kao i peteroslojni mikroval,te tako ostvaruje dobit u odnosu na korištenje kromo kartona s G valom i veću čvrstoću proizvoda. Mogućnost takove proizvodnje ima samo nekoliko tvornica u Evropi [45]. Od 2019. godine proizvode novu lijevanu ambalažu od 100% recikliranog materijala. Tvrtka je certificirana koristeći sustav upravljanja kvalitetom prema ISO 9001.

Greenfield investira u Hrvatskoj izgradnjom tvornice valovitog kartona i ambalaže u Zaboku, koja je puštena u rad 2004. godine. Dunapack Packaging, Valoviti papir Dunapack d.o.o. proizvodi dvoslojni, troslojni peteroslojni valoviti karton s tipom valova C,B, E,F, te štancanu ambalažu otisnutu petobojnim flekso tiskom i transportne kutije tipa American otisnute četverobojnim flekso tiskom [46]. Tvrtka je certificirana prema slijedećim normama: ISO 9001, FSSC 22000 i FSC.STD-CoC. Godine 2017. dobitnik je “Zlatne kune”, a 2008. dobitnik je prestižnog priznanja CEP Poslodavac Partner za upravljanje ljudskim resursima.

Tvrtka C pakiranje d.o.o. Sveta Helena je 2009. godine otvorila regionalni centar i proizvodni pogon za izradu papirnatih vrećica, prvi takove vrste. Posluju u skladu s glavnim postavkama održivog razvoja: štede energiju, odgovorno se ponašaju prema kvaliteti radnog prostora (investicija u strojeve najnovije generacije s manjom potrošnjom energije i manjom razinom buke), boljom eko bilancom proizvoda uz optimalnu kvalitetu i odgovorno gospodare s utroškom neobnovljivih izvora sirovina i energije. Odlikuje se proizvodnjom biorazgradivih proizvoda. Odluka EU parlamenta o smanjenju plastičnih vrećica za jednokratnu upotrebu, osnovna je značajka njihove proizvodne i ekološke usmjerenosti. Tvrtka djeluje u skladu sa standardima: ISO 9001:2015, ISO14001:2015 i certifikatima FSC, PEFC, Umwelt Zertifikat Grüner Punkt i Save Food [47]. C pakiranje je krajnji primatelj financijskog instrumenta ESIF sufinanciranja iz EU fonda za regionalni razvoj. Dobitnici su nagrada na Cropaku u klasi Eco ambalaže, 2012 i 2014, te nagradu u klasi Tehničke izvedbe proizvoda 2018. godine.

4. Zaključak

Iz ovog prikaza proizlazi da je ambalaža svjedok vremena, prati industrijski i gospodarski razvoj, društvena zbivanja i zahtjevne uvjete potrošača i tržišta. U međuratnom razdoblju može biti konkurentna na svjetskoj razini, da bi nakon Drugog svjetskog rata se smanjila njezina kvaliteta uzrokovana općom neimaštinom. U šezdesetim godinama dvadesetog stoljeća čini iskorak prema međunarodnim trendovima toga vremena. Karakteristika suvremene ambalaže prepoznatljiva je po izazovima u osmišljavanju i kreaciji proizvoda, primjeni materijala i tehnološkim procesima proizvodnje .Ambalažna industrija u Hrvatskoj je dobro razvijena, koristi kvalitetnu i modernu tehnologiju, međutim tehnologija i materijali su u najvećoj mjeri uvezeni. U proizvodnju su implementirani standardi: sustav upravljanja kvalitetom i sustav upravljanja okolišem, dok tvrtke lideri usvojili su postavke održivog razvoja. Ambalaža postaje sve softiciraniji i složeniji proizvod, a da bi se to postiglo mora se koristiti maksimum koji tehnologija može dati. Kartonska ambalaža proizvedena u Hrvatskoj može udovoljiti najzahtjevnijim regionalnim i svjetskim tržištima, što dokazuje izvoz i dobivena prestižna svjetska priznanja.

Literatura

[1] Divić, J. Uvodno predavanje, Konferencija Ambalaža i etikete, 05-06. 11. 2019. Zagreb, *Dostupno na:* http://www.agrobiz.hr/izvoz-hrvatskih-proizvodaca-ambalaze-dosegao-1-8milijarda-kuna-1353 *Pristupljeno:* 2020.01.09

[2] V. Rožanowski i Drug, litografički zavod, knjigo i kameno tiskara, tvornica etiketa 1898-1913, Zagreb, 1913, ISBN978-953-6499-28-1

[3] Tvornice Trešnjevke-pokušaj kronološkog pregleda, *Dostupno na:* http://www.mapiranjetresnjevke.com/kvartovi/gredice/tvornice-tresnjevke-kronologija. *Pristupljeno:* 2020.01.09

[4] Rodin, A.: Zbirka stare ambalaže-donacija gradu Zagrebu, Muzej grada Zagreba, stalni postav, *Dostupno na* http://www.mgz.hr/hr/postav/ante_radin *Pristupljeno:* 2020.01.09

[5] Mašić, B.: Ambalaža-zrcalo napretka, *Komunalni vjesnik*, **XVII,** (2002), 255,12

[6] Mihalić, V.: Privatne zbirke donirane gradu Zagrebu i njihova uloga u kulturnom razvoju grada, *Muzeologija,* **45,** (2002), 124-127**,** ISNN 035-7552

[7] Premel, N.: Zbirka stare ambalaže dr. Ante Rodin: donacija gradu Zagrebu, *Informatica museologica,* **33**.(2002) 1-2., 85-87, ISSN 0350-2325

[8] Premel, N., Rukavina V. & Mašić, B.: Zbirka stare ambalaže dr. Ante Rodin: donacija gradu Zagrebu, Muzej grada Zagreba, Zagreb, 2002

[9] Brežanski, I.: Zaboravljeno vrijeme, *Vijenac,* **X,** (2002), 222,40-43, ISNN 1330-2787

[10] Sinković, N.: Grafički dizajn- Kratka povijest grafičkog dizajna, *Dostupno na:* http://www.mgz.hr/hr/postav/ante_radin *Pristupljeno:* 2020.01.09

[11] Galjev, J.: Dizajn pedesetih u Hrvatskoj: Od utopije do stvarnosti, Horetzky, Zagreb, 2004, ISBN 953-96351-9-5

[12] Putar, R. Kritike, studije i zapisi, *Dostupno na;* http://www.ipu.hr/radoslav-putar-kritike-studije-i-zapisi *Pristupljeno:* 2020.01.10.

[13] Rovina, A. Milan Vuple-Timelinehrvatskog dizajna, *Dostupno na:* http://www.timelinehrvatskog-dizajna.com/1918/03 *Pristupljeno:* 2020.01.10.

[14] Rodin, A.: Zbirka stare ambalaže, Katalog Muzeja grada Zagreba, *Dostupno na:* http://www.rodin.mgz.hr/Zbirka/ljekarnički%20proizvodi/Pliva%20d20d%Zagreb/20farmaceutskih %20/kemijskih, *Pristupljeno:* 2020.01.010.

[15] Bruketa, D., Lazanja, B., Golob, M., Vlajo, K.: Zvonko Beker, Poslijeratna ekonomska propaganda, *Dostupno na:* http://www.dizajn.hr/fragmenti-dizajnerske-povijesti-dokumenti-vol.1/5-fragmenti 5-3 *Pristupljeno:* 2020.01.11..

[16] Krištofić, B. Skriveni dizajn Zvonka Bekera, *Dostupno nahttp://www.dizajn.hr. Pristupljeno:* 2020.01.11.

[17] Sudar, J.: Ekonomska propaganda u teoriji i praksi, Informator, Zagreb, 1958

[18] Golob, M., Vlajo, K.: Sredstva ekonomske propagande, *Dostupno na:* http://www.kulturpunkt.hr/content/sredstva_ekonomskepropagande?quicktable_izdvojenoikomentari=0 *Pristupljeno:* 2020.01.11.

[19] Hrabar Oremović, A.: Dušan Bekar-Dizajner iz sjene, HDD galerija, Zagreb, 2018.

[20] HDD: In memoriam: Dušan Bekar (1931-2019), *Dostupno na: http://www.*dizajn.hr/blog/memoriam-dusan-bekar-1931-2019. *Pristupljeno:* 2020.01.14.

[21] Seki Z.: Prošećite kroz povijest uz pomoć ovih šest genijalnih retro etiketa *Dostupno na:* http://www.fashion.hr/lifestyle7gastro/retro-etikete-jamnica-134040.aspx. *Pristupljeno:* 2020.01.14.

[22] Vlajo , K.: Jamničine retro etikete dobar su doprinos upoznavanju baštine hrvatskog dizajna *Dostupno na:* http://plavakamenica.hr/jamnicine-etikete-dobar-su-doprinos-upoznavanju-bastine-hrvatskog-dizajna *Pristupljeno:* 2020.01.14.

[23] Sonda Studio: Etiketa koju govori priroda-Piquentum Sv.Vital, *Dostupno na:* https://sonda.hr/hr/etiketa-koja-govori-priroda-piquentum-sv-vital, *Pristupljeno:* 2020.01.14.

[24] Etikgraf:Fenomen Piquentum, *Dostupno na*: http://www.etikgraf.hr/fenomen-piquentum. *Pristupljeno:* 2020.01.14.

[25] Bruketa ,D., Žinić,N.: Stina –vino za inspiraciju, *Dostupno na*: http://bruketa-zinic.com/hr/2012/01/27/>stina2*, Pristupljeno:* 2020.01.014.

[26] Agrovijesti, Etiketa skromnog čovijeka-najmanja etiketa na svijetu: *Dostupno na*: http://www.agrobiz.hr/etiketa-skromnog-covijeka-najmanja-etiketa-na-svijetu *Pristupljeno:* 2020.01.14.

[27] Boljfetić , N.:Nastavila je stopama predaka. Tanja uspješno vodi najstariji obrt u Hrvatskoj. *Dostupno na*: zagreb.info/zagrebačkim ulicama/foto/nastavila stopama predaka tanja uspješno vodi najstariji obrt u zagrebu/ foto79771

[28] Rodin, A.: *Ambalaža od valovitog kartona*, Progres, Zagreb,1964

[29] Matičić Z. Pravci razvoja Kombinata Belišće, List Kombinata Belišće, 26. 06.1992

[30] Matičić, Z. Programi i odluka o pretvorbi DP Kombinat Belišće u Belišće dioničko društvo, *Belišće 1884, List Kombinata Belišće*, 26. lipnja 1992.

[31] Segetlija Z., Abramović, S.: Organizacija društvene prehrane i opskrbe Belišća, *Zbornik radova „Kombinat Belišće" kao činilac privrednog razvoja,* Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti, 1980, 477-491

[32] Vrbošić, B.: Belišće d.d. – od pilane do regionalne kompanije, *Zbornik 3,* Grad Belišće *2009,* 93-100

[33] Gršić, D., Jurković, I., Maruševski, O., Vrbetić, M.:40 godina Štamparskog zavoda Ognjen Prica, Karlovac, 180 godina tiskarstva u Karlovcu, Ognjen Prica , Karlovac, 1987

[34] Vrbetić, M.: Karlovačke tiskare, Karlovac 1579-1977, HAK, 1997

[35] Rodin A.,MGZ, Zbirka ljekarnički proizvodi, Plivad.d. Zagreb, R=118, *Dostupno na*: http://www.mgz.hr/zbirka/Ljekarničkiproizvodi/Plivad.d. Zagreb,Tvornica farmaceutskih i kemijskih proizvoda,Zagreb *Pristupljeno:* 2020.01.20.

[36] Rodin A.,MGZ, Zbirka ljekarnički proizvodi, Pliva d.d. Zagreb, R=101, *Dostupno na*: http://www.mgz.hr/zbirka/Ljekarničkiproizvodi/Plivad.d.Zagreb, Tvornica farmaceutskih i kemijskih proizvoda,Zagreb *Pristupljeno:* 2020.01.20.

[37] Centar zdravlja, Plivit C, Pliva , *Dostupno na*: http://www.centarzdravlja.hr/proizvodi za zdravlje/plivit-c-500mg-tablete *Pristupljeno:* 2020.01.20.

[38] ARHiNET, Štamparsko izdavačko poduzeće Grafičar –Ludbreg, *Dostupno na*: http://www.arhinet +arhivhr/details.aspx?/temld/=3_7729, *Prestupljeno:* 2020.01.020.

[39] Novosel, D.:Grafičar d.d. iz Ludbrega,tvornica koja 65 godina uspješno posluje u tiskarskoj branši, *Varaždinski vjesnik*, 2019.12.23.

[40] Poslovni dnevnik: Istragrafika, *Dostupno na*: http://www/poslovni.hr>tag>isgf>istragrafika-d.d.7522, *Pristupljeno:* 2020.01.23

[41] Kancelir, E.: Nema slučajnog uspjeha, *Ambalaža,* 2017(12)4, *Dostupno na*: http://www.ambalaza.hr/hr/casopis/2006/7/nema slucajnog uspjeha (e.kancelir), 71,2183.html, *Pristupljeno:* 2020.01.23

[42] Kancelir, E.:*Istragrafika* na novoj lokaciji, *Ambalaža,* 2006(7)3 *Dostupno na*: http://www.ambalaza.hr/hr/casopis/20 06/7/istragrafika-na-novoj-lokaciji istragrafika-in a-new-location-(e.kancelir),71,2183.html /, *Pristupljeno:* 2020.01.23.

[43] Pokrajec, A.:Istragrafika postala A&R CARTON Istra: Tvrtka je i nakon napuštanja BAT-a ostala europski lider u pakiranju duhana, *Dostupno na:* http://www/glasistra/istra/istragrafika-postala-ar-carton-tvrtka–je-i-nakon-napustanja-bata.ostala-europski-lider-u-pakiranju duhana-585438 *Pristupljeno:* 2020.01.23.

[44] TECTUS: Dobitnici CROPAK 2006, *Dostupno na:* http://www festacropak.hr/hr00/prva/cropak /2006/ 2006_2*, Pristupljeno:*2020.01.23.

[45] Jaškapack-tvornica valovitog kartona i ambalaže, jaskapack.com, *Pristupljeno:* 2020.01.09

[46] Dunapack valoviti karton i ambalaža: *Dostupno na*: http://www.dunapack.com/hr/proizvod. *Pristupljeno:* 2020.01.24.

[47] C packaging *Dostupno na*: http://wwwcpack.hr/indeks.html#product. *Pristupljeno:* 2020.01.24.

Hrvatska tehnička i industrijska baština na području tiska

Prof. dr. sc. **Stanislav Bolanča**, član emeritus HATZ-a,
Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, Stanislav.Bolanca@hatz.hr

Prof. dr. sc. **Nikola Mrvac**, član suradnik HATZ-a,
Sveučilište Sjever, **nikola.mrvac@unin.hr**

Doc. dr. sc. **Miroslav Mikota**,
Grafički fakultet, mmikota@grf.hr

Mr. sc. **Ivan Pučić**,
Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, ivan.pucic@grf.hr

Dr. sc. **Martina Hajdek**,
Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, martina.hajdek@grf.hr

Sažetak: *Počevši od kraja petnaestog stoljeća tisak je prisutan na tlu današnje Hrvatske. Započinje visokim tiskom, nastavlja se paralelno dubokim tiskam uz stalnu prisutnost sitotiska. Početkom dvadesetog stoljeća u hrvatske tiskare, kao i u ostali svijet ulazi ofsetna litografija. Razvitak svjetske tehnologije u Hrvatskoj se stalno vrlo uspješno prati. Organizacijski to se također ostvaruje osnivanjima grafičkog sindikata i stručnih udruženja tiskara. Pritom se ne zaboravlja najvažnije, a to je edukacija koja omogućava uspješan rad.*

Pred Hrvatskim tiskarstvom je dobra budućnost uz tehnološki razvoj kakav odgovara europskoj nevelikoj zemlji.

Ključne riječi: *tiskarski stroj, visoki tisak, plošni tisak, duboki tisak*

Uvod

Prateći radove povjesničara, Kosinje smješteno u Lici, je za hrvatsku kulturu posebno značajno mjesto. U doba kada se stupanj civilizacije mjerio posjedovanjem tiskare smatra se da je u Kosinju 1483. godine tiskana prva hrvatska knjiga. To je bio glagoljski misal, najstarija hrvatska knjiga tiskana na narodnom jeziku. Otisnuta je u pokretnoj tiskari plemića Anža Frankopana.[21] Tiskalo se u tehnici visokog tiska, a pošto su se tiskale prvenstveno knjige, ta tehnika tiska dobila je naziv „Knjigotisak“. Po nekim istraživanjima smatra se da je u Kosinju 1491. godine tiskan i glagoljski Brevijar. Jedini sačuvani primjerak te inkunabule čuva se u Nacionalnoj knjižnici (Marciona) u Veneciji. Manji fragment mu se čuva i u Vatikanu.[2]

1494. godine Blaž Baromić se vraća u Senj sa školovanja u Veneciji. U Senju osniva tiskaru gdje iste godine tiska Senjski glagoljski misal. Od naklade sačuvano je u svijetu i kod nas nekoliko više ili manje cjelovitih primjeraka te knjige. Jedna se čuva u samostanu u Cresu.

Uz veliko htijenje mnogih volontera prof. dr. sc. Velimir Salamon nakon puno studiranja fakata iz tog doba, napravio je nacrt za repliku Senjske preše. Preša je realizirana 2008. godine i čuva se u gradu Senju.

Razvoj tiskara slijedi u Roću u Istri, Vrbniku na Krku, Nedelišće u Međimurju i td.

Takvim razvojem Hrvatska staje uz bok razvijenoj Europi. Ako računamo od Mainza 1440, možemo navesti Strasbourg 1458, Beč 1462, Köln 1465, Eltvillen 1467, Augsburg 1468, Venecija 1469, Nürnberg 1470, Ulm 1472, Kosinj 1483, Senj 1494, Prag 1519, Rusija 1563.



Sl. 1. a) replika Senjske tiskarske preše Blaža Baromića iz 1494. godine, **b)** crtež tiskare iz doba početka knjigotiska[18,20,22]

Postepeno tiskare su se osnivale širom Hrvatske. 1530. godine otvorena je tiskara u Rijeci. Tiskar Kožičić otisnuo je Lekcionar Bernardina Spličanina na latinici. Zatim 1570. Juraj Zrinski osniva tiskaru u Nedlišću. 1586. godine ista se seli u Varaždin. 1664. U Zagrebu se otvara Isusovačka tiskara. 1748. u Osijeku se otvara Franjevačka tiskara. 1782. Godine otvara se tiskara u Dubrovniku, a u Karlovcu 1809.[2]

Početkom stoljeća 1811. U Karlovcu je tiskana knjiga pod nazivom Regulament za vojne potrebe. Tiskalo se na drvenoj preši. Na istoj drvenoj preši četrdesetih godina tiskan i udžbenici i novine. Brzina tiska je bila 20 otisaka na sat.

U Zagrebu 1838. godine Ljudevit Gaj osnovao je Tiskarski zavod iz kojeg se 1874. Razvila tiskara Narodne novine, te Grafički zavod Hrvatske. Sredinom devetnaestog stoljeća u zagrebu djeluje desetak tiskara.[2]

U početku tiskarske preše su se izrađivale od drveta. Za njihovu izradu bile su uzor preše za grožđe ili ulje, ali kasnije sve više prevladavaju originalna rješenja. Vremenom materijal drvo sve je više zamjenjivan efikasnijim željezom, te time prestaje mogućnost samostalne izrade strojeva za knjigotisak.

Istodobno s knjigotiskom razvija se tehnika dubokog tiska. Knjigotisak se pokazao boljim za tisak tekstova, a duboki tisak za izradu ilustracija. Treba svakako napomenuti da je duboki tisak, gotovo jedina tehnika tiska koja može tiskati polutonove.

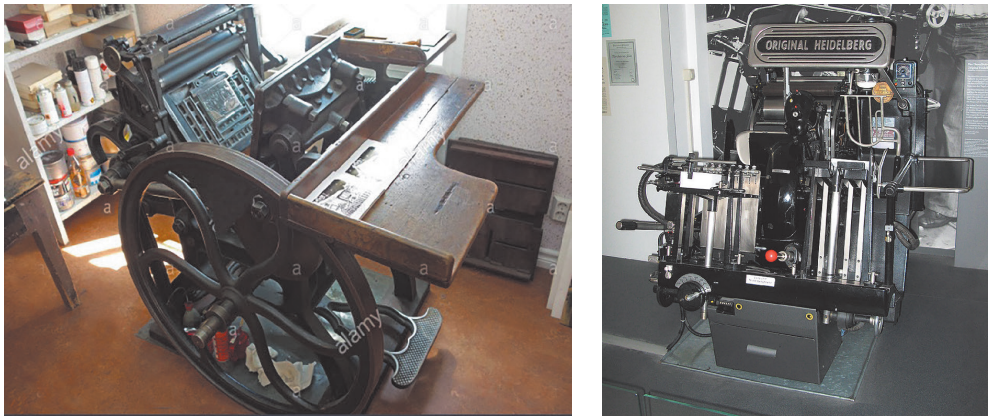
I u Hrvatskoj se koriste različiti postupci tiska u zavisnosti o korištenim tiskovnim formama. Tako se razvijaju postupci: suha igla, bakrorez, mezzotinta, bakropis, akvatinta, rezervaš, vernis mou i kombinirane tehnike tiska. Te tehnike su se koristile uglavnom za tisak ilustracija, a koristili su ih, a i danas ih koriste u svom stvaranju mnogi likovni umjetnici. Tako u Hrvatskoj Clement Crnčić koristi tehniku dubokog tiska[23] .

Veliki korak naprijed u grafičkoj struci u Hrvatskoj bio je osnivanje sindikata grafičara Hrvatske 1870. godine. To je bio prvi grafički sindikat na ovom dijelu Europe. Originalan naziv mu je bio Hrvatsko tipografičko družstvo za međusobno podupiranje i naobraženje ili kasnije Hrvatsko tipografsko društvo, a danas Sindikat grafičke i nakladničke djelatnosti Hrvatske.

U Hrvatskoj je u vremenu od prvih tiskarskih preša pa do sredine dvadesetog stoljeća vodeća tehnika tiska bio knjigotisak. Pojavom željeznih strojeva najzastupljeniji su zaklopni knjigotiskarski strojevi.

Pogon zaklopnih strojeva u početku je bio nogom preko sustava poluga. Tiskalo se isključivo na arke. Arci su se kao i ranije ulagali i izlagali ručno. Zatim se uvodi pogon elektromotorom, a kod zadnjih strojeva ulaganje i izlaganje je bilo automatizirano. Nominalna brzina stroja je narasla na 4000 otisaka na sat. Međutim tiskalo se samo jednostrano u jednoj boji. Farmat arka je bio vrlo ograničen, jer kod tiska ploča na ploču potreban je vrlo veliki pritisak u času otiskivanja jer se otiskuje cijela velika površina odjednom. To je riješeno strojem nove konstrukcije. To su brzotisni (cilidar) strojevi.

Strojevi gdje se potreban pritisak za otiskivanje dobiva pritiskom cilindra na ploču ostvaruju pritisak samo u uskoj pruzi između sebe. Tako je ukupni pritisak u času otiskivanja vrlo značajno smanjen. Time je jedan problem riješen. Međutim kod tiska brzotisnog stroja, ogromna masa temeljne ploče i olovnog sloga na njoj mora se za svaki otisak pokrenuti u jednom smjeru, zaustaviti i vratiti u početni položaj.



Sl. 2. Zaklopni knjigotiskarski stroj na pogon nogom i najmoderniji zaklopni stroj Heidelberg Tiegel



Sl. 3. Tiskarski stroj cilindar – ploča[22]

To je izazivalo velike vibracije i ograničavalo brzinu tiska nominalno na 4500 otisaka na sat. Tiskalo se jednostrano i jednobojno. Ti su se strojevi proizvodili samo kratko vrijeme sredinom prošlog stoljeća, a zatim su ih u Hrvatskoj, jer su bili u dobroj kondiciji, koristili kao štance. Jednaka sudbina dočekala je, ali kasnije i zaklopne strojeve.

Slijedeći veliki korak u visokom tisku su rotacioni strojevi, a oni koriste konstrukciju cilindar – cilindar. Ta konstrukcija omogućuje gradnju višebojnih strojeva s mogućnošću obostranog tiska. Također takav sustav omogućuje osim tiska na arke i tisak na beskonačnu vrpcu. Rotacioni visoki tisak na arke nije ostavio veći trag.



Sl. 4, Primjer tiskare s rotacijom u tehnici visokog tiska[25]

Novinske rotacije su se međutim kod nas zadržale još duboko u drugoj polovini 20. stoljeća. Tako je Vjesnik 1961. godine nabavio rotaciju za visoki tisak Plamag, a 1973. rotaciju Metro.

Kod rotacija u visokom tisku brzine otiskivanja su višestruko veće nego kod tiska na arke, jer rotacije nemaju složeni ulagaći aparat koji limitira brzinu tiska na arke. Međutim kvaliteta tiska na rotacijama je nešto niža nego kod tiska na arke, a otiskivanje ilustracija i dalje ostaje slabija točka. Zato se u novinskim tiskarama pojavljuju, naročito za tisak ilustracija, strojevi koji koriste tehniku otiskivanja dubokog tiska.

Izrada tiskovne forme za duboki tisak je skupa pa se cijena kompenzira velikim nakladama. Tisak na arke u industrijskim rotacionim strojevima se koristi uglavnom samo za posebne proizvode pa se u hrvatskoj i ne pojavljuje. Rotacije međutim pronalaze ekonomsku opravdanost pa se 1966. i 1970. U Vjesniku kupuju rotacije za duboki tisak.

Duboki tisak, odnosno bakrotisak je zbog skupe tiskovne forme ekonomski opravdan samo kod tiska visokokvalitetnih radova i kod tiska velikih naklada. Minus dubokom tisku je bojilo koje suši hlapljenjem. Te pare mogu biti otrovne (najviša kvaliteta otisaka) ili mogu bit na bazi vode. Uklanjanje tih plinova, udaljavanje od ljudi, te zatim njihovo zadovoljavajuće zbrinjavanje je dodatan financijski teret takvoj proizvodnji.





Sl. 5. a) Rotacija u dubokm tisku Rotoman, **b)** uređaji za odvođenje ishlapjelih sadržaja bojila[26]

Danas se industrijski bakrotisak u Hrvatskoj upražnjava samo u tiskari Rotoplast u Garešnici. Rotoplast je tiskara osnovana 1971. godine, a glavni posao joj je tisak ambalaže. Godine 2005. Nabavlja bakro rotaciju za tisak visokokvalitetne savitljive ambalaže.

Tehnika tiska koja se 1905. godine je ofset. Ta tehnika tiska u Hrvatskoj postepeno se sve više širi, jer je u mogućnosti osigurati otiske ilustracija veće kvalitete nego

što to osigurava knjigotisak i što je u mogućnosti otisnuti tekstove kvalitetnije nago što se to može otisnuti u bakrotisku. Ofsetni tisak može tiskati i manje i veće formate na arak ili iz kotura. U obadva slučaja omogućuje višebojni obostrani tisak vrlo velikim brzinama otiskivanja. Ofsetni tisak je glavni razlog nestajanja knjigotiska iz hrvatskih tiskara. Slično tome ofsetni tisak zbog jeftinije tiskovne forme i manjeg zagađivanja okoliša na mnogim mjestima istisnuo je bakrotisak.

Tisak na arke koristi se najčešće za tisak ambalaže i knjiga. Tisak rotacija koristi se za tisak novina i savitljive ambalaže.



Sl. 6. Suvremeni višebojni stroj za tisak na arke u tehnici ofseta

Između dva svjetska rata u Hrvatskoj prevladava knjigotisak. U drugoj polovini stoljeća nastaju velike tiskare u kojima ofset istiskuje knjigotisak. Tako se ofsetni tisak javlja širom hrvatske, a 1980. godine u Hrvatskoj ima preko 100 tiskara. Danas su veće tiskare s ofsetnim tiskom na arke u Zagrebu, Splitu, Osijeku, Rijeci, Čakovcu, Karlovcu, Samoboru, Varaždinu, Krapini i t.d.

Dolaskom novog vremena s kompjuterima, oni se postepeno uvode i u ofsetni tisak. Počelo je 1976. Sa sustavom Computer print control. Radilo se o aparativnom upravljanju kvalitetom u tisku pomoću kompjutera. U Hrvatskoj su taj ili slični sustavi vrlo brzo prihvaćeni počevši od Grafičkog zavoda Hrvatske.

Novinske rotacije se ipak zadržavaju samo u velikim gradovima. Takona primjer Vjesnik Kupuje rotaciju Poliman 1955., zatim rotaciju Haris 1980., te zatim rotaciju Rotoman 2017. godine.



Sl. 7. Novinska rotacija u ofsetnom tisku[27]

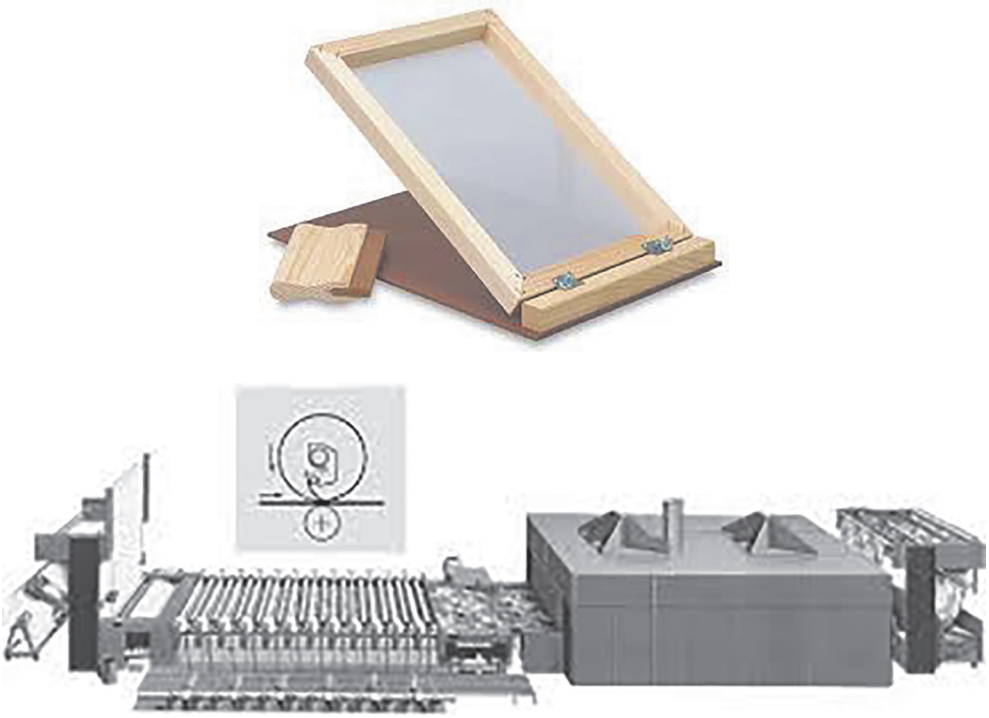
Tehnologija fleksotiska spada u duboki tisak. To je tehnologija koja bilježi vrlo veliki rast svake godine. U početku je korištena za otiske manje kvalitete, ali danas se vrlo uspješno koristi za tisak novina, a naročito za tisak ambalaže. Vrlo je pogodna za velike naklade. U hrvatskoj postoje velike tiskare s fleksotiskom u Gareš-nici, u Kotoribi, u Kerestincu kraj Zagreba i u Hrvatskom Zagorju. Zbog rijetkog bojila koje korite i zbog sličnih konstrukcijskih rješenja, ponekad su moguće promjene korištenje tehnologije fleksotiska i bakrotiska. Danas je u velikom dijelu svijeta fleksotisak najčešća tehnologija za tisak ambalaže.

Uz navedene tehnologije egzistira i sitotisak. Broj uređaje za otiskivanje u tehnici propusnog tiska – sitotiska nije moguće kontrolirati, jer se neki takvi jednostavniji uređaji mogu proizvesti u obrtničkim radionama.

Sitotisak je u početku bio obrt. Tako je djelomično i danas, ali uz sveopću industrijalizaciju i sitotisak bilježi bitan pomak u tom smjeru. Danas razlikujemo ručne uređaje za tisak, poluautomate i potpune automate, odnosno industrijske strojeve. Jednostavni uređaji pogodni su za male naklade, složeni za velike Da bi se lakše mogli ostvarivati željeni ciljevi 1999. godine osnovana je Hrvatske udruga sitotiskara (HUS). Karakteristike otisaka u sitotisku je da imaju najdeblji nanos bojila, najveću zasićenost, najveći intenzitet i primjerene tonske vrijednosti. Tisak kolora kao najveći problem sitotiska danas se ostvaruje s 60 linija po centimetru. Mnogi naši proslavljeni likovni umjetnici koristili su se serografijom: Picelja, Srnec, Richter, Bučan, Murtić, Jordan, Kuliš, Jurković.



Sl. 8. Rotacija u fleksotisku za tisak ambalaže[28]



Sl. 9. a) Drveni okvir za ručni sitotisak, **b)** Visoko automatizirani rotacioni stroj za sitotisak s uređajem za sušenje[29]

Krajem prošlog i početkom ovog stoljeća naglo se razvija digitalni tisak. Uz kompjutere je 1977. Prikazan pisač Xerox. Sedamnaest godina kasnije počinje razvoj laserskih pisača. Ta se tehnika često naziva beskontaktnim tiskom (Non Impact Printing) iako se bojilo bez kontakta nanosi na podlogu samo u Inkjet tehnologiji, dok ostale tehnologije prilikom otiskivanja ostvaruju lagani kontakt.

Počelo je s malim uređajima u tiskarama i printerima uz kompjutere. Uskoro se razvijaju pravi tiskarski strojevi i za višebojni i obostrani tisak. Za tisak malih naklada najčešće knjiga koriste se vrlo često Laserski uređaji s praškastim tonerima.



Sl. 10. a) Laserski digitalni stroj Xerox s tehnologijom s praškastim tonerom, **b)** digitalna rotacije Xeikon s Inkjet tehnologijom i tekućim tonerom[30,32]

Tu susrećemo i uređaje Xerox. Uz uznapredovalu tehnologiju u FS tiskari odlučuju se za 1994. godine za kupovinu rotacije 4 + 4 boje Xeikon, koja koristi sustav Inkjeta i tekući toner.

Naravno digitalna tehnologija i Non Impact Printing sustav tiska i dalje se snažno razvijaju. Jedan od primjera su ploteri na kojim je moguće otiskivanje kolora širine nekoliko metara. Naravno to je tehnologija koja se koristi isključivo za vrlo male naklade. Tkvi uređaji se u Hrvatskoj često susreću.

Stremeći novim i boljim rješenjima osmišljen je i digitalni ofsetni stroj Indigo. Tu se koristi tekući toner koji se pretvara u talinu koja se zatim preko ofsetnog cilindra



Sl. 11. a) Inkjet ploter za tisak vrlo velikih formata, **b)** Indigo digitalni ofset[31,33]

aplicira na tiskovnu podlogu. Moguć je višebojni i obostrani tisak. Prvi takav stroj za tisak na arke kupio je Grafički Fakultet Sveučilišta u Zagrebu već 1999. Godine. Danas se proizvode i rotacije istog proizvođača.

Prednost digitalnog tiska pred konvencionalni je redu mogućnost personalizacije otisaka i kratkoća vremena za ostvarenje neke narudžbe. Digitalni tisak postepeno dostiže kvalitetu otisaka konvencionalnog.

Granica ekonomske isplativosti digitalnog tiska i konvencionalnog tiska je na oko 300 otisaka. Za manje naklade je konkurentniji digitalni, a za veće konvencionalni tisak.

Zaključak

Hrvatski je narod od početka tiska civilizacijski stajaoa uz bok najnaprednijim narodima svijeta. Zahvaljujući razvijanju tiska, omogućen je širenje znanja širem krugu ljudi. Također tako je omogućen prijenos znanja prijenos znanja slijedećim naraštajima. Sam napredak tiska nije niti u jednom trenutku zaobilazio hrvatske tiskare. U hrvatskoj su otvaranje grafičke škole, a zatim i viša grafička škola prva u širem okružju zemalja. Na to se nadovezao Grafički fakultet s mogućnošću usvajanja najviših stručnih i znanstvenih zvanja.

U skladu s tim hrvatska je uvijek uključena u najnovije tehnologije, te se kvalitetom izradaka svrstava uz ostalu naprednu Europu.

Pogled u budućnost

Hrvatska nije mnogoljudna zemlja. Za male naklade zadovoljavaju u većini slučajeva strojevi malih kapaciteta. Ono što se očekuje u budućnosti je da se veće naklade ostvaruju na rotacijama za tisak novina, te u tisku ambalaže. Tu se se koriste i rotacioni strojevi na arke. Trend je i dalje proširenje fleksotiska.

Naravno da konvencionalne tehnike nastoje smanjiti cijenu i me potrebo za ostvarenje narudžbe i tako postanu konkurentniji kod malih naklada, a isto ta digitalni strojevi pokušavaju postići veću brzinu i konkurentnost kod većih naklada. Za malo gospodarstvo ponekad vidnu ulogu igra iznimna kvaliteta. Tu se treba očekivati veće učešće hibridnih strojeva, koji kombinacijom više različitih tehnika tiska u jednom prolazu mogu dati veću kvalitetu otisaka i eventualno smanjiti cijenu konačnom proizvodu.

Literatura

[1] Tiskarstvo – Wikipedia, *Dostupno na* https://hr.wikipedia.org>wiki>Tiskarstvo, Pristupljeno: 1. 1. 2020.

[2] Tiskarstvo / Hrvatska enciklopedia, *Dostupno na* www.enciklopedija.hr>natuknica, Pristupljeno 2. 1. 2020.

[3] Bakrotisak / Hrvatska enciklopedija, *Dostupno na* www.enciklopedija.hr/Natuknica,aspx?/D=5391, Pristupljeno 20. 10. 2019.

[4] Početno – Bakrotisak – proizvodnja lakosavitljive ambalaže, *Dostupno na* www.bakrotisak.hr Pristupljeno 3. 1. 2020.

[5] Home – Bakrotisak, *Dostupno na* www.bakrotisak.hr/eng Pristupljeno 2. 1. 2020.

[6] Ekstruzija, fleksotisak, konverzija – Muraplast d.o.o., https://www.muraplast.com

[7] Davor Ujlaki D.: *Ambalža, Dostupno na* www.ambalaza.hr/hr/casopis/2016/12/ *Pristupljeno* 21. 12. 2019.

[8] Naslovna – Timar Promet,*Dostupno 12. 2016.* https://www.timar-promet.hr/index.html *Pristupljeno* 14. 12. 2019.

[9] Tiskara Vjesnik, vjesnik.hr *Pristupljeno* 20. 12. 2019.

[10] Glas Slavonije –sljednik Hrvatskog lista, https://www.tvrtka.hr/osijek/tisak/glas_slavonije *Pristuplljeno* 29. 12. 2019.

[11] Budućnost izdavaštva – Digitalni tisak omogućuje, *Dostupno na* https://lidermedia/aktualno/budućnost_izdavaštva_digitalni _tisak_omogućuje *Pristupljeno* 9. 12. 2019.

[12] DEGRAF. Digitalni tisak Zagreb, hattps://www.degraf.hr *Pristupljeno* 29. 12. 2019.

[13] Centar tisak d. o. o., www. centraltisak.com *Pristupljeno* 10. 12. 2019.

[14] Buchdruck – Wikipedia, https://wikipedia.org>wiki>Buchdruck *Pristupljeno* 4. 1. 2020.

[15] Kakvo je stanje sitotiska u Hrvatskoj / Print – Magazin eu *Pristupljen* 5. 1. 2020.

[16] Što je serigrafija i kako nastaje? – Galerija Luka, Dostupna na https://www.galerija-luka.com>blogs>Što_ je_serigrafija_i_kako_nastaje_ n… Pristupljen: 2020. 1. 5.

[17] Tehnologija tiska od Gutenberga do danas, *Dostupno od 2008.* https://bib.irb.hr>datoteka>436171.8_BOLANČA _GOLUBOVIĆ.pdf *Pristupljen* 28. 12.2019.

[18] Bolanča, Stanislav; Majnarić, Igor;Modrić, Damir; Press – worldmilestone and Croatia, Acta Graphica. Vol, No 2 (2017), 59 – 78

[19] Tiskarska preša Senj (2018) Grad Senj, www.senj.hr/Događaji/Replika_prese.htm.5-9.2018.

[20] Velimir, Salamon; Ana, Herold; Dubravko, Banić; Zdenka, Bolanča; Izrada Senjske glagoljske preše, Senjski zbornik 35, Senj, (2008), 115 – 124

[21] Kosinj – Wikipedia, https://wikipedia.org>wiki>Kosinj *Pristupljen* 2020. 01. 06.

[22] Bolanča, S,; *Ofsetni tisak*, Sveučilište Sjever, (2018)

[23] *Rapid Photogravure or rembrandt gravure,* 2018. 8, 4.; *Pristupljen* 2020.9. 15.

[24] Tiegeldruckpresse – Wikipedia, https://de.wikipedia.org>wiki>Tiegeldruckpresse *Pristupljen:* 2020. 01. 08.

[25] Hochdruck Rotationmaschine (slike)

[26] Cerutti Druckmaschinen (slike)

[27] Rotation Offset Rotation Druckmaschinen (slike)

[28] Flexodruck und Tiefdruck Maschinen (slike)

[29] Sitotisak (slike)

[30] Xeikon digital printing machine (slike)

[31] HP Indigo printing machine (slike)

[32] Xerox Digital Printing Machine (slike)

[33] Allwin Digital Inkjet Printing (slike)

Mikrovalni radiorelejni primopredajnik RP8-24

Prof. dr. sc. **Davor Bonefačić**, redoviti član HATZ-a,
Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva, davor.bonefacic@fer.hr

Prof. dr. sc. **Juraj Bartolić**,
Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva, juraj.bartolic@fer.hr

Sažetak: *Rad opisuje razvoj i karakteristike radiorelejnog uređaja RP8-24. Uređaj je razvijen krajem 60-ih godina 20. stoljeća u Radioindustriji Zagreb (RIZ) uz suradnju sa Zavodom za visokofrekventnu tehniku zagrebačkog Elektrotehničkog fakulteta (ETF). Uređaj RP8-24 bio je suvremen telekomunikacijski uređaj za prijenos 24 PCM kanala radijskim putem i po svojoj je izvedbi bio usporediv ili čak bolji od sličnih uređaja u Europi i svijetu u to vrijeme. S obzirom da je proizvodnja uređaja odavno ugašena političkom odlukom, a postojeći uređaji su otpisani i uništeni te da projektna i proizvodna dokumentacija postoji tek u fragmentima u privatnim zbirkama i pismohranama, ovaj rad je pokušaj očuvanja sjećanja na dostignuće hrvatskih inženjera koje je moglo biti uspješno i na svjetskoj razini.*

Ključne riječi: *Mikrovalovi, primopredajnik, radiorelejni uređaj, PCM, RIZ, ETF*

1. Uvod

Gospodarski i tehnički razvoj u 60-im godinama 20. stoljeća popraćen je sve većim zahtjevima na telekomunikacijske mreže. Broj telefonskih priključaka se povećava, a telefonskom vezom povezuju se svi krajevi Hrvatske, od istoka do juga i otoka. Premošćivanje velikih udaljenosti žičanim vezama nad kopnom, a posebice nad morem bilo je složeno, dugotrajno i skupo. Radiorelejne veze, poznate već od 30-ih godina 20. stoljeća, bile su pouzdana, fleksibilna i jeftinija alternativa.

Zbog toga je oko 1967. godine u Radioindustriji Zagreb (RIZ) započet razvoj radiorelejnog uređaja za telefonske veze. Razvoj je vodio Institut za elektrotehniku, telekomunikacije i automatizaciju (IETA) u RIZ-u uz suradnju s tadašnjim Zavodom za visokofrekventnu tehniku Elektrotehničkog fakulteta (ETF) u Zagrebu. U nepunih godinu dana razvojna je skupina projektirala i izradila prvi uporabni prototip radiorelejnog uređaja s oznakom RP8-24.

1.1 Razvojna skupina

Voditelj razvojne skupine bio je Zvonimir Radić, dipl. ing. iz RIZ-a. Ostali članovi iz RIZ-a bili su Tomislav Kuštović i Željko Plavčić, oba diplomirani inženjeri. Tehničari iz RIZ-a značajno uključeni u razvoj i izradbu prototipa te proizvodnju uređaja RP8 bili su Zvonimir Brenko, Petar (Pero) Renjić Dragutin Janković, Stjepan Vujnović i Zdravko Ostojić [1, 4, 5].

Članovi razvojne skupine sa Zavoda za visokofrekventnu tehniku zagrebačkog ETF-a bili su Boris Kviz, Ervin Zentner, Boris Zimmerman, Zlatko Koren, Antun Kljunak i Juraj Bartolić tada asistenti ili docenti na ETF-u.

Neki od članova razvojne skupine svoje su inženjerske karijere započeli u RIZ-u, da bi kasnije prelaskom na ETF (danas FER, Fakultet elektrotehnike i računarstva) postali priznati nastavnici i međunarodno prepoznati znanstvenici u području mikrovalne tehnike, antena, optoelektronike i komunikacija.

2. Opis i tehničke karakteristike radiorelejnog uređaja RP8-24

Tehnički opis uređaja, opis komponenata i načela rada osnivaju se na literaturi [1, 2] te sjećanju živućih članova razvojne skupine [4, 5]. Za uređaj RP8-24 je tijekom razvoja izrađena podrobna tehnička dokumentacija, od projektne, proizvodne i servisne do uputa za korisnike. Međutim, protokom vremena većina dokumentacije je otpisana ili izgubljena. U trenutku pisanja ovoga rada postoje fragmenti dokumentacije sačuvani u privatnim zbirkama [5, 6], a osim tiskanih priručnika [2] uključuju čak i originalna, rukom pisana, laboratorijska izvješća o mjerenjima i ugađanjima na pojedinim sklopovima uređaja (sl. 1).

2.1 Tehničke karakteristike

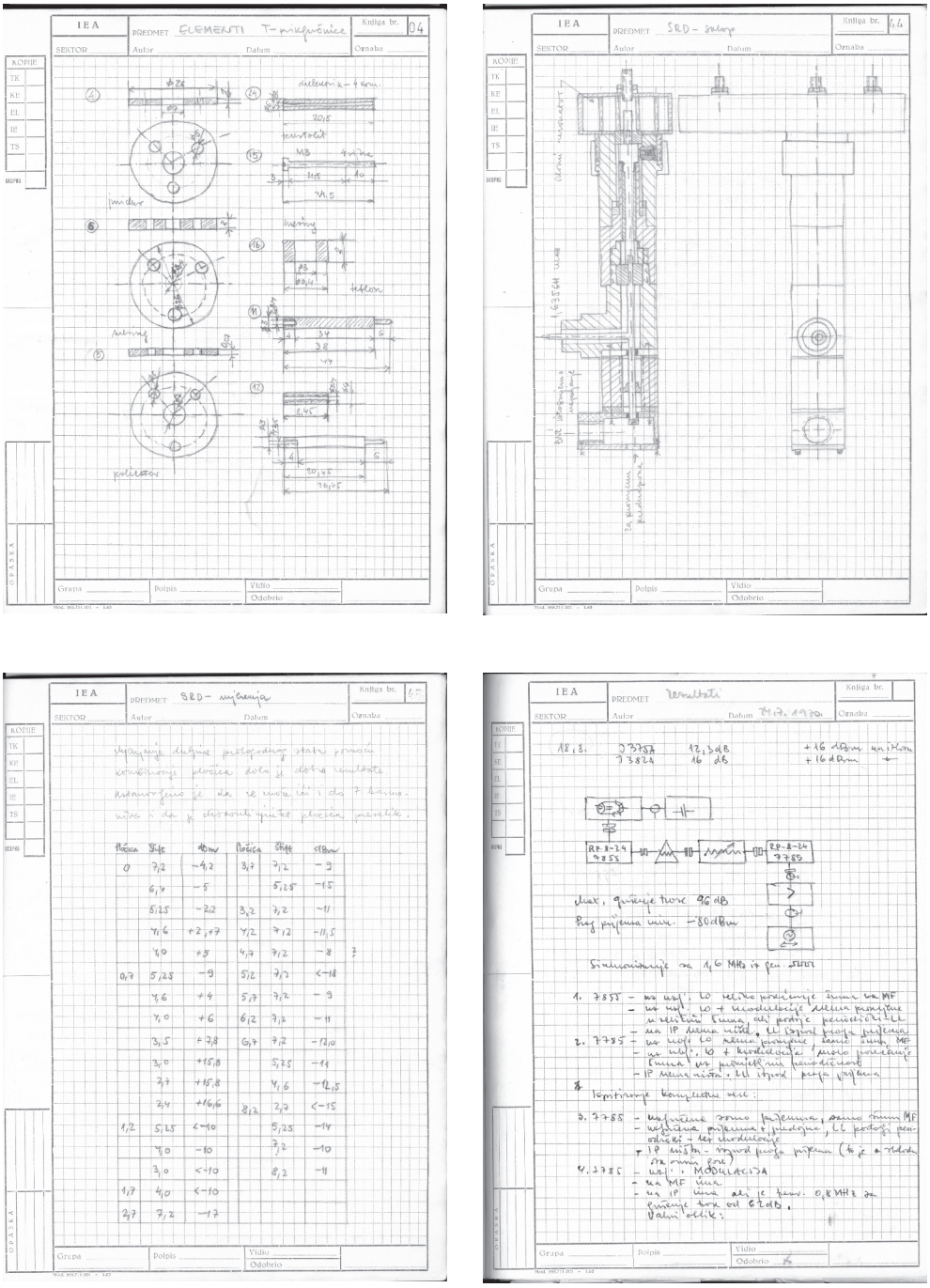
Radiorelejni (RR) uređaj RP8-24 u potpunosti je izrađen u poluvodičkoj tehnici s diskretnim elementima. Namjena mu je bila prijenos telefonskog multipleksa od 24 kanala. Informacije u digitalnom obliku su modulirane na nosilac impulsno-kodnom modulacijom (PCM = *pulse code modulation*). Primjena PCM-a omogućila je prijenos uz manji potrebni signal / šum, nego uz primjenu bilo koje analogne modulacije. PCM je također otporniji na smetnje i interferencije od analognih sustava. Za prijenos signala bez smetnji RR uređaj RP8-24 zahtijevao je potiskivanje inter-

ferirajućeg signala od samo 7 ÷ 9 dB [1]. Time je omogućena ugradnja više ovakvih radiorelejnih uređaja na istu lokaciju.

Tehničke karakteristike za uređaj s 24 kanala navedeni su u tablici 1 prema [1] i [2]. Uređaj se mogao tvornički preraditi za prijenos 12 kanala, a razlike u karakteristikama za tu inačicu navedene su u tablici 2. Mulitpleks u osnovnom pojasu dobivao se pomoću RIZ-ovih uređaja VM-PCM 12 (12 kanala) odnosno VM-PCM 24 (za 24 kanala) [1, 2, 3]. Razvoj PCM-uređaja vodila je skupina iz IETA RIZ sa stručnjacima Zavoda za telekomunikacije s ETF-a u Zagrebu.

Tablica 1. Tehničke karakteristike radiorelejnog uređaja RP8-24 (inačica s 24 kanala) [1, 2]. Kad se karakteristike razlikuju, navedene su obje s naznakom izvora.

Prijenosni kapacitet	24 PCM kanala
Frekvencijsko područje [1]	7150 ÷ 8125 MHz
Frekvencijsko područje [2]	7782 ÷ 7900 MHz
Izlazna RF snaga	+16 dBm (40 mW)
Stabilnost frekvencije	5×10^{-7} 1/°C
Dubina modulacije (“1” / “0”) [1]	+16 dBm / –4 dBm
Dubina modulacije (“1” / “0”) [2]	+16 dBm / –9 dBm
Prag prijema	–81 dBm
Faktor šuma prijemnika	13 dB
Međufrekvencija	70 MHz
Širina pojasa prijemnika (3 dB) [1]	5 MHz
Širina pojasa prijemnika (3 dB) [2]	4,5 MHz
Minimalna ulazna razina bipolarnog PCM signala	200 mV_{pp} / 120Ω
Izlazna razina bipolarnog PCM signala	6 V_{pp} / 120Ω
Napajanje (istosmjerno)	+12 V / –12 V
Potrošnja	36 W
Antena, promjer paraboličnog reflektora	1,2 m; 2 m [1, 2]; 3 m [2]
Dozvoljena temperatura okoline	–25 °C ÷ +50 °C
Dozvoljena vlažnost	95 %



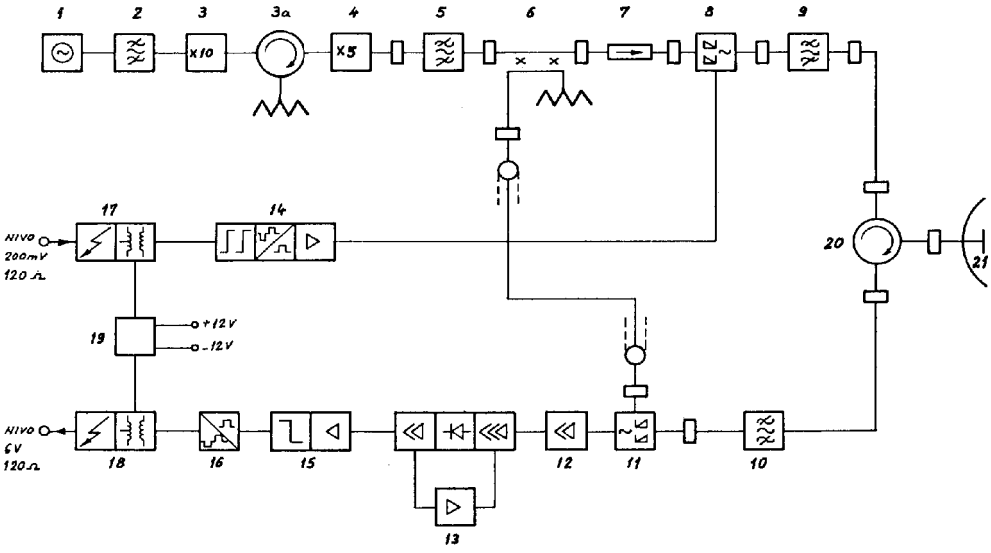
Sl. 1. Projektna dokumentacija i rezultati ispitivanja: elementi T-priključnice (gore lijevo), skica sklopa množila ×5 sa *step*-recovery diodom (gore desno), rezultati mjerenja na sklopu množila ×5 sa *step*-recovery diodom (dolje lijevo), rezultati laboratorijskog ispitivanja praga prijema sa skicom mjernog postava (dolje desno)

Tablica 2: Tehničke karakteristike radiorelejnog uređaja RP8-12 (inačica s 12 kanala), razlike u odnosu na inačicu s 24 kanala [1]

Prijenosni kapacitet	12 PCM kanala
Prag prijema	–83 dBm
Faktor šuma prijemnika	11 dB
Širina pojasa prijemnika (3 dB)	3,5 MHz

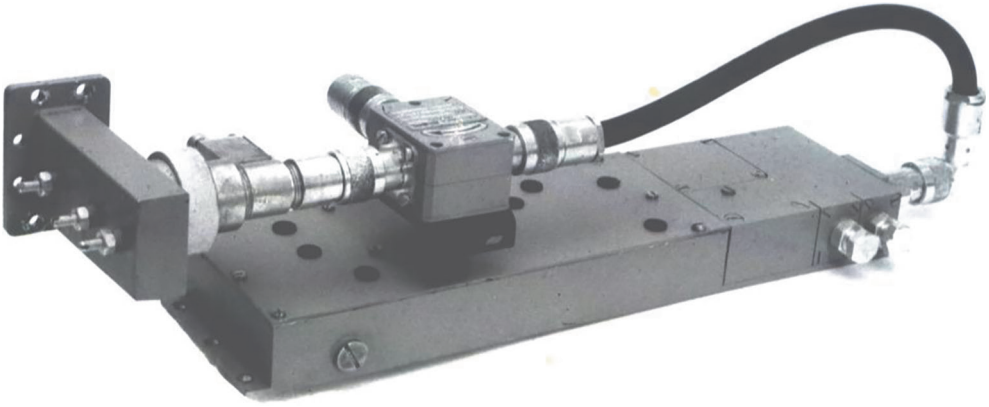
2.2 Opis, izvedba i načela rada sklopova primopredajnika

Blok shema primopredajnika RP8-24 na sl. 2 preuzeta je iz [1], ali su unesene kasnije preinake prema servisnoj dokumentaciji [2]. Prema [2] dodan je cirkulator s teretom u funkciji izolatora (3a), te je transformator za simetriranje na mjestu bloka 12 u izvornoj shemi nadomješten međufrekvencijskim pretpojačalom. Generiranje signala nosioca ostvareno je s pomoću kristalnog oscilatora na frekvenciji 8,8 MHz i nizom tranzistorskih množila frekvencije ×2 i ×3. Ukupni faktor množenja bio je



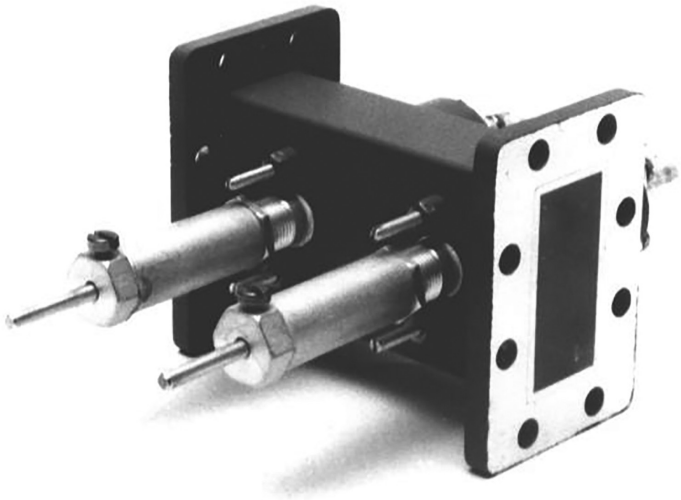
Sl. 2. Blok shema RR uređaja RP8-24: (1) kvarcni oscilator s množilima frekvencije do 160 MHz, (2) pojasno-propusni filtar, (3) množilo frekvencije ×10 sa *step-recovery* diodom, (4) množilo frekvencije ×5 sa *step-recovery* diodom, (5) valovodni filtar, (6) valovodni usmjerni sprežnik s prelazom na suosni kabel za odvajanje signala lokalnog oscilatora za prijemnu granu, (7) valovodni feritni izolator, (8) modulator s PIN diodama, (9) izlazni valovodni filtar, (10) prijemni filtar, (11) balansno mješalo, (12) međufrekvencijsko pretpojačalo, (13) međufrekvencijsko pojačalo s automatskom regulacijom pojačanja, (14) modulacijsko pojačalo, (15) izlazno pojačalo, (16) konverter unipolarnih impulsa u bipolarne, (17) ulazna strujno-naponska zaštita, (18) ulazna strujno-naponska zaštita, (19) sklop za istosmjerno napajanje s dva stabilizatora, (20) antenska skretnica (feritni cirkulator), (21) antena s paraboličnim reflektorom i valovodnim iluminatorom s lijevkom u žarištu.

18 čime je na izlazu bloka 1 (Sl. 1) dobiven signal frekvencije 160 MHz i snage 12 W. Neželjene frekvencijske komponente na izlazu potisnute su pojasno-propusnim filtrom (2). Signal frekvencije 160 MHz vodio se na dva množila sa *step-recovery* diodom (SRD) s faktorima množenja ×10 i ×5 (blokovi 3 i 4). Glavna prednost *step-recovery* diode su veliki faktori množenja frekvencije i dobra djelotvornost [1]. Cirkulator sa završnim otporom (3a) dodan je kao izolacija dvaju stupnjaeva množila. Na izlazu prvog množila dobivao se signal frekvencije 1,6 GHz i snage 2 W, a na izlazu drugog množila signal frekvencije 8 GHz i snage 150 mW. Izlaz iz drugog množila izveden je u valovodnoj tehnici s pomoću valovoda WR-137. Blok 5 je valovodni pojasno-propusni filtar za potiskivanje neželjenih produkata množenja. Blok 6 je križni valovodni sprežnik sprege 20 dB za izdvajanje dijela signala frekvencije 8 GHz koji se zatim rabio kao signal lokalnog oscilatora u mješalu prijemničkog lanca (11). Fotografija generatora signala prikazana je na slici 3.



Sl. 3. Generator signala 8 GHz. Kristalni oscilator i množila frekvencije nalaze se u donjoj kutiji, dok se zadnji stupanj množila ×5 sa *step-recovery* diodom nalazi lijevo, prije spoja na valovodni izlaz. Cirkulator s teretom spojen između suosnog kabela i zadnjeg stupnja množila ×5 ima ulogu feritnog izolatora [2].

Digitalna modulacija (“uključeno” / “isključeno”) ostvarena je valovodnim modulatorom s dvama PIN diodama (8). U stanju “uključeno” (digitalni “1”) PIN diode ne vode i predstavljaju visoku impedanciju spojenu paralelno na prijenosnu liniju. U tome je slučaju gušenje u valovodu manje od 1 dB. U stanju “isključeno” (digitalna “0”), PIN diode vode i predstavljaju gotovo kratki spoj, a gušenje u prijenosu je oko 35 dB. Tako velik iznos gušenja ostvaren je s pomoću dvije PIN diode koje su se nalazile na međusobnom razmaku od tri četvrtine valne duljine. Sklop uključuje i dodatne kompenzacijske serijske reaktancije kojima se poništavaju reaktancije dioda u stanju vođenja, odnosno paralelne reaktancije u obliku zaslona kojima se povećava impedancija dioda u stanju nevođenja postizanjem paralelne rezonancije. PIN modulator prikazan je na slici 4. Snaga modulacijskog signala potrebna za modulaciju postignuta je modulacijskim pojačalom 14.



Sl. 4: Valovodni PIN modulator. BNC konektori za priključivanje modulacijskog signala nalaze se s gornje (na slici nevidljive) strane sklopa [6].

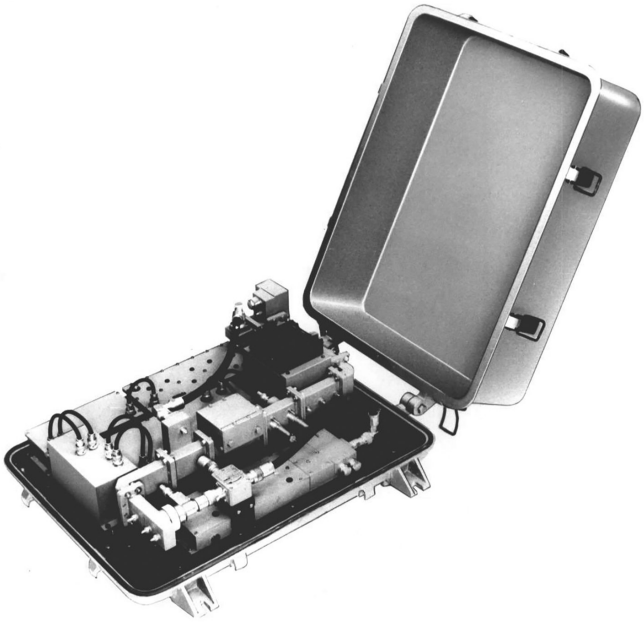
Feritni izolator (7) potiskivao je neželjene refleksije na PIN modulatoru i onemogućavao njihov povratak u generator signala nosioca. Izlazni filtar (9) sastojao se od tri rezonatora s induktivnim stupićima povezanim linijama dugim četvrtinu valne duljine. Filtar se mogao ugađati u rasponu od 7,7 do 8,1 GHz.

Dupleksiranje odašiljanja i prijema ostvareno je feritnim cirkulatorom (20). Parabolična antena (21) pobuđena je s pomoću valovoda i ljevkastog iluminatora u žarištu. Standardno se rabila antena promjera 1,2 m koja je uz izlaznu snagu od 40 mW omogućavala domet radiorelejnog sustava od 50 km uz izravnu optičku vidljivost. U složenijim konfiguracijama terena rabili su se pasivni reflektori. Kako bi se nadoknadili dodatni gubici na reflektoru te povećana duljina trase rabila se antena promjera 2 m [1, 2] ili 3 m [2].

Na ulazu prijemnika nalazio se ulazni filtar (10) iza kojega se nalazilo balansno mješalo (11) i međufrekvencijsko pretpojačalo (11). Na balansnom se mješalu ulazni signal miješao s dijelom signala iz odašiljačkog generatora frekvencije 8 GHz izdvojenog križnim sprežnikom 6, te se prebacivao u frekvencijsko područje oko 70 MHz uz gubitke pretvorbe 6,5 dB. Međufrekvencijsko pojačalo s automatskom regulacijom pojačanja izvedeno je od pet stupnjeva s tranzistorima u spoju zajedničkog emitera. Ukupno pojačanje iznosilo je 70 dB, a automatska regulacija pojačanja omogućavala je svođenje ulazne dinamike signala od 50 dB u izlaznu dinamiku od ± 1 dB. Širina pojasa prijemnika u 3 dB točkama iznosila je 5 MHz [1].

Detektirani se signal pojačavao i oblikovao u izlaznom pojačalu (15), a unipolarni impulsi su se pretvarali u bipolarne u sklopu (16) kako bi se osiguralo da srednja

vrijednost izlaznog signala bude jednaka nuli. Time se sprječavalo da izlazni PCM ima srednju vrijednost različitu od 0 V (*DC offset*) i olakšavala se demodulacija. Ovo je bilo osobito značajno s obzirom da je kabel (telefonska parica) između RR uređaja i PCM uređaja mogao biti dug do 2 km [1, 2].

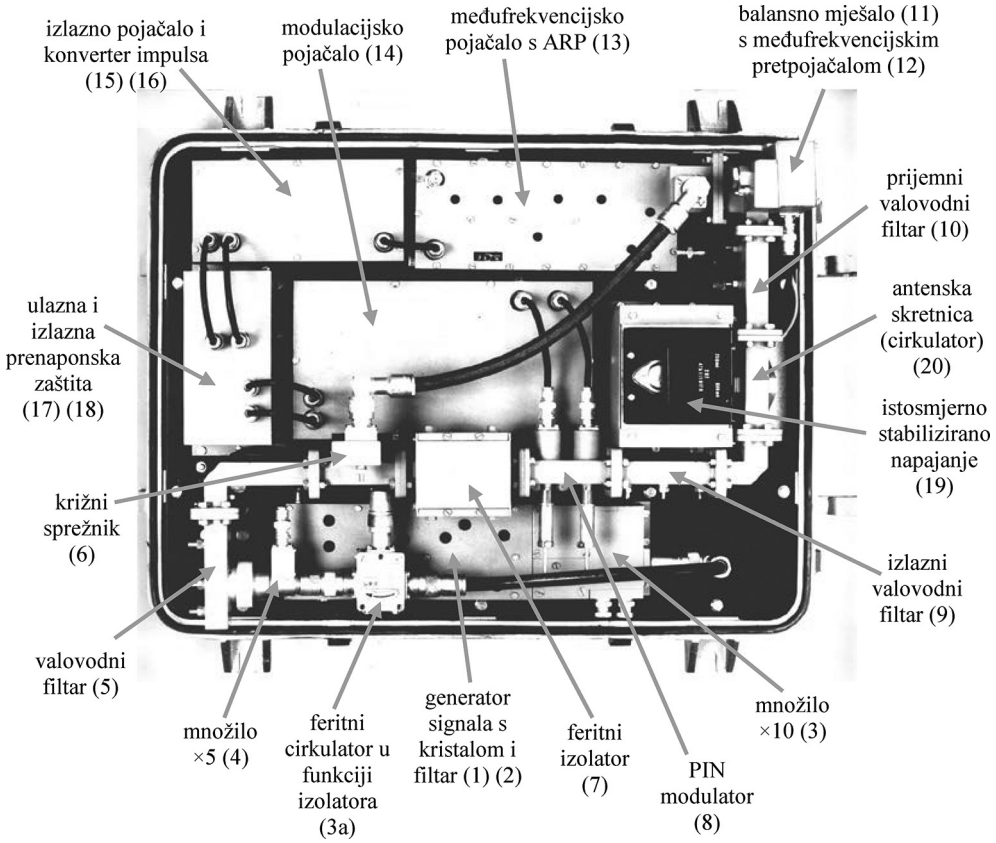


Sl. 5. RP8-24 u kutiji s otvorenim poklopcem [6]. Izlaz na antenu, konektori za mjerenje te PCM ulaz i izlaz nalazili su se s donje strane kutije u kojoj su sklopovi.

Napajanje sklopa osigurano je sklopom za napajanje (19) s dva stabilizatora za napone +12 V i –12 V. Istosmjerno napajanje dovodilo se do uređaja preko prijemne, odnosno odašiljačke parice. Kako se RR uređaj mogao postaviti na udaljenosti do 2 km od telefonskog multipleksa, od prenapona i munja zaštićen je prenaponskom zaštitom na ulazu (17) i izlazu (18).

Ukupni faktor šuma prijemnika prototipa uređaja RP8-24 bio je 13 dB [1]. Kasnijim unaprjeđenjem konstrukcije prijemnika ugradnjom niskošumnog tranzistorskog pretpojačala pojačanja snage 28 dB izravno u sklop balansnog mješala faktor šuma smanjen je na 10 dB.

Svi opisani sklopovi primopredajnika osim feritnih cirkulatora u odašiljačkom dijelu i u antenskoj skretnici projektirani su, izrađeni, ispitani i ugođeni u laboratorijima u RIZ-u i u Zavodu za visokofrekventnu tehniku na ETF-u. Feritni cirkulatori nabavljani su od tvrtke SIAM iz Italije, a *step-recovery* diode i diode u mješalu iz SAD (Hewlett-Packard, odnosno Alpha Industries).



Sl. 6. RP8-24 u kutiji bez poklopca [6]. Generator signala nalazi se u donjem dijelu, modulacijsko pojačalo je u sredini, stabilizirano napajanje u sredini desno, a prijemni lanac u gornjem dijelu.

Uređaj se nalazio u vodonepropusnoj kutiji od lijevanog aluminija dimenzija 0,55 m × 0,41 m × 0,19 m, a težina bez antene iznosila je 27 kg [2]. Na valovodni izlaz uređaja (nalazi se na donjoj strani kutije na sl. 5 i 6) izravno se priključivala antena s paraboličnim reflektorom promjera 1,2 m te se takva cjelina zajedno ugrađivala na antenski stup ili prikladno postolje (sl. 7). Prihvat je omogućavao precizno podešavanje azimuta i elevacije uz pomoć vijaka. Uređaj se moglo ispitati i bez otvaranja kutije preko vanjskog konektora. Otvaranjem poklopca kutije svi su dijelovi bili dostupni za ugađanje, popravak ili zamjenu bez skidanja cijelog uređaja sa stupa (sl. 5, 6). Za veće domete predviđena je uporaba antena promjera 2 m i 3 m [1, 2].

Proizvodna inačica uređaja (oko 1974. godine) bez poklopca prikazana je na sl. 6. Na istoj su slici označeni i sastavni dijelovi u skladu s oznakama s blok sheme na sl. 2.

Tijekom proizvodnje uređaj je kontinuirano unaprjeđivan i usavršavan. Najznačajnija unaprjeđenja uređaja bila su: 1) smanjenje faktora šuma prijamnika, 2) poboljš-

šana temperaturna stabilnost množila frekvencije ×5 sa SRD i 3) smanjenje faktora množenja frekvencije na četiri puta u pobudnom lancu odašiljača primjenom kristalnog oscilatora na frekvenciji 39 MHz.

Izvedba uređaja zahtijevala je usvajanje tehnike proizvodnje valovoda, zavarivanja prirubnica, izradbe valovodnih filtara, posrebrivanja, itd. Uređaji su podvrgavani podrobnom ispitivanju u klima-komori u širokom rasponu temperatura i vlažnosti okoline [5].

3. Radiorelejni uređaj RP8-24 u primjeni

Ukupno je u RIZ-u proizvedeno oko 30-ak uređaja RP8-24. Prva ostvarena radiorelejna veza primjenom uređaja RP8 bila je Babino polje (Mljet) – Dubrovnik ukupne duljine trase 32 km. Zbog konfiguracije terena veza je ostvarena primjenom dodatnog pasivnog reflektora na brdu iznad Babina polja. U studenome 1974. godine prototipni uređaji zamijenjeni su novim parom.

Za potrebe poduzeća Elektroprivreda, uređaji RP8-24 postavljeni su na trasama Matulji – Pehlin – Sv. Katarina, zatim na trasi HE Senj – Senj, te na trasama sinkrone mreže Međurić – Psunj – Lončarski vis – Osijek – Đakovo. Tim su uređajima bežično povezana i dva dalmatinska otoka, Korčula i Lastovo, trasom Vela Luka – Lastovo.

Izvan Hrvatske, uređaji su uporabljeni u Makedoniji na trasi Skopje – Vodno te u Crnoj Gori.

Slika 7 prikazuje ugađanje radiorelejne veze na lokaciji u unutrašnjosti Istre 1972. godine, a slika 8 tipičnu konfiguraciju s dva uređaja RP8 postavljena leđa-uz-leđa. Kod konfiguracija leđa-uz-leđa kojima su se premošćivale udaljenost veće od 50 km ili one gdje konfiguracija terena nije omogućavala izravnu optičku vidljivost, digitalni se signal demodulirao i demultipleksirao do osnovnog pojasa, te ponovno multipleksirao i modulirao prije odašiljanja na sljedećem odsječku trase.

Uređaj RP8-24 se u primjeni pokazao kao pouzdan i jednostavan za održavanje. Međutim preporuka koji se donio CCIR je kao normu predviđala radiorelejni uređaj koji bi imao 32 umjesto 24 kanala. Uređaj RP8 mogao se uz minimalne izmjene (ugađanje frekvencija lokalnih oscilatora, povećanjem širine pojasa međufrekvencije i sl.) prilagoditi novoj normi. Međutim, političkom je odlukom proizvodnja ugašena. Preostali uređaji i proizvedene komponente rabljeni su kao rezervni dijelovi za postojeće uređaje u uporabi, a kasnije su otpisani i uništeni. Krajem 90-ih godina 20. stoljeća postojala su dva kompletna prototipa uređaja RP8-24 u labora-



Sl. 7. Ugađanje radiorelejne veze na lokaciju u unutrašnjosti Istre, 1972. godine, na slici je Juraj Bartolić, tada zaposlen kao inženjer – samostalni konstruktor u RIZ-u [5]



Sl. 8. Tipična konfiguraciju s dva uređaja RP8 postavljena leđa-uz-leđa [6]

toriju Zavoda za radiokomunikacije i visokofrekvencijsku elektroniku Fakulteta elektrotehnike i računarstva (FER) u Zagrebu. Kako se nisu rabili, rastavljeni su u dijelove koji se i danas povremeno rabe na laboratorijskim vježbama za studente.

4. Zaključak

Radiorelejni uređaj RP8-24 za svoje je vrijeme predstavljao vrhunsko tehničko rješenje koje je Hrvatsku i RIZ svrstalo u sam vrh među proizvođačima telekomunikacijske opreme u Europi. Samo još jedan ili dva proizvođača (npr. Telettra) imali su u ponudi sličan uređaj. Postignuće je još i veće imajući u vidu tadašnje društveno uređenje u kojem je svaka komunikacija sa zapadnim zemljama smatrana potencijalno sumnjivom i u kojem je dostupnost inozemne (zapadne) stručne i znanstvene literature te mikrovalnih poluvodičkih komponenata bila ograničena.

Prekidom proizvodnje i rasformiranjem razvojne skupine, a kasnije i propadanjem cijelog RIZ-a uništena je tehnička jezgra koja je mogla imati svoju uspješnu budućnost. Ovaj je rad tek mali doprinos da se jedan značajan tehnološki iskorak u hrvatskom inženjerstvu ne zaboravi i da se ljudima koji su u njemu sudjelovali oda priznanje.

5. Zahvala

Hvala svima koji su nesebično svojim prilozima i sjećanjima pomogli pri pisanju ovog rada. Iznesene činjenice i tvrdnje osnivaju se na dostupnoj literaturi te sjećanjima sudionika i suvremenika. Zbog protoka vremena moguće su nenamjerne pogreške. Stoga će autori biti zahvalni svima koji će na njih ukazati.

Literatura

[1] Radić, Z., Kviz, B., Kuštović, t., Koren, Z., Plavčić, Ž., Zimmerman, B., Brenko, Z., Renjić, P.: Mikrovalni primopredajni uređaj za prijenos 24 PCM telefonska kanala – RP8-24, *Elektrotehnika*, **Vol. XI** (1968), Br. 1, str. 5-12

[2] *Radiorelejni uređaj RP8-24 za prijenos 24 PCM kanala u J-pojasu (7782-7900 MHz)*, Radioindustrija Zagreb (RIZ) Zagreb, (1974.)

[3] Ruhek, A.: Multipleksni PCM transmisioni uređaj VM PCM 12, *Elektrotehnika*, **Vol. XI** (1968.), Br. 1, str. 13-22

[4] Kviz, B., *privatna komunikacija*

[5] Bartolić, J., *privatna komunikacija i zbirka fotografija*

[6] Janković, D., *privatna zbirka fotografija*

Povijest izrade i proizvodnje tekstila u Hrvatskoj

Prof. dr. sc. **Ružica Čunko**, član emeritus HATZ-a,
Odjel tekstilne tehnologije, ruzica.cunko@gmail.com

Doc. dr. sc. **Željko Knezić**, član suradnik HATZ-a,
Sveučilište u zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, zeljko.knezic@ttf.unizg.hr

Prof. dr. sc. **Tanja Pušić**, član suradnik HATZ-a,
Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, tanja.pusic@ttf.unizg.hr

Prof. emer. dr. sc. **Ivo Soljačić**, član emeritus HATZ-a,
Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, ivo.soljacic@ttf.unizg.hr

Sažetak: *Dat je sažeti pregled izrade i proizvodnje tekstilija na geografskim područjima današnje Hrvatske od pretpovijesti do današnjih dana u pogledu načina rada, korištenih tehnika, tehnologije i sirovina, koji su karakteristični za pojedina povijesna razdoblja i geografska područja. U tom su smislu najprije opisane temeljne značajke rukotvorske izrade tijekom tisućljećima dugog razdoblja u kojemu je takav način izrade tekstilija bio dominantan. Istaknute su njegove specifičnosti vezane uz hrvatsko podneblje kao i njegovo značenje kao kulturno-povijesne baštine te je istaknuta potreba njegova očuvanja. U drugom dijelu opisane su karakteristične značajke manufakturnog načina proizvodnje tekstila na području Hrvatske s naglaskom na specifičnosti i razlike u dubrovačkim manufakturama iz 15. i 16. st. i kasnijih manufaktura u 18. i 19. st. koje su pretežito bile razvijene u Banskoj Hrvatskoj, ali i primorju i dalmatinskom zaleđu. Treći dio bavi se prikazom razvoja hrvatske tekstilne industrije – od njenih početaka nakon raspada Austro-ugarske monarhije, intenzivnog razvoja i ekspanzije u drugoj polovici 20. st. do naglog pada nakon Domovinskog rata i na prijelazu u treći milenij. Posebno su istaknute i ukratko opisane odabrane tvornice koje su obilježile zlatno doba hrvatske tekstilne industrije, ostavile trag u pozitivnom nacionalnom gospodarskom nasljeđu ili uspjele prebroditi krizno razdoblje i opstati do današnjih dana.*

Ključne riječi: *povijest tekstila, rukotvorska izrada, manufakture tekstila, industrijska proizvodnja tekstila, hrvatske tekstilne tvornice*

1. Uvod

Uz prehranu i stanovanje, na ovim našim prostorima kao i u postojbinama naših predaka, odijevanje je oduvijek nezaobilazna potreba u svakodnevnom životu čovjeka, od

pamtivijeka do današnjih dana. Zato je tekstil čovjekov vjerni pratilac koji ga prvobitno ponajprije štiti od hladnoće, ali vremanom poprima sve širu i složeniju ulogu u ljudskoj zajednici. Od predpovijesti do današnjih dana, njime se na određeni način iskazuje društveni status, bogatstvo i moć, pripadnost nekom društvenom sloju, grupi ili kasti, njime čovjek ukrašava svoje interijere stanovanja, njeguje i ukrašava tijelo, naglašava osobnost, poručuje kojim se poslom bavi, njime iskazuje tužne i sretne događaje, trguje, zarađuje za život… Danas je tekstil i mnogo više od toga jer je, zahvaljujući iznimnom napretku tehnologije novih vlakana i materijala, ušao u najsofisticiranija područja mikro– i makro-tehnike, medicine i sve gospodarske grane, pa ni iskoraci kao što su prodor čovjeka u svemir ne bi bili mogući bez zaštitnih kompozitnih materijala s tekstilnom komponentom. Može se ustvrditi da je povijest izrade i proizvodnje tekstila iznimno bogata, široka, složena i zanimljiva te da se neka vrsta tekstila proizvodi u okviru gospodarstva gotovo svake države ili društvene zajednice. Na području današnje Republike Hrvatske ona je prisutna od pretpovijesnih razdoblja do današnjih dana, doživljavala je svoje uspone i padove, ali je uvijek bila važna komponenta u zadovoljavanju životnih potreba pojedinca i društvenog prosperiteta u cjelini. U okviru članka ukratko će se prikazati glavne značajke koje su karakterizirale izradu i proizvodnju tekstila na prostorima današnje Hrvatske od predpovijesnih do današnjih dana s naglaskom na vrijeme u kojemu su hrvatska tekstilna i odjevna industrija bile iznimno značajne industrijske grane i najveći izvoznik u hrvatskom gospodarstvu.

2. Rukotvorska izrada tekstila

Arheološki, etnološki i povijesni izvori dokazuju da tekstilno rukotvorstvo na tlu Hrvatske seže daleko u pretpovijesno razdoblje te da nosi neke značajke kulture Južnih Slavena, odraze prethodnih žitelja na tim prostorima te specifičnosti pojedinih geografskih područja Hrvatske. Na žalost, do danas nisu pronađeni pisani dokumenti o tome kako se u najranijem dobu hrvatske povijesti ta proizvodnja odvijala, ali na temelju brojnih arheoloških nalaza i istraživanja starih kultura i civilizacija te socio-etnoloških značajki zajednica i naroda iz okruženja, mogu se rekonstruirati prve tehnike i načini koji su korišteni u izradi tekstila na našim prostorima.

2.1. Tkanje – najstarija rukotvorska tehnika izrade plošnih tekstilija

Pretpovijesni su žitelji prve svoje odjevne predmete izrađivali od krzna i kože životinja koje su koristili za hranu. Tkanine su naučili izrađivati kasnije, najprije isprepletanjem grubih niti u neku vrstu tkanja slično izradi košara od savitljivog pruća, a potom tkanjem primjenom jednostavnih tkalačkih stanova. Od tada je izrada tkanina za najraznovrsnije tekstilne predmete tisućljećima najznačajnija djelatnost u našem tekstilnom rukotvorstvu. Drevnu primjenu tehnike tkanja na području pa-



Sl. 1. Čizmica pronađena na podu vučedolske kuće (Muzej u Vukovaru, snimio Z. Čunko)



Sl. 2. Rekonstruirani vučedoloski uspravni tkalački stan (Muzej u Vukovaru, snimio Z. Čunko)

nonske Hrvatske potvrđuju bogati neolitski nalazi keramike Vučedolske kulture datirani u 3. tisućljeće pr. Kr. (sl. 1). Neolitski uspravni tkalački stan s utezima rekonstruiran je na temelju nalaza glinenih utega na istom lokalitetu (sl. 2).

Glineni i kameni utezi u brojnim pretpovijesnim arheološkim nalazištima izvan panonskog dijela, svjedoče o primjeni sličnog tkalačkog stana i na širim prostorima Hrvatske. Na neolitskim vertikalnim stanovima tkali su se komadi tkanina odozgo prema dolje, a uspravna osnova napinjala se utezima. Nalazi keramike svjedoče da je odjeća i ukrašavana živopisnom geometrijskom ornamentikom. I u doba Rimljana najrašireniji je bio tkalački stan s uspravnom osnovom, ali drukčiji od onog iz pretpovijesnog razdoblja; nije imao utege, a na njemu se tkalo odozdo prema gore. Povijesni spisi (*Notitia Dignitatum*) govore da su u Dioklecijanovoj palači u Splitu, na takvim stanovima žene tkale sukno za potrebe rimske vojske i tkanine od brnistre za potrebe domaćeg stanovništva [1].

Dolaskom Hrvata na ove prostore dolazi do prožimanja zatečene tradicije u načinu izrade tekstila s njihovom praslavenskom baštinom. U novu su postojbinu donijeli tkalački stan s horizontalnom osnovom koja se namata na vratilo, što je omogućilo brže i jednostavnije tkanje dugačkih komada tkanine. Kombiniranjem raznobojnih niti u osnovi i potki te korištenjem različitih načina unošenja potke, moglo se kreirati raznovrsne živopisne desene geometrijskih oblika. Tkanje na horizontalnom tkalačkom stanu s dva lista, poznatim pod nazivom *krosna* (*krosano, razboj*), postaje dominantna tehnika rukotvorske izrade plošnih tekstilija i u osnovi je sačuvana do današnjih dana. Na takvom tkalačkom stanu najčešće se tkalo u platno-vezu. Za vunenu tkaninu u platno-ve-



Sl. 3. Tkanje "na vutljak" na horizontalnom tkalačkom stanu [2]



Sl. 4. Predenje na kolovratu [4]

zu, opći je naziv bio *sukno*, ali i čoja i *sklavina*. Tkanina u platno-vezu izrađena od lana ili kudjelje naziva se *platno.* Značenje platna bilo je toliko da je služilo i kao mjera vrijednosti. U razdoblju trgovine zamjenom imalo je i kupovnu moć, o čemu svjedoči termin *platiti*, što se u Slavena obavljalo platnom. Naziv *platno* sačuvao se do današnjih dana kao opći naziv za pamučne i lanene tkanine u jednostavnom platno-vezu.

U izradi šarenih i uzorkovanih tkanina složenijih vezova primjenjivali su se i tkalački stanovi s više listova (do 12) te različite tehnike unošenja raznobojnih potkinih niti. Najzastupljenije ukrasno tkanje dobivalo se *prijebornom* tehnikom pri čemu se "prebiranje" pri uvođenju potkinih niti u osnovu, ostvarivalo na više načina: *prijebor na zijev*, *na prste, na* dasku, *na šibe* i *vutlak (vutljak,* sl.3). Specifična tehnika *vutlanja* kojom se dobivaju šupljikave tkanine ornamentike nalik čipki, primjenjivana je jedino na području Turopolja, Moslavine i Hrvatske Posavine. Ti su prostori bili poznati po sjajnoj lanenoj pređi zlatno-žućkaste boje, čija je visoka kvaliteta prepoznata i na Prvoj svjetskoj izložbi u Londonu (1851, pređa iz kotara Petrinja) [3]. U izradi šarenih *vunenih* predmeta (pregače, pojasevi, pokrivači, ćilimi, torbe i dr.) za unošenje obojenih niti upotrebljavale su se tehnike *ulaganja pramenova, tkanje preko palice, klječanje* i *uzlanje*. Vrsta motiva i ornamentika, kao i kolorit boja bili su karakteristični i prepoznatljivi za pojedina geografska područja, odnosno krajeve i kulture življenja.

Kao ***sirovine*** u tekstilnom rukotvorstvu na tlu Hrvatske tisućljećima su se gotovo isključivo koristili *vuna*, *lan* i *konoplja* te dijelom i *brnistra* u primorskim krajevima. Uzgoj ovaca i koza u Sredozemlju i na Balkanu udomaćen je još prije 8000 godina te je vuna dominantna drevna tekstilna sirovina u brdovitim područjima. Uzgoj lana i konoplje karakterističan je za ravničarske krajeve, a povjesničari i arheolozi datiraju poznavanje ovih kultura u neolitik i eneolitik (Vučedol, lanene krpice u sojenič-

kom naselju kod Ljubljane i Vinčevska kultura). Lan i konoplju poznavali su i stari Slaveni na području Baltika, pa umijeće njihova uzgoja prenose dolaskom na ove prostore. Da bi se dobila vlakana iz stabljike (lika) lana i konoplje potreban je niz obrada, koje se na gotovo nepromijenjen način provode od praslavenske tradicije do današnjih dana. Snopovi zrelih stabljika se najprije moče, potom peru i suše na suncu. Da bi se iz tako obrađenih stabljika oslobodila vlakna, valja ukloniti drvenasti dio (pozder), što se postže mehaničkim obradama pomoću *stupe*, *trlice* i *grebena*. Snop dugih vlakna dobiven grebenanjem naziva se *povijesmo* i služi za izradu fine čvrste pređe, a kratka vlakna koja otpadnu pri grebenanju nazivaju se *kučina.*

Pređa – tekstilna nit neograničene duljine, kakva je potrebna za tkanje, dobivala se uvijanjem vunenih, lanenih i konopljinih vlakana prstima i namatanjem na štapić naziva *vreteno*. U sjeverozapadnim krajevima (pod utjecajem alpske kulture) u 19. st. se za predenje počinje koristiti naprava *kolovrat* (sl. 4), čime se značajno povećava brzina predenja i dobiva finija i čvršća nit. Za proces tkanja, od pređe je potrebno prirediti *osnovu* koja se namata na vratilo tkalačkog stana, što se radi *snovanjem*. Na temelju naziva čisanica i *pasmo,* koji se koriste u pripremi osnove, utvrđeno je *(M. Gavazzi*) da je na tlu Hrvatske najrasprostranjeniji u primjeni bio seksagezimalni sustav brojenja niti, što ukazuje na kontinuitet prenošenja slavenske tradicije [1].

Tek u 13. i 14. st. dubrovački i bizantski trgovci donose sjeme *pamuka*, no uzgoj te biljke nije se udomaćio u Hrvatskoj. Za širu primjenu pamuka u potki pri izradi platna, dokazi upućuju na 19. st. a radi se o pređi uvoznog porijekla. Ne zna se točno kada se na tlu Hrvatske počeo uzgajati dudov svilac za potrebe dobivanja *svile*, ali se zna da prvenstvo pripada dalmatinskim gradovima (Rab, Pag), koji su u doba dominacije Mlećana, porez plaćali čahurama dudova svilca. U 18. st., osobito u doba vladavine Marije Terezije, uzgoj dudova svilca potaknut je gospodarskom politikom austrijskih vlasti te je tako organizirano svilarstvo u našim sjevernim krajevima i dalmatinskom zaleđu trajalo oko 100 godina. Svila je oduvijek bila luksuzno vlakno te se koristila za izradu svečane odjeće vladara i plemstva, ili je prisutna kao ukrasni element na svečanoj odjeći i crkvenom ruhu. U našem folklornom tekstilu svilena tkanja i svileni vez na tkaninama najčešći su u tekstilu iz okolice Dubrovnika i Splita, Slavonije i Baranje te u orijentalnom tekstilu Hercegovine. U skupocjene tekstilne predmete nerijetko su se utkivale srebrne i zlatne niti ili pak bi se ukrašavali takvim nitima raznim tehnikama zlatoveza.

2.2. Druge rukotvorske tehnike izrade tekstilija

Važna tehnika izrade vuneneih predmeta je i ***ručno pletenje***, u značajnijoj mjeri prisutno nakon pronalaska pletaćih igala (18. i 19. st.). Pletenjem se u rukotvorstvu izrađuju gotovi odjevni predmeti: džemperi, jakne, pelerine, kape, čarape, šalovi, rukavice, pojasevi i dr., ali i torbe te prostirke za razne namjene. Kombiniranje ra-

znobojnih niti pri pletenju je jednostavno, što omogućuje tvorbu živopisnih desena, karakterističnih za pojedina geografska područja.

Arheološka istraživanja i nalazi svjedoče da su određene tehnike preplitanja i tvorbe rupičastih tekstilnih predmeta nalik pletivima ili čipkama bile poznatae i znatno prije otkrića pletaćih igala. U nalazima iz starohrvatskih grobova na lokalitetima nekropole sv. Spasa u selu Cetini kod Vrlike (9. do 14. st.) i biskupije Crkvina kod Knina (9. do 10. st.) pronađeni su dobro sačuvani dijelovi odjeće izrađeni od metalnih niti, odnosno *srme* (sl. 5). Utvrđeno je da su konstrukcija srme i širina metalnih lamela koje obavijaju tekstilnu nit usporedivi sa suvremenom srmom, a spektralnom analizim u metalnoj lameli dokazani su srebro, zlato i bakar [5].



a) b) c)

Sl. 5. Ukrasna traka od srme iz starohrvatskih grobova (nekropola sv. Spasa u selu Cetini kod Vrlike (9. – 14. st.); **a)** povećanje 9 puta, **b)** detalj uz povećanje 18 puta, **c)** detalj uz povećanje 60 puta [5]

U vunenom tekstilu značajna tvorevina od pradavnih do današnjih vremena je i ***pust*** (*pustina, filc)*, tj. čvrsto zbijena i kompaktna plošna tvorevina koja se dobivala gnječenjem, gaženjem i zbijanjem vlažnog runa, odnosno vunenih vlakana. Od pusta su se izrađivali čvrsti i topli odjevni i drugi tekstilni predmeti, a i danas je filc veoma cijenjen materijal za izradu šešira.

U tekstilnom rukotvorstvu veliko značenje ima i ***čipka***, šupljikava plošna tvorevina namijenjena ukrašavanju odjeće, posteljnog i stolnog rublja te stambenih interijera. Ručno se čipka *iglom, kačkalicom (kukicom)* i *batićima* pa se u skladu s time razlikuju šivane i *kačkane* čipke te čipke na batiće *(klepkana č.*). Osnovni materijal je fini bijeli pamučni konac, manje su zastupljeni laneni konac i svila, rijetko vuna i agavine niti, a samo iznimno zlatne i srebrne niti. Prvi oblici čipke nastaju izvlačenjem niti na rubnim dijelovima tkanine (kasnije i na unutarnjim) i obamitanjem iglom i koncem, potom kukičanjem, a poznati su pod nazivima *rese*, *rasplet, priplet, špice, šlinge, izrezanac, paški teg*. Kao samostalni ukrasni odjevni predmet, modni detalj, bitan dio crkvenog ruha ili skupocjenog tekstilnog predmeta, u našim se krajevima čipka javlja već u 16. st. Tako čuveni francuski državni administrator i merkantilist *J .B. Colbert* 1566. zapisuje da se na francuskom dvoru izrađuju čip-

ke *na jastuku na dubrovački način*, a vrijedan primjerak čipke iz tog doba očuvan je u crkvi Gospe od Šunja na Lopudu. Svoj procvat i osobiti doseg čipka doživljava u 19. i početkom 20. st. kada se otvaraju i čipkarske škole te profiliraju tri središta čipkarstva u Hrvatskoj. To su: Lepoglava s *lepoglavskom čipkom* na batiće (koja se uspoređuje s najfinijim belgijskim čipkama), Pag s finom šivanom *paškom čipkom* sličnoj venecijanskoj i Hvar s jedinstvenom *hvarskom čipkom* koja se iglom izrađuje od finih agavinih niti. Danas je revitalizirana njihova izrada i sve su tri vrste čipki dobile znak kvalitete *Izvorno hrvatsko*, a 2009. ušle su u UNESCO-ov popis nematerijalne kulturne baštine i po svojoj ljepoti i profinjenosti ne zaostaju za vrhunskim svjetskim čipkama. Svaka od njih odlikuje se posebnostima izrade, karkterističnim motivima i ornamentikom, po čemu su i prepoznatljive [6, 7, 8].

Zaključno se može ustvrditi da rukotvorski način proizvodnje tekstila na tlu Hrvatske kroz dugi niz vijekova karakterizira živost u izradi raznolikih materijala i tekstilnih predmeta te njihova ukrašavanja. Uglavnom se odvijao u okviru seoskih zajednica (kućnih zadruga) u kojima je čovjek namirivao sve svoje potrebe za tekstilom. Posebna uloga pripadala je ženi koja je prelja, većinom i tkalja i švelja, za svoju obitelj.

Samo iznimno bio je to poluprofesionalan posao. Valja spomenuti i pojedinačna nastojanja entuzijasta da se rukotvorska baština razvija i komercijalizira. Među njima se ističe zagrebački trgovac *Salamon Berger*, koji je 1885. g. uložio novac i osnovao *Tekstilnu kućnu industriju*. Ohrabren uspjesima na izložbi u Parizu 1900. g. organizirao je tkalačku školu s ciljem da se u njoj obrazuju stručni voditelji, ali istovremeno i izrađuju uzorci po starohrvatskim motivima po kojima bi radnice i seosko pučanstvo radilo u svojim domaćinstvima. S. Berger je upravljao školom u svojim prostorima i tijekom dvije godine obrazovao je prvih 600 seljanki koje je zaposlio uz plaću. Povećavajući poslove 1904. godine uredio je skladišta i zastupstva u Hamburgu, Berlinu, Beču, Parizu, Chicagu, St. Louisu (gdje je 1905. godine uspješno sudjelovao na svjetskoj izložbi). 1907. godine u Zagrebu je organizirana velika etnografska izložba radova. Na međunarodnoj izložbi u Berlinu 1909. g. uspješno je prezentirao "hrvatskog odijelo" i tkalačku radionicu s tri tkalačka stana, a na svakom od njih tkala je po jedna seljanka primijenjujući različitu izvornu tehniku tkanja. U to vrijeme, na tim poslovima radilo je oko 1600 osoba u zemlji i u predstavništvima u svijetu. Unatoč brojnih uspjeha nakon 28 godina rada i ulaganja svog imetka S. Berger prekinuo je tu djelatnost i proizvodnju. Veći dio zbirke tadašnjeg *Trgovačko-obrtnog muzeja* (otvorenog 1905. godine) izradile su u svojim domovima upravo njegove uposlene seljanke [9].

Krajem 19. i početkom 20. st. intenzivnijim razvojem manufakturne, potom i inustrijske proizvodnje tekstila te postupnim raspadom seoskih zajednica, rukotvorstvo gubi na značenju, jenjava i sredinom 20. st. nestaje kao dominantan oblik opskrbe obitelji tekstilom.

Ipak, ključne značajke i tehnike hrvatskog tekstilnog rukotvorstva sačuvane su kao bogata tehnička baština koja živi i koju se i dalje njeguje u raznolikim vidovima revitalizacije [2,4].

3. Manufakturna proizvodnja tekstila u Hrvatskoj

Za manufakturnu proizvodnju tekstila karakteristično je da se radi ručno uz pomoć alata, da u proizvodnji sudjeluje više radnika uz određenu podjelu radnih operacija; radi se na zanatski način a proizvodi se za tržište. Manufakturna proizvodnja svojevrsni je prijelaz prema industrijskoj proizvodnji. Za područje današnje Hrvatske mogu se grubo izdvojiti dva važna razdoblja manufakturne proizvodnje – prve manufakture sukna u Dubrovačkoj Republici u 15. i 16. st. te manufakture raznovrsnog tekstila u 18. i 19. st.. rasprostranjene diljem Hrvatske.

3.1. Manufakturna proizvodnja tekstila u Dubrovačkoj Republici

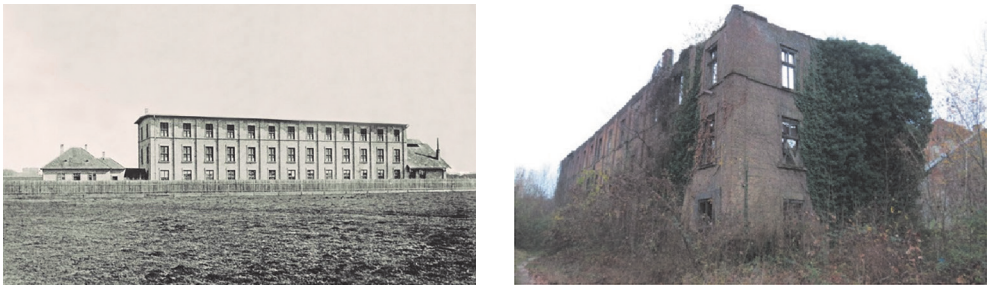
Nakon oslobođenja Dubrovnika od mletačke vlasti 1358. g. počinju se naglo razvijati trgovina i zanati, pri čemu najvažnije mjesto imaju trgovina i proizvodnja tekstila na zanatski način. Razvojem prvih manufaktura na Apeninskom poluotoku, Dubrovčani dolaze do spoznaje o mogućnostima još bolje zarade većom vlastitom proizvodnjom kvalitetnog tekstila, posebno sukna i njegovom prodajom. Na tragu tih spoznaja Veliko vijeće 1392. g među inim zaključuje da se podupire proizvodnja sukna na zanatski način [10, 11]. U to vrijeme u Dubrovniku se uglavnom proizvodi smeđe sukno od grube vune iz balkanskog zaleđa, poznato pod nazivom *raša*, koje kupuje siromašniji puk i franjevci. Nagli procvat proizvodnje kvalitetnijeg sukna bilježi se u 15. st., a prvom manufakturom smatra se osnivanje velike općinske radionice za pranje i bojadisanje sukna, koju je 1419. iznajmio *Petar Pantela*. Uz Pantelu su postojali još mnogi drugi proizvođači sukna. Proizvodnja je bila organizirana u svim fazama proizvodnje, a osnovane su čak i *bratovštine grebenara vune, češljara, prelaca, tkalaca, perača i bojadisara, krojača, podstrigača* (završna operacija čišćenja, pregleda i označivanja sukna) te *kapara.* Proizvodnja se intenzivno unapređivala tako da su Dubrovčani počeli uvoziti kvalitetnu vunu iz sjeverne Afrike, Engleske, Katalonije i drugih zemalja te su od nje izrađivali visoko kvalitetna vunena sukna koja su prodavali u svijetu. Najpoznatija takva sukna imala su i prve zaštitne oznake za jamstvo visoke kvalitete, a najcjenjenija su bila sukna pod nazivima *garbo, sopramani* i *San Martini*. Takvom kvalitetnom proizvodnjom u manufakturama te utkivanjem zaštitnih znakova kvalitete, dobrovačka sukna su uspješno odoljevala venecijanskoj konkurenciji. Uz manje padove proizvodnja se zadržala dva stoljeća, a nazadovanjem dubrovačke trgovine postupno se gubi i išćezava u 17. st. Značajan je to i rijedak domaći primjer uspješnog gospodarskog djelovanja u kojemu je uvožena sirovina a izvožen kvalitetan završni proizvod.

3.2. Manufakturna proizvodnja tekstila u Hrvatskoj u 18. i 19. stoljeću

Na ostalom području Hrvatske manufakturna proizvodnja tekstila započinje tek sredinom 18. st., dobrim dijelom na poticaj cara Karla VI. i carice Marije Terezije koji su podupirali razvoj manufaktura i davali niz olakšica za otvaranje novih poduzeća. Od sredine 18. do sredine 19. st. otvaraju se brojne više ili manje uspješne manufakture sukna, platna i drugih tekstilnih proizvoda, od kojih prema [1] navodimo:

- Manufakturu *sukna* u Zagrebu koju je 1751. g. osnovao *Franjo Kušević* a većinom je proizvodila sukno prosječne kvalitete za vojsku u Vojnoj Krajini. Asortiman je proširen ulaskom grofa *Sermagea* u suvlasništvo, no smrću F. Kuščevića 1762. manufaktura je zatvorena. Dugog vijeka nije bila ni *suknara* koju je osnovao grof *Drašković* sedamdesetih godina 18. st. u blizini Trakošćana, a u njoj se proizvodilo sukno naziva *aba*. Spominju se i manufakture sukna u Turnju kod Karlovca, u Velikoj kod Požege i u Podborju (danas Daruvaru).
- Otvaraju se i manufakture za proizvodnju *platna*, a jedna od najpoznatijih je ona koju je krajem šezdesetih godina 18. st. osnovao *Theodor Bathyany* u Ozlju. Platno se proizvodi od kudjelje i lana, namijenjeno je vlastitim potrebama te potrebama žitelja vlasnikovih grofija u Mađarskoj i okolici Ludbrega, a prema nekim podacima proizvodnja traje od 1720. do 1784. U literaturi se spominje i *platnara* u Bakru koja je radila od 1766. do 1781. g., no ne s odveć velikim uspjehom.
- Postoje podaci da već 1763. u Senju i Rijeci postoje manufakture užadi i brodskih konopa, a 1853. u Rijeci su postojale čak tri užarije. Velika užarija vlastelina *Adamovića* postojala je u Čepinu.
- Zapažena je i manufaktura zagrebačkog trgovca *Josipa Tömera* u kojoj se od 1831. do 1852. proizvodilo voštano platno (preteča današnje umjetne kože) i izrađivale vojničke kape *čake* te manji dijelovi druge vojničke opreme za potrebe austrijske vojske. Prestala je radom nakon odluke o ukidanju kape čake iz vojne odore.
- Ipak, najvažnije tekstilne manufakture u Hrvatskoj u to doba bile su u proizvodnji ***sirove svile***. Uvedene su smišljenom gospodarskom politikom austrijskih vlasti, odnosno izravno carice Marije Terezije, koja je angažirala znamenitog lombardijskog svilara *Solengija* da uvede svilarstvo u hrvatske krajeve. Uzgoj dudovog svilca u Banskoj Hrvatskoj uveden je između 1772. i 1774. godine [12-16]. Proizvodnju je do 1800. godine nadgledala vojska da bi zatim tu ulogu preuzela Ugarska sudska komora. Organizirano svilarstvo trajalo je oko 100 godina. Prva manufaktura otvorena je već 1767. g. u Požegi, ubrzo zatim u Osijeku (1774.), Varaždinu (1878.), Zagrebu – najprije u Preradovićevoj ulici s nasadima duda a 1892. na Trešnjevci (sl.6). Ne zna se točno kada je prestala s radom, ali se zna da je 1938. napuštena zgrada bila predana aero-klubu [15, 16]. Država je

forsirala uzgoj duda i dudova svilca i na drugim područjima – u okolici Zadra, na području Vojne Krajine, Like i dalmatinskog zaleđa. Proizvodnja svile se odvijala u tri odvojene faze: prva u seljačkoj kući gdje se uzgajao dudov svilac i dobivale svilene čahure, druga u *filandama* (*bubarama*) gdje su se gušile ličinke u kotlovima s vodom a potom se sa čahura odmatala nit sirove svile i treća u *filatoriju* gdje se sirova svila upredala u konac odnosno predivo potrebne čvrstoće za daljnju preradu tkanjem. Procjena je da se u doba vrhunca svilarstva uzgojem dudova svilca bavilo više od 13 000 seoskih domaćinstava, da je bilo 46 filanda, a najveći je bio u Osijeku u kojem je 1845. radilo 200 djevojaka i 80 radnika. Osječka je svila bila posebno poznata po svojoj kvaliteti za koju je dobila priznanje na izložbama u Beču 1835. i 1845. g.



a) b)

Sl. 6. Trešnjevačka "bubara"; a) nakon izgradnje 1938. b) ostaci bubare – danas [15]

Uspješno svilarstvo na području Hrvatske trajalo je oko 100 godina, do otprilike 1848. g. kada počinje njegovo opadanje i postupno gašenje. Filatorijum u Osijeku zatvara se 1861. a 1927. godine proizvodnjom svile u Hrvatskoj i Slavoniji su se bavila 8793 uzgajivača [12]. Razlozi propadanja svilarstva bili su brojni – od ekonomskih, društveno-političkih do bolesti duda i dudova svilca. U kasnijim razdobljima bilo je više pokušaja obnove svilarstva, no ono više nikad nije doseglo značajnije dosege i zadržalo se uglavnom na proizvodnji za lokalne potrebe u kućnoj radinosti. No još uvijek se diljem sjeverozapadne Hrvatske, Posavine i Like može naići na stabla duda kao preostale svjedoke vremena u kojem je svilarstvo imalo važnu ulogu u gospodarstvu.

Na kraju, zanimljivo je usporediti ovu manufakturu u 18. i 19. st. s onom dubrovačkom u 15. i 16. st. Dok su svilarske manufakture uglavnom proizvodile tzv. sirovine i poluproizvode (predivo i konac) koji su slani na daljnju preradu u razvijenije dijelove austrijskog carstva, u Dubrovniku su uvozili sirovine i poluprerađevine, a izvozili gotove visokovrijedne proizvode, što ukazuje na to da je onodobna Dubrovačka Republika bila visoko razvijena država, za razliku od Hrvatske u doba Austro-ugarske monarhije.

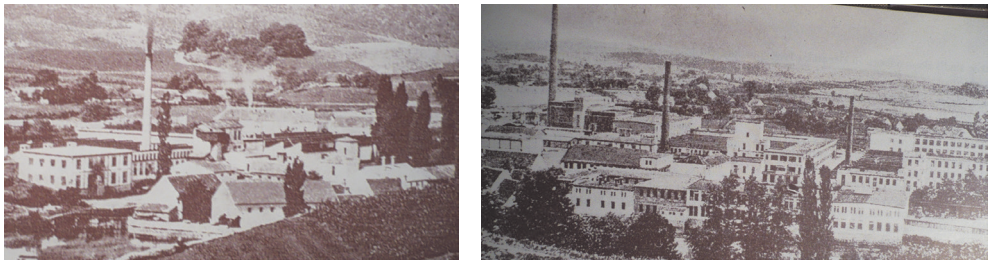
4. Osnivanje tekstilnih tvornica krajem 19.-tog i početkom 20-tog stoljeća

Bilo je više razloga sporog napretka nakon 1848. godine: gospodarsko-geografski položaj, politički odnosi u tadašnjoj Hrvatskoj, a stranom kapitalu nije bilo privlačno zbog nedostatka kvalificirane radne snage. Uz sve to, u modi su bili gotovi proizvodi iz Beča i tekstil iz Moravske i Češke. Tek 80-ih godina 19. stoljeća došlo je do laganog razvoja tekstilne industrije u Hrvatskoj primjenom strojeva koji su ubrzali procese, a dosta velik utjecaj imala je podrška bana Khuena Hedervaryja židovskom kapitalu, zahvaljujući kojemu je u Varaždinu i Zagrebu osnovano nekoliko tvornica koje nisu bile dugog vijeka (Wagnerova *tvornica rublja*, *tkaonica* Lavoslava Baumgartnera, *Prva hrvatska tvornica rublja* R. Severinskog, "*cajnk fabrika*" Jakoba Weissa). Pravi "bum" u osnivanju novih tvornica uslijedio je tek nakon I. svj. rata, tj. nakon raspada Austro-ugarske u kojoj su u proizvodnji tekstila i trgovini njime dominirale Češka i Moravska, a Beč bio glavna modna metropola. U to je doba Hrvatska bila relativno siromašna i nerazvijena i tek je nakon oslobađanja prostora od jake konkurencije moglo doći do vlastitog razvoja. Nakon 1920. g. niču brojne tvornice tekstila, od kojih su mnoge preživjele i do današnjih dana, a mnoge od njih na tom stogodišnjem putu su i nestale. U nastavku će se, prema odabiru autora, dati malo opširniji spomen na one koje su ostavile značajan trag u hrvatskom gospodarstvu i kolektivnom sjećanju ili ostale do današnjih dana važan subjekt u hrvatskom tekstilstvu.

4.1. Pamučna industrija Duga Resa i karlovačko okružje

Najveća tekstilna tvornica na području Hrvatske u 19. stoljeću bila je *predionica i tkaonica* u Dugoj Resi koju je, nakon kupnje posjeda s mlinom na rijeci Mrežnici 1884. godine, utemeljio i godinu dana kasnije pokrenuo proizvodnju, bečki veletrgovac Josef Jerusalem. Za svoju investiciju zainteresirao je poslovne partnere i vlasnike tvrtke "Abeles & Co." u Beču, Wilhelma Anningera i Siegmunda Mendela koji su zajedno uočili pozitivne značajke dugoreškog kraja (dobre cestovne i željezničke veze s morem – riječkom lukom i Karlovcem te Zagrebom) te su osnovali ***Kraljevsku zemaljsku ovlašćenu pamučnu predionicu i tkaonicu u Dugoj Resi***. O pojedinostima u razvojnom putu ove tvornice može se podrobno saznati iz monografije [17]. U prvoj godini postojanja izgrađena je dvokatna zgrada u koju je smještena čistionica i predpredionica u prizemlju, tkaonica na prvom katu (sa 60 tkalačkih strojeva), predionica (selfaktori i prstenaste predilice s 5000 vretena) na drugom katu, a na tavanu su bila vitla, stroj za škrobljenje i pakirnica. Pogonska energija dobivala se pomoću dvije vodene turbine od po 150 KS, ali zbog manjka vode u ljetnim mjesecima, već 1888. godine instaliran je tada najmoderniji parni stroj i transmisijski prijenos do tkalačkih strojeva i predilica. Na žalost, u požaru 24. rujna

1889. godine izgorjelo je sve osim parnog stroja, kotlovnice, radionice i čelične konstrukcije. Vlasnik se odlučio na obnovu, proširio prostore, povećao kapacitete, izgradio upravnu zgradu i kuću za majstore, te skladište egipatskog pamuka. U rujnu 1890. godine stigli su novi strojevi iz Engleske, te je do kraja godine svih 12 036 vretena bilo u pogonu. Istovremeno je uočen problem stručne radne snage, te je iste 1890. godine počela s radom privatna tekstilna škola sa tri razreda u kojoj su djeca slušala nastavu na hrvatskom i njemačkom jeziku. Kako nije bilo domaćih stručnjaka, izgrađene su radničke stambene zgrade za smještaj školovane radne snage iz susjednih zemalja, te su izgrađene dvije radničke kuće sa po deset stanova. Građeni su (proširivani) prostori za bjelionicu, tkaonicu, končaonicu, prostor za još jedan parni stroj snage 120 KS, te dimnjak visok 35 metara (sl. 7). Vodilo se računa o protupožarnoj zaštiti, pa je izgrađena hidrantska mreža s devetnaest dvostrukih priključaka.



a) b)

Sl. 7. Tvornica predenja i tkanja u Dugoj Resi: **a)** 1895. godine, **b)** 1932. godine [17]

Vlasnici Jerusalem, Anninger i Mendel 1896. godine u Beču osnivaju dioničko društvo koje je do kraja drugog svjetskog rata bilo vlasnik tvornice pod imenom *Dioničko društvo domaće tvornice predenja i tkanja pamuka Duga Resa.* Te godine su ostvarena poboljšanja u proizvodnji, financijski je podržavana škola, bolnica s 80 kreveta, kuća za medicinsko osoblje te je izgrađen i novi most preko Mrežnice. Nastojanjem tvornice preseljen je i općinski ured sa Švarče u Dugu Resu, tako se oko tvornice razvilo naselje s vlastitom područnom upravom.

1898. godine nastavlja se osuvremenjivanje strojnog parka i doradbenih pogona pa je tvornica u Dugoj Resi među prvima u Europi imala automatske tkalačke strojeve. U suradnji s karlovačkom električnom centralom u Ozlju na trošak tvornice izgrađen je dalekovod Karlovac – Duga Resa i uvedeno javno osvjetljenje u okolici tvornice.

Za vrijeme I. Svj. rata proizvodnja je stagnirala zbog nedostatka sirovina i rezervnih dijelova, morala se prilagoditi ratnim potrebama u materijalima i nekako se ipak uspjela održati.

Između dva rata nastojalo se zamijeniti dotrajale strojeve unaprijediti proizvodnju i povećati produktivnost. Izgrađena je bjelionica komadne robe, stambene zgrade za stručno osoblje, prvo kupalište s tuševima pa i dječje igralište. Valja istaknuti da je 1938. godine u tri smjene radilo oko 3100 radnika, a proizvodnja je uz punu iskorištenost kapaciteta iznosila dnevno oko 15000 kg pređe i oko 40000 metara tkanine te se tvornica s pravom ubrajala među velike pogone u zemlji i inozemstvu koji su svojom organizacijom i tehničkom opremom dorasli potrebama i zahtjevima onog doba.

Tijekom II. svj. rata u tvornici je radilo od 600 do 1300 radnika proizvodeći materijale potrebne vojsci. Kraj drugog svjetskog rata tvornica u Dugoj Resi je dočekala bez oštećenja, s velikom količinom sirovina, poluproizvoda i pređe. Od 1945. g. nastavila je uspješno raditi s oko 2000 radnika, pod imenom ***Pamučna industrija Duga Resa***. Za potrebe poduzeća 1945. u Dugoj Resi je osnovana industrijska tekstilna škola, prva takve vrste u Hrvatskoj.

U poslijeratnim godinama velika pozornost je dana održavanju strojeva pa su tek 1950-ih godina nabavljeni novi aparati za bojadisanje, strojevi za tisak tkanina, automatski tkalački stanovi, tj. poduzeta je značajna modernizacija proizvodnje, što je pridonosilo povećanju kvalitete i proizvodnosti [17]. Godine 1984. tvornica je. zapošljavala 4390 radnika i bila osnova razvoja u općini Duga Resa. U prosjeku je izvozila oko 30% ukupnoga prihoda na inozemno tržište. Uz pogon tkaonice u Generalskom Stolu, izvan Duge Rese nalazio se pogon lake konfekcije za proizvodnju radne odjeće u Bosiljevu. Od polovice 1980-ih poslovanje tvornice bivalo je sve slabije, a problem opskrbe pamukom uzrokovan nelikvidnošću radne organizacije sve prisutniji. Unatoč tomu 1989. puštena je u rad nova linija tada najsuvremenijih tkalačkih strojeva Sulzer-Rüti. Godine 1990. radna snaga bila je gotovo prepolovljena, proglašen je stečajni postupak koji je završen potkraj iste godine. Tijekom Domovinskoga rata 1991. tvornica je pretrpjela znatna oštećenja, no unatoč tomu nastavila je raditi. Programom pretvorbe 1994. pretvorena je u dioničko društvo, no u izmijenjenim društveno-gospodarskim uvjetima proizvodnja je sve više slabjela, poslovala je s gubitcima, a broj zaposlenih se kontinuirano smanjivao. Godine 2002. pokrenut je stečajni postupak, koji je dovršen 2015. gašenjem poduzeća [18].

Osim Pamučne industrije Duga Resa, 1920-ih i kasnije je osnovano i nekoliko novih – *Karolavačka industrija popluna, Korana – tekstilni veleobrt, Karlovačka pletiona, Velebit* – tvornica trikotaže i pletene robe. Rješenjem Vlade NR Hrvatske 1948. objedinjene su te tvornice u **Tvornicu pletene robe i popluna**, koja 1955. mijenja ime u ***Velebit*** i nastavlja rad s padovima i usponima do 2010. g.

4.2. Značajne tvornice na području Međimurja

ČATEKS – Čakovec

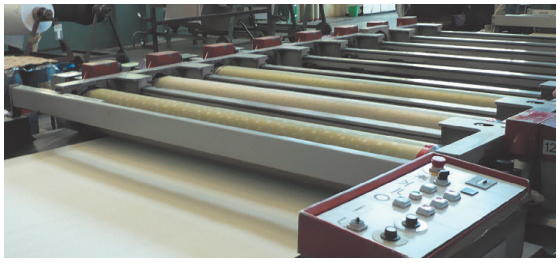
Godine 1878. obitelj *S. Neumanna* u Čakovcu prijavljuje bojadisaonicu, a 1894. godine nabavlja veći broj tkalačkih strojeva i proizvodnja prerasta u manju tvornicu iz koje se razvila današnja tvornica Čateks (sl. 8) [19]. Zahvaljujući kontinuiranom tehnološkom razvoju i inovacijama, Čateks je opstao i u kriznim vremenima za hrvatsku tekstilnu industriju krajem 20. i početkom 21. st. te ga danas sačinjavaju tri proizvodna centra: *Tekstil* koji se sastoji od tkaonice (sl. 9) i dorade tkanina (sl. 10), *Politeks* koji obuhvaća proizvodnju umjetne kože i laminiranih materijala te pogon *Konfekcije*. Takav ustroj čini vertikalnu integraciju i omogućuje dobru kontrolu svakog koraka u proizvodnji te bolju tehnološku inovativnost udruživanjem snaga inženjera svih proizvodnih centara. Čateks se takvim ustrojem tržišno pozicionirao kao proizvođač tehničkih tkanina i materijala veće dodane vrijednosti za specijalne namjene (vojne namjene i odore, medicinski i zaštitni tekstil, tekstil za namještaj i sl.) [20].



Sl. 8. Čateks – tvorničke hale [19]



Sl. 9. Tkaonica



Sl. 10. Dorada – rotacijski višebojni tisak

MTČ– Međimurska trikotaža Čakovec

Godine 1923. dioničko društvo braće Graner u samome centru Čakovca otvara *tvornicu vrpci i vezica,* a već iduće godine svoju ponudu šire proizvodnjom čarapa. Do 1929. tvrtka već spada u sami vrh proizvodnje čarapa za područje cijele Kraljevine Jugoslavije. Kada su 1934. g. nabavljeni strojevi za proizvodnju trikotaže, tvornica do razdoblja neposredno prije Drugoga svjetskog rata zapošljava preko tisuću radnika, a tekstilna industrija postaje jedna od najznačajnijih industrijska grana u Međimurju. Razdoblje poraća karakterizira nacionalizacija pa tako odlukom Vlade Narodne Republike Hrvatske 1947. Granerova trikotaža postaje ***Međimurska trikotaža Čakovec*** – MTČ (sl.11).



Sl. 11. MTČ kao velika i uspješna trikotažna tvornica sredinom 20. st.

U sljedećim desetljećima MTČ se razvija i raste, da bi do razdoblja osamdesetih godina broj zaposlenih dosegao brojku od oko tri tisuće. Na suvremenim strojevima uz dobru organizaciju posla i vrhunsku stručnost, proizvodi se iznimno kvalitetna trikotažna odjeća za bebe, djecu i odrasle, čarape i rublje, a proizvodi MTČ-a su na visokoj cijeni. Prodaju se u vlastitim prodavaonicama ali i diljem Jugoslavije. Propašću SFRJ i uspostavom samostalne i suverene Republike Hrvatske, početkom 1990-ih MTČ je podijeljen na više manjih dioničkih društava: MTČ Tvornica rublja d.d. (Čakovec), MTČ Tvornica čarapa d.d. (Čakovec), MTČ Tvornica dječje trikotaže d.d. (Prelog), MTČ Tvornica trikotaže d.d. (Štrigova). Od tada na žalost počinje sunovrat, a 2012. i posljednjih 240 radnika dobilo je otkaz. Konačan epilog dogodio se u srpnju 2017. rušenjem posljednjih ostataka nekadašnjega tvorničkog kompleksa. Prema dostupnim podacima s radom je nastavila Tvornica trikotaže u Štrigovi, jedna od samo dvije tvrtke preostale nakon raspada nekada nadaleko poznatog međimurskog tekstilnog diva Međimurske trikotaže Čakovec. Tvrtka u Štrigovi, nastala na temelju pogona osnovanog 1985. godine, poznata je po proizvodnji bebi– i dječje odjeće pod brendom ‘’Leptirić’’ te navodno izvozi preko 80% proizvodnje, sl. 12 [21].



Sl. 12. MTČ – trikotaža u Štrigovi



Sl. 13. Proizvod tvrtke Pozamanterija MTČ

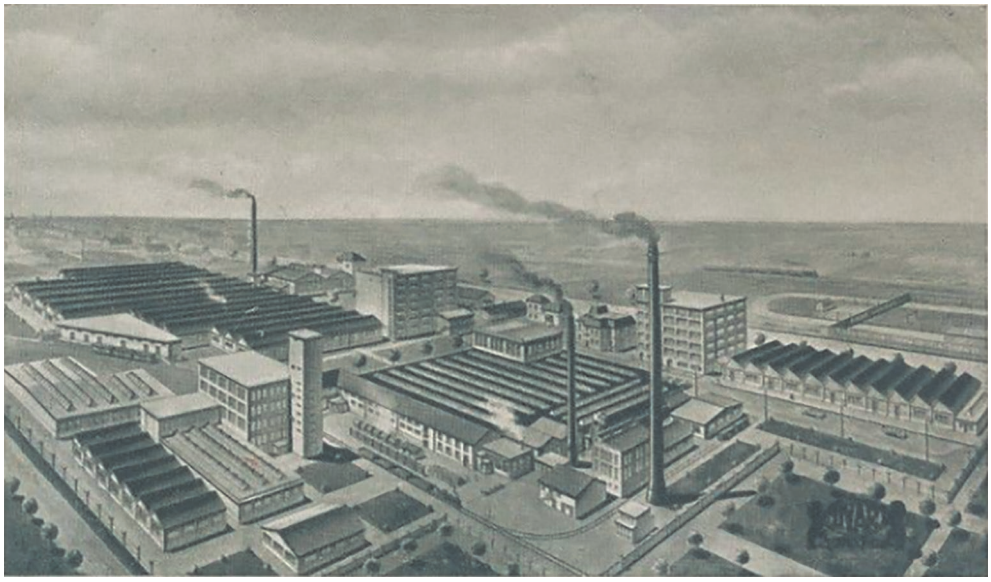
Druga tvrtka koja uspješno posluje nakon propasti giganta MTČ-a jest **Pozamanterija – materijali, trake, čipke d.o.o.** osnovana 2002.g. sa sjedištem u Murskom Središću te je sa više od 100 milijuna m/god različitih pozamanterijskih proizvoda postala vodeća pozamanterijska tvrtka. Primjenom više od 150 specijalnih modernih tkalačkih, pletaćih i žakar strojeva ona izrađuje različite pozamanterijske materijale, a pretežito se orijentirala na tehnički i kućanski tekstil. To podrazumijeva različite trake, gurte, remenje, kord i sl. proizvode velike čvrstoće i otpornosti na gorenje za vojnu, automobilsku i industrijsku primjenu (sl. 13). Osim toga proizvodi i razne vrpce i gajtane za kućanski tekstil i sl. Posluje u skladu sa suvremenim pristupom pri upravljanju kvalitetom i okolišem te ima implementirane norme HRN ISO 9001: 2008, Oeko-Tex Standard 100 i REACH [22].

4.3 Tvornice na varaždinskom području

VARTEKS – Varaždin

Koristeći nove znatno povoljnije uvjete za razvoj domaće proizvodnje tekstila i njegovu prodaju nakon raspada Austro-ugarske monarhije, strani investitori ubrzo su počeli investirati kapital u osnivanje novih tvornica i na varaždinskom području. Tomu je pridonijela i poticajna porezna, tarifna i carinska politika. Tako je već 1918. g. osnovana *Tekstilna industrija Varaždin* koja počinje s radom 1922. g. pod nazivom TIVAR. Osnovali su ju i podigli braća *Rudolf i Ernest Stiassny*, na lokaciji nekadašnje tvornice pamučnih i lanenih tkanina. Bili su to tvorničari koji su prije I. svj. rata bili vlasnici tekstilne tvornice u Brnu te su strojeve iz stare tvornice dopremili u Varaždin. Tako je započela proizvodnja, ali i stogodišnji razvoj tvornice koja je je u jednom svom razdoblju bila najveća i najjača tekstilna tvornica ne samo u Hrvatskoj i Jugoslaviji, nego i u jugoistočnoj Europi (1969. g. zapošljava oko 11500 radnika).

Početna proizvodnja bila je relativno skromna, a proizvodilo se vuneneo predivo i relativno grube tkanine za vojne kabanice (čoja i šojak) te srednje teška sukna za civilna i vojnička odijela. Tvornica je raspolagala linijom za pranje sirove vune, linijom za češljanje, 48 tkalačkih stanova te bojadisaonicom i linijom za doradu. Oko 150 zaposlenih proizvodilo je 600 do 700 m sukna na dan. Već 1926. uveden je odjel konfekcije i proizvodnja odjevnih predmeta na 36 strojeva, što je bila prva lančana proizvodnja tekstila na industrijski način u tadašnjoj SHS. God.1929. otvara se i prva trgovina u Varaždinu i stvara početak prodajne mreže. Početkom 1930-ih dio pogona se modernizira, a osnivaju se i novi, pa 1935. kompleks obuhvaća 17 zgrada (sl. 14) u kojma je bilo zaposleno više od 1800 radnika. Širenje proizvodnje time ne prestaje, a za vrijeme II. svj. rata NDH uvodi državnu upravu i proizvodni asortiman podređuje vojnim potrebama. Potkraj rata tvornica zapošljava oko 2300 radnika.



Sl. 14. Pogled na tvornicu Tivar 1934. g.

Nakon rata Tivar je nacionaliziran te od 1948. tvornica postoji i posluje pod nazivom ***Varaždinska tekstilna industrija (Varteks)***. Sve do potkraj 1980-ih tvornica je u usponu, razvija se u tehničko-tehnološkom aspektu, širi kapacitete i asortiman proizvoda (uz primjenu vune kao temeljne sirovine, sve više su zastupljene i mješavine s drugim umjetnim i prirodnim vlaknima), brine o stručnoj edukaciji zaposlenika, provodi industrijsku kontrolu kvalitete proizvodnih procesa i proizvoda, podiže kvalitetu svojih proizvoda i postaje najvećom i najpoznatijom hrvatskom i jugoslavenskom tvornicom. Otvorenost prema novim idejama i naprednim tehnologijama, suradnja s relevantnim institucijama i ustanovama te pravovremena imple-

mentacija tržišnih impulsa osigurali su Varteksu vodeću poziciju u tekstilnoj i modnoj industriji na ovim prostorima [23].

Varteks je i jedan od suosnivača Više tekstilno-tehničke škole u Varaždinu (1961.), a i tvornice poliesterkih vlakana Vartilen. Već početkom 1960-ih otvara i niz dislociranih pogona u okolici Varaždina (Bednja, Ivanec, Ludbreg, Vinica, Novi Marof) osiguravajući time egzistenciju brojnih seoskih obitelji u okruženju. Vrhunac proizvodnje dosegnut je 1981. kada je suvremenom tehnologijom proizvedeno 2540 t pređe iz koje je izrađeno više od 5 milijuna metara tkanine; Varteks je tada najjači tekstilni kombinat u SFRJ, a obuhvaća 12 OOUR-a i 10 RO-a, a postaje i jedna od najvećih uvozno-izvoznih kuća (1971. osniva *Vartimpeks*). Godine 1983. postaje licencirani partner poduzeća Levi Strauss & Co. i pokreće proizvodnju *levi's* traperica u rekonstruiranom pogonu tkaonice u Novom Marofu. Traperice su se proizvodile do 2008. a za istaknuti je da je za postizanje tzv. iznošenog izgleda traperica koreština najsuvremenija tehnologija obrade laserom.



Sl. 15. Logotipi Varteksovih modnih marki [24].

U nastojanju za što uspješnijim plasmanom proizvoda na tržišta utemeljuje vlastite modne marke: *Vartekes International* (1972. i *Di Capri*o (1994.) kao svoj premium brend.

Krajem 1980-ih poslovanje Varteksa zapada u teškoće, dolazi do štrajkova, a situacija se dodatno pogoršava početkom 1990-ih zbog gubitka mnogih poslovnih prostora izvan Hrvatske. Kao priprema za nadolazeću privatizaciju 1991. je osnovan Varteks holding (još uvijek ima 7376 zaposlenih), a službena pretvorba poduzeća u dioničko društvo dogodila se 1993. U godinama koje slijede plan je profilirati se kao poduzeće za proizvodnju visokokvalitetnih proizvoda. Postupno se ukidaju pojedini proizvodni pogoni i linije te smanjuje broj zaposlenih, ali tvrtka uporno odolijeva teškoćama prilagodbom novim okolnostima. 1994. g. počinje raditi za Hugo Boss te je posljednjih petnaestak godina na vrhu ljestvice najboljih kontraktora te modne kuće. Od 2003. g. proizvodi mušku odjeću za J. Lindberg, a od 2008. za The Kooples te je među najboljim kotraktorima i tih modnih brendova. Godine 2013. provedena je uspješna predstečajna nagodba, proizvodnja se nastavlja (2015. zaposlena su 1342 radnika), a 2018. provedena je uspješna dokapitalizacija koja je

omogućila stabilizaciju poslovanja. Na dan 31. 12. 2018. Varteks ima 1027 zaposlenika, cilj mu je revitaliziranje vlastitog brenda i vraća se svom imenu kao krovnom i univerzalnom brendu za sve svoje linije. Predstavio je do sada svoju najluksuzniju kolekciju od kašmira, alpake i Loro Piana 130's, te započeo s ponovnim otvaranjem dućana, nakon višegodišnjeg intenzivnog smanjivanja prodajne mreže.

VIS – Varaždinska industrija svile

Inicijativom nekolicine industrijalaca i bankara iz Beča i Zuricha, 1929. g. osnovana je **Varaždinska industrija svile**, u kojoj je na 36 tkalačkih stanova nabavljenih u Švicarskoj i Francuskoj, započela proizvodnja tkanina od prirodne svile. Može se na to gledati i kao na svojevrstan nastavak tradicije na manufakturu svile iz oko 1750., a koja se spominje u spisima tkalačkog ceha [25]. Pojavom novih umjetnih celuloznih vlakana u prvoj polovici 20. st. svilana proizvodi i tkanine od tzv. umjetne svile (viskozna i bakarna vlakna, acetatna), razvija se i uoči II. svj. rata raspolaže sa 196 tkalačkih stanova i manjim pogonom za dorađivanje tkanina, zapošljava oko 450 radnika i proizvodi oko 1,5 milijuna m tkanina godišnje. II. svj. rat donosi razaranja i nazadovanje te je tek 1950. postignuta prijeratna proizvodnja.Daljnji razvoj ide u više smjerova: proizvodnju tkanina, 1956. g. organizirana je proizvodnja konfekcije, 1957. proizvodnja kišobrana i 1959. proizvodnja galanterije. U razdoblju od 1965. do 1979. g. VIS doživljava najjaču ekspanziju uz osuvremenjivanje i modernizaciju tehnologije i strojeva. Otvaraju se proizvodni pogoni u Vinici, Jalžabetu i Budinščini.

Kraj 1980-ih i početak 90-ih i u VIS donosi teškoće vezane uz gubitak tržišta u okruženju, teškoće u nabavi sirovina, pretvorbene promjene i prestrukturiranja, što rezultira stagnacijom i negativnim kretanjima u poslovanju. Godine 1992. iz dotadašnjeg VIS-a pretvorbom su nastala dva poduzeća: **VIS Tkanine d.d**. s proizvodnim pogonima na matičnoj lokaciji u Varaždinu i **VIS Konfekcija d.d.** u čijem se sastavu tada nalazi pet proizvodnih pogona: Varaždin, Jalžabet, Babinec, Budinšćina i Vinica.

Sve do sredine 1990-ih VIS je bio najveći proizvođač tkanina svilarskog programa u Hrvatskoj s proizvodnjom blizu 9 milijuna m/god. Od raznovrsnih prirodnih i umjetnih vlakana proizvodio je kvalitetne tkanine za raznolike namjene – za kravate, marame i šalove, podstavne tkanine, tkanine za sport i slobodno vrijeme, tkanine za kišobrane, suncobrane, za potrebe MUP-a i MORH-a i dr. Bio je poznat po kvalitetnim kišobranima, a i kao jedan od partnera u realizaciji sportskog brenda bivše države YASSA (jugoslavenski asortiman sportskih artkala) (sl.15). Uvijek je bio usmjeren prema osuvremenjivanju i napretku, zapošljavao visoko obrazovane stručnjake (npr. 1994. VIS Tkanine ima 547 zaposlenika, od kojh 70 njih ima visoku i višu stručnu spremu). Nije bilo za očekivati da će u novovovijekim pretvorbe-



Sl. 16. Jakna iz programa YASSA s oznakom Zimske olimpijske igre 1984.

nim procesima i ta tekstilna tvornica nestati, što se ipak dogodilo 2005. g. Od nekadašnjeg tekstilnog diva danas je ostala samo VIS konfekcija d.d. sa sjedištem u matičnoj Svilarskoj ulici u Varaždinu. Poduzeće je specijalizirano za proizvodnju intimnog ženskog rublja, noćnog rublja, ženske modne odjeće (laka konfekcija), kupaćih kostima, te sportskih i modnih jakni. Sa iskustvom više od 50 godina, predstavlja jedno od vodećih poduzeća u toj branši na ovom djelu Europe. Na domaće tržište proizvodi dolaze s markom CRODEL.

4.4. Tvornice krapinsko-zabočkog područja

ZIVT i KRATEKS

Jedna od preteća poduzeća bila je *Tekstilna industrija Milan Prpić u Zaboku d.d.* koja je na području Zaboka počela radom 1936. g., a krajem 1945. postaje državno poduzeće. Radi potreba na tržištu, a temeljem odluke Vlade Narodne Republike Hrvatske, *Zagorska industrija vunenih tkanina Oroslavlje, Tekstilna industrija Milan Prpić Zabok* i *Krapinska tekstilna industrija Krapina* (KRATEKS, koja je osnovana davne 1924.g.) fuzionirale su se u novo poduzeće pod nazivom ***Zagorska industrija vunenih tkanina Zabok*** 1946. godine. Tako združeno, poduzeće je djelovalo do 1948. kada se izdvojila Krapinska tekstilna industrija i dalje poslovala samostalno. Imala je predionicu češljane vunene pređe, tkaonicu i konfekciju. Od te proizvodne djelatnosti danas je preostala samo konfekcija.

Nakon izdvajanja Krateksa, ZIVT je i dalje u svom sastavu imao tri pogona, jer mu se pridružilo poduzeće "Preslica" iz Oroslavlja, ali 1954. dolazi do razdvajanja pogona u Oroslavlju i Zaboku. Pogon u Oroslavlju počeo je sa samostalnim radom pod nazivom ***Oroteks*** Oroslavlje. Tijekom 1955. u ZIVT-u je registriran novi pogon *Regeneracija* – poduzeće za preradu i razvrstavanje tekstilnih sirovina i otpadaka.

Tijekom 1956. godine ZIVT je osnovao i pogon radionice ćilima u Krapinskim Toplicama, a Odlukom Radničkog savjeta ZIVT-a pogon je 1959. izdvojen i počeo je djelovati kao samostalno poduzeće. Tijekom 1961. ZIVT je osnovao i pogon tkaonice u Desiniću koji je djelovao do 1964. U sastavu ZIVT-a bili su pogoni bojadisaona, predionica vlačanog prediva, predionica češljanog prediva, tkaonica Zabok, tkaonica Desinić, pomoćna djelatnost, apretura, kotlovnica. Zbog teškoća u poslovanju, godine 1991. poduzeće je podnijelo prijedlog za otvaranje stečajnog postupka koji je završen 1994. prodajom tvornice poduzeću "Regeneracija" d.d. Zabok. U okviru Regeneracije pogon ZIVT-a nastoji preživjeti tzv. "lon"-poslovima, provodi i rekonstrukturiranja i racionalizaciju proizvodnje, no unatoč naporima, zbog relativno starih strojeva, nakupljenih problema i nezadovoljstva radnika, 2003. godine dolazi do konačnog gašenja proizvodnje [26, 27].



a) b)

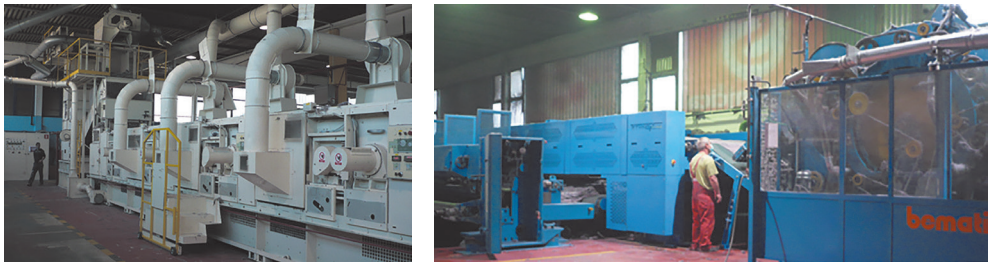
Sl. 17. a) Tekstilna industrija Milan Prpić u Zaboku 1937.godina, **b)** ZIVT i dio Regeneracije oko 2010 godine

Regeneracija Zabok

Pod nazivom *Razvrstavaona tekstilnih sirovina i otpadaka – Zabok* osnovana je 1954. godine tvrtka koja je u svojim reklamnim oglasima obznanila da: "kupuje sve vrste i količine tekstilnih, industrijskih i ostalih otpadaka po dnevnim cijenama; prodaje krojačku, jorgansku i tapetarsku vatu/kolute za poliranje/zaštitne rukavice/ jednodjelne i trodjelne madrace/i t.d."[28]. Spomenuta tvrtka od 1955. godine posluje pod imenom Regeneracija.1964. g. instalirana je prva linija za proizvodnju netkanog tekstila na bazi regeneriranih tekstilnih vlakana iz vlastite proizvodnje. Od 1968. koristi se logotip koji prikazuje dva vuka kako trgaju krpu, kao simbol stroja za trganje " WOLFER" (sl.18). U svom razvitku i Regeneracija doživljava uspone i padove, ali se uspijeva održati prilagođavajući se zahtjevima tržišta i usmjerujući svoju proizvodnju uglavnom netkanog tekstila, sve izrazitije na područje tehničkog tekstila (geotekstilije i dr.). Rat i njegove posljedice (raspad tržišta, izgubljene tvrtke u BiH i Srbiji, prelazak na ratnu proizvodnju) doveli su 1990-tih Regeneraciju na sam rub opstanka. 2005. godine uspješno je provedena privatizacija od strane zaposlenika i strateških partnera iz Njemačke. Posljedice toga su rast izvoza, popunjenost proizvodnih kapaciteta, osnivanje Regeneracije GmbH u Waiblingenu (2008.) i preuzimanje tvrtke CO DESIGN 2014. g.

Sl. 18. Logotip Regeneracije

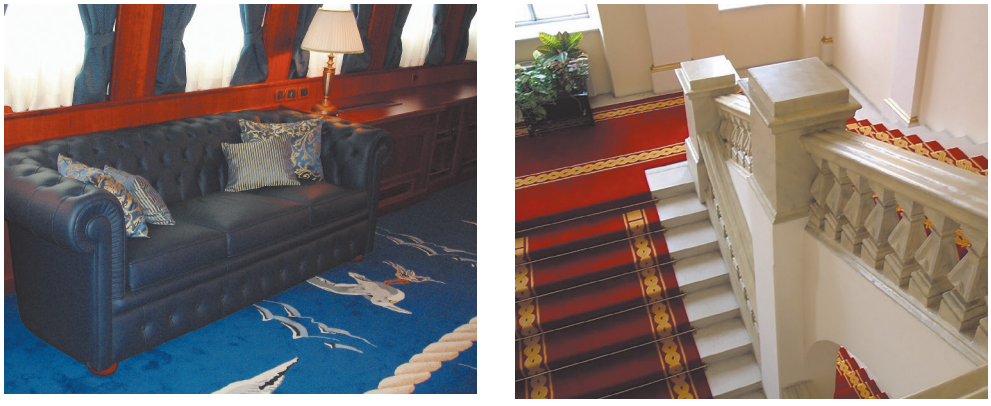
U skladu sa suvremenim trendovima, želja je dugu tradiciju, znanje i iskustvo u prikupljanju i recikliranju tekstilnih otpadnih materijala te njegovu ponovnu uporabu staviti u funkciju ukupnog gospodarenja otpadom te uspostaviti model koji će, uz snažan doprinos očuvanja okoliša, osigurati dugoročno profitabilno poslovanje.



a) b)

Sl. 19. a) Postrojenje za recikliranje (rahljenje) tekstila, **b)** Linija za proizvodnju vate iz regeneriranih vlakana

Značajna djelatnost u Regeneraciji je i izrada visokokvalitetnih vunenih tepiha temeljenih na vrhunskoj kreativnosti dizajnera i arhitekata čime se omogućuje personalizacija tepiha u okviru prostornih zadatosti svakog projekta, gdje tepih afirmira dotični interijerski identitet (sl. 20).



a) b)

Sl. 20. Tepisi u objektima: **a)** jahti“Seagull II”, **b)** stube u Saboru Republike Hrvatske

Proizvodnja taftanih tepiha je složen proces, posebno zbog toga što je kupcima potrebno udovoljiti kvalitetnom vunenom pređom odgovarajućih karakteristika i boje, maštovitih desena. U skladu s time pređa se boji u vlastitoj bojadisaonici poštujući dizajnerske zamisli i zahtjeve kupaca.

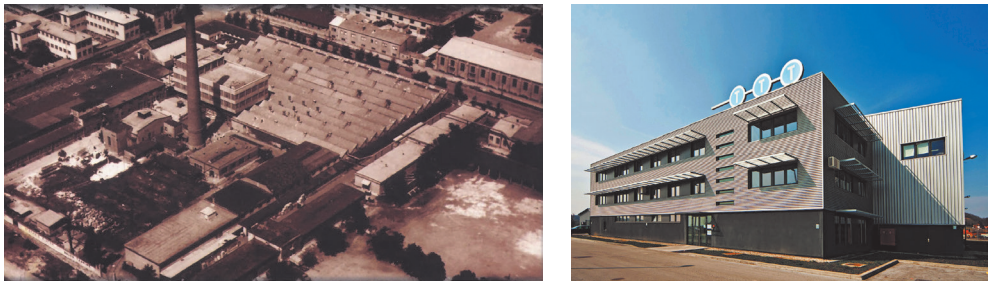
Implementacijom normi HRN ISO 9001:2015 i HRN ISO 14001:2015 i OHSAS 18001:2007 preuzeta je obveza kontinuiranog unapređivanja i poboljšanja sustava upravljanja kvalitetom, sustava upravljanja okolišem i sustava osiguranja zdravlja i sigurnosti na radu. To ujedno odražava politiku tvrtke u upravljanju poslovnim procesima te misiju tvrtke – isporučivati inovativna i kreativna rješenja za tople i udobne prostore uz snažan doprinos očuvanju okoliša.

4.4. Tvornice zagrebačkog područja

Tijekom 20. st. pa gotovo do pred njegov kraj u Zagrebu su bile smještene brojne tekstilne tvornice i poduzeća, kako iz područja primarne proizvodnje tekstilnih pređa, tkanina, pletiva tako i izrade odjeće, a neke od njih objedinjavale su i više tih tekstilnih djelatnosti. Teško ih je sve pobrojiti pa će se navesti neke od njih: Tvorpam (odnosno TKZ), Nada Dimić, ZIS (Zagrebačka industrija svile), Pobjeda, Zora, Unitas, Tvornica čarapa Jadran, Konoplja, DTR (Domaća tvornica rublja), Kamensko, Modna konfekcija, NIK i druge. Pojedine od njih davno su prestale radom i nestale, neke su preseljene izvan grada i posluju pod novim nazivima, a neke su ostale do današnjih dana. U nastavku će se prikazati neke od značajnijih dugovječnih zagrebačkih tekstilnih tvornica koje su uspjele opstati do sadašnjeg vremena, s više ili manje promijenjenim asortimanom proizvoda.

TKZ Zagreb

Uz zapadni rub parcele Konjaničke vojarne u Gradišćanskoj ulici, 1924. g. prema nacrtima ing. Đ. Ehrlicha, *Herman Pollak i sinovi* otvaraju u Zagrebu ***Tvornicu za pamučnu industriju*** (Tvorpam), u koju montiraju uglavnom stare strojeve iz Češke. Proizvodilo se pamučno platno za posteljno i stolno rublje, damast, flanel, razne tkanine za odjeću te knjigoveško platno. Godine 1929. Tvorpam je imao više od 600 zaposlenih radnika i proizvodio oko 15000 m tkanina dnevno. Uslijedile su krizne godine i II. svj. rat nakon kojeg je tvornica nacionalizirana te je započela obnova strojnog parka i proizvodnje (instalirano je 614 mehaničkih tkalačkih stanova, a 1958/59. još 98 automatskih), tako da je opseg proizvodnje značajno povećan na 10,9 milijuna m na godinu. Broj zaposlenih dosegao je gotovo 2000, a poduzeće se i prostorno znatno proširilo te su naredne godine bile vro razvojne [29]. Tome su značajno pridonosili i brojni zaposleni stručnjaci i njihova suradnja sa stručnjacima i znanstvenicima sa visokoškolskih ustanova, kako za područje oplemenjivanja tako i procesa mehaničkih tehnologija. Bila je to napredna tvornica u kojoj su i studenti učili o proizvodnim procesima.



a) b)

Sl. 21. a) TKZ u Zagrebu, **b)** TTT u Velikom Trgovišću danas

Godine 1964. Tvorpam se udružuje s predionicama u Zagrebu i Klanjcu, čime nastaje složena organizacija Tekstilni kombinat Zagreb (TKZ). Krajem 1980-ih i početkom 90-ih i TKZ postupno ulazi u teškoće. Godine 1989. izdvajaju se Predionica Klanjec i Predionica Zagreb u samostalna poduzeća, a 1992. pretvorbom i privatizacijom tvornica je postala dioničko društvo. Proizvodnja je značajno smanjena i uglavnom orijentirana na damastno stolno i posteljno rublje te tkanine za košulje, radnu odjeću i sl. Silazna putanja se nastavlja, tako da se 2000-ih broj radnika smanjio na oko 300, a 2008. g. TKZ je preselio proizvodne pogone u Veliko Trgovišće te promijenio naziv u ***Tvornica tekstila Trgovišće d.o.o***. (TTT). Zadržan je tradicionalan program proizvodnje damastnih tkanina koje se ne dorađuju i oplemenjuju u vlastitoj tvornici kao u ranija vremena, nego u Italiji, a potom se dovršavaju i konfekcioniraju u TTT-u. TTT je još uvijek najveći proizvođač visoko kvalitetog damastnog stolnog i posteljnog rublja u Hrvatskoj, a oko 70% proizvoda



a) b)

Sl. 22. Proizvodnja na modernim strojevima u TTT, **a)** snovanje, **b)** tkanje

izvozi te oni krase hotele, restorane i domaćinstva diljem Europske unije, Rusije, Kanade, SAD-a te susjednih zemalja.

Unitas d.d.

Unitas je osnovan 1920. g. u Jukićevoj ulici, s dvama strojevima, trojicom radnika i jednim učenikom, da bi se do 1940. razvio u industrijski pogon s proizvodnjom od približno 40 t konca na godinu i zapošljavao oko 80 radnika te seli na Svetice. Danas, nakon 100 godina tradicije, jedini je proizvođač i izvoznik konca u Hrvatskoj, sa sjedištem u Getaldićevoj 1. Djeluje kao dioničko društvo, zapošljava 83 radnika koji proizvode razne vrste konca na modernim strojevima i suvremeno opremljenim proizvodnim pogonima. Proizvodni asortiman obuhvaća konce za pletenje, kukičanje, vezenje, šivanje, izradu čipke, industrijski konac, kao i pređe za tkanje i goblenske predloške različitih motiva. Konci se izrađuju od čistoga pamuka, umjetnih vlakana i njihovih mješavina, boje ekološkim bojilima u širokoj paleti boja i obrađuju ekološki prihvatljivim postupcima, što potvrđuje i stjecanje certifikata za ekološku oznaku "Povjerenje u tekstil" u skladu sa OEKO-TEX Standardom 100. Oko 90% ukupne godišnje proizvodnje tvornice Unitas se izvozi na tržišta EU, Njemačke, u zemlje Beneluxa, Italije, Španjolske, južne Koreje i dr. u velikoj paleti boja. Tvornicu Unitas čini cjelokupni proizvodni proces, od proizvodnje, odnosno končanja pređa do gotovog proizvoda [30].



Sl. 23. Stroj za merceriziranje konca u Unitasu

U svom poslovanju Unitas je uvijek poklanjao veliku važnost kvaliteti konca, za što je bila ključna kvalitetna sirovina i stručno i kontrolirano vođeni procesi bojadisanja i oplemenjivanja. Isticao se iznimno širokom paleta boja visokih postojanosti obojenja. Pamučni konci su bili poznati i po plemenitom sjaju koji se postizao obradom koja se zove merceriziranje. Upravo u Unitasu završila je posljednja merceizirka na ovim prostorima (Sl. 23)

Jadran – Tvornica čarapa

Današnja tvornica čarapa Jadran osnovana 1930. g. u Zagrebu, pod imenom *Silk tvornica čarapa*. Krajem 1941. mijenja ime u *Jadran tvornica čarapa.* Godine 1994. tvornica je privatizirana i pretvorena u dioničko društvo; 2017. g. mijenja naziv u ***Jadran čarape proizvodnja d.o.o***., registrira se za izradu pletenih i kukičanih čarapa; 2018. g. završava s dobiti [31].

Jadran je lider u proizvodnji i prodaji ženskih, muških i dječjih čarapa u regiji. Godišnja proizvodnja tvornice iznosi 16 milijuna pari čarapa. 70% kapaciteta tvornice zauzeto je proizvodnjom ženskog klasičnog i modnog programa, dok su ostali kapaciteti zauzeti proizvodnjom muškog i dječjeg programa.



Sl. 24. Jadran čarape – uvijek u modi

5. Zaključni osvrt

Može se ustvrditi da je proizvodnja tekstila oduvijek bila i ostala do sadašnjeg vremena iznimno važna djelatnost, kako na tlu Hrvatske, tako i u bližem i daljnjem okruženju – kako na razini pojedinca tako i gospodarstva i društva u cjelini. Odvijala se u skladu s mogućnostima i prilikama koje je određivalo opće stanje civilizacijskih i tehnoloških dosega tijekom povijesti, geografske datosti, socio-ekonomske

prilike i brojni drugi čimbenici. Grubo uzevši, u povijsnom kontekstu prema načinu i tehnologiji izrade tekstilnih materijala i proizvoda na području Hrvatske, mogu se izdvojiti tri dominantna razdoblja. To su:

- razdoblje rukotvorske izrade, odnosno kućne radionisti, proizvodnje koja se odvijala u kućanstvima uglavom za vlastite potrebe i potrebe obiteljske zajednice,
- razdoblje manufakturne proizvodnje u kojoj bitnu ulogu ima ručni rad s obrtničkom metodologijom i proizvodnjom za tržište ili vlasnika kapitala te
- razdoblje industrijske proizvodnje u kojoj dominantnu ulogu ima strojni rad.

Razdoblje rukotvorske izrade trajalo je najdulje (od predpovijesti do početka 20. st.), s time da se od srednjeg vijeka paralelno javljaju i novi oblici poluprofesionalne i profesionalne proizvodnje tekstila – obrt i manufakture. Hrvatska može biti veoma ponosna na prvu manufakturnu proizvodnju u 15. i 16. st. u Dubrovačkoj Republici, u okviru koje su se proizvodili i izvozili visokokvalitetni završni proizvodi (sukna sa zaštitnim oznakama kvalitete) a uvozile sirovine, što je značajka razvijenog gospodarstva. Za razliku od toga, široko rasprostranjene manufakture svile u 18. i 19. st. proizvodile su sirovine i poluproizvode (predivo i konac) za gospodarski razvijenije države koje su od njih pravile skupocjene svilene tkanine.

Kada je riječ o industrijskoj proizvodnji tekstila može se ustvrditi da je najprosperitetnije razdoblje hrvatske tekstilne industrije bilo od 1960-ih do pred kraj 20. st. te je u to vrijeme tekstilna industrija iznimno važna gospodarska grana koja zapošljava preko 60 000 radnika, a ujedno je i važan izvoznik. Npr. u 1993. g. udio izvoza tekstilne i odjevne industrije u ostvarenom izvozu ukupne hrvatske industrije i rudarstva bio je čak 19,5% [1]. No tu je ujedno dostignut vrhunac, jer u godinama koje slijede dolazi do izrazitog slabljenja i pada ove gospodarske grane. Razlozi za to bili su brojni – od velikih gubitaka i razaranja brojnih tvornica u Domovinskom ratu, gubitka brojnih tržišta u okruženju, loših pretvorbenih privatizacijskih procesa, određenog nesnalaženja u novim okolnostima uvođenja tržišne ekonomije do europskih i globalnih trendova preseljenja primarne tekstilne proizvodnje na područja Dalekog Istoka.

Oporavak nakon tako teškog pada nije jednostavan, ali je posljednjeg desetljeća novog milenija vidljiv. Pred današnjom tekstilnom industrijom veliki su izazovi te je uz klasičnu proizvodnju tekstila i odjeće nužna i nova orijentacija prema novim materijalima i proizvodima dodane vrijednosti, proizvodima za nova područja primjene, tehnički i medicinski tekstil. Takve trendove počeli su slijediti pojedini poduzetnici i manja poduzeća koja se osnivaju te se sve veći broj novih tekstilnih proizvođača i ponuđača profilira u tom smjeru, što nagovještava opravak ove važne djelatnosti u Hrvatskoj.

Literatura:

[1] Soljačić I., R. Čunko: Hrvatski tekstil kroz povijest, *Tekstil* **43** (11) 584 – 602 (1994)

[2] Knezić Ž., S. Kovačević, A Knezić.: Revitalizacija tradicijskog ručnog tkanja u Republici Hrvatskoj, *Tekstil* **61** (7-12) 352-355 (2012.)

[3] Jurić M.: Uzgoj lana, Nakladni zavod Hrvatske redakcija Ministarstva industrije i rudarstva NRH, odjel za stručno školstvo, Zagreb, 1947.

[4] Knezić Ž., S. Kovačević, A. Saraf: Prilog pročuvanju tradicije ručnog tkanja u dijelu Sisačko-moslavačke županije, 5. međunarodno znanstveno-stručno savjetovanje Tekstilna znanost i gospodarstvo, Sveučilište u Zagrebu, Tekstilno-tehnološki fakultet, Zagreb, 2012. (95-98)

[5] Raffaelli D., R. Čunko, M. Dragičević: Istraživanje primjeraka srme s tla Dalmacije u razmaku od tisuću godina, *Tekstil* **31** (12) 827 – 831 (1982.)

[6] Šimunić Lj. i Lj. Albus: Lepoglavska čipka, Gradski muzej Varaždin, 2003.

[7] Kolumbić M.**:** Jedinstvena čipka od niti agave hvarskih benediktinki, Prilozi Povijesti otoka Hvara XIII/2017. str. 197-216.

[8] Palčić I.: Paška čipka na izložbama u Zagrebu i inozemstvu, Pag, prosinac 2019.

[9] Berger S.: Tragedija hrvatske tekstilne kućne industrije, Zagreb, Tiskara Boranić i Rozmanić, 1914.

[10] Novak G.: Vunena industrija u Dubrovniku do sredine XVI. stoljeća, Rešetarov zbornik iz Dubrovačke prošlosti, Dubrovnik 1931., 99 -107

[11] Soljačić I., R, Čunko: Tekstil i razvoj proizvodnje tekstila u Hrvatskoj, zbornik radova sa znanstvenog skupa: Razvitak i dostignuća tehničkih područja u Hrvatskoj, nakladnik: Sveučilište u Zagrebu, 1994.

[12] Kolar-Dimitrijević M: Zagrebačke tvornice svile s osvrtom na klasnu i oslobodilačku borbu radništva do nacionalizacije, PP 7 (1) 77-136 Zagreb, 1988.

[13] Čavić E: Svilarstvo zadarskog okružja u razdoblju od 1852. do 1860. godine, Historijski zbornik god, LXIII. (2010), br. 2. 421 – 434

[14] Osijek, monografija, urednik Ivo Mažuran, Osijek, 1978.

[15] http://pogledaj.to/arhitektura/neizvjesna-buducnost-tresnjevacke-bubare/

[16] Duančić D., P. Sopta: Bubara – prošlost sadašnjost i budućnost zagrebačke tvornice svile, diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Filozofski fakultet, Zagreb 2014.

[17] Pamučna industrija Duga Resa, monografija, urednik Josip Vuljanić, Duga Resa, 1984.

[18] https://tehnika.lzmk.hr/pamucna-industrija-duga-resa-duga-resa/

[19] https://cateks.hr/o-nama/

[20] Bubek S.; 120 obljetnica postojanja i rada Čateksa d.d. Čakovec, *Tekstil* **43** (11) 603 – 607 (1994)

[21] https://hr-hr.facebook.com/mtcstrigova

[22] http://pmtc.hr/proizvodi/?lang=en

[23] https://www.varteks.com/kompanija/prica-o-varteksu/

[24] https://www.varteks.com/wp-content/uploads/2019/04/Varteks-Grupa-Godi%C5%A1nje-izvje%C5%A1%C4%87e-o-poslovanju-za-2018.-revidirano-konsolidirano.pdf

[25] Hajdarović D.: 65. obljetnica VIS TKANINA d.d. Varaždin, *Tekstil* **43** (11) 629 – 631 (1994)

[26] http://arhinet.arhiv.hr/details.aspx?ItemId=3_19394

[27] ZIVT 1936.-1976., monografija, Zabok, 1976.

[28] Kuhar B.: 40. obljetnica postojanja i rada Regeneracije d.d. Zabok, *Tekstil* **43** (11) 638-641 (1994)

[29] Vutmej I.: Uz 70. obljetnicu Tekstilnog kombinata Zagreb d.d., *Tekstil* **43** (11) 626-628 (1994)

[30] https://unitas.hr/hr/o-nama/

[31] https://www.poslovna.hr/lite/jadran-carape-proizvodnja/1549727/subjekti.aspx

Eksplozivi i razvoj društva

Izv. Prof. dr. sc. **Mario Dobrilović**, član suradnik HATZ-a,
Sveučilište u Zagrebu Rudarsko-geološko-naftni fakultet, mario.dobrilovic@rgn.hr

doc. dr. sc. **Vječislav Bohanek**, dipl. ing.,
Sveučilište u Zagrebu Rudarsko-geološko-naftni fakultet, vjecislav.bohanek@rgn.hr

doc. dr. sc. **Vinko Škrlec**, dipl. ing.,
Sveučilište u Zagrebu Rudarsko-geološko-naftni fakultet, vinko.skrlec@rgn.hr

Sažetak: *Rudarstvo je jedna od najstarijih ljudskih organiziranih djelatnosti. Rudarenje uz pomoć eksploziva omogućilo je dostupnost energije i materijala. Eksplozivi su materijali koji se primjenjuju, osim u rudarstvu i vojnom području, te u nizu tehnika i različitih primjena. Prikazan je razvoj i značaj eksploziva u napretku civilizacije te je dan pregled značajnijih načina njihove upotrebe.*

Ključne riječi: *eksplozije, eksplozivi, tehnologije, rudarstvo, miniranje*

1. Uvod

Svijet današnjeg čovjeka ispunjen je stvarima i proizvodima koji u originalnom ili prerađenom te dorađenom stanju dolaze iz rudarske proizvodnje. To je slučaj sa svime u našoj okolini s iznimkom materijala i proizvoda biljnog i životinjskog porijekla. Metali, građevinski materijali, kruta, tekuća i plinovita goriva, različite vrste plastika dobivene su neposredno ili preradom rovnih materijala dobivenih rudarenjem. Čvrste mineralne sirovine pridobivaju se u velikoj mjeri primjenom energije eksploziva odnosno miniranjem. Eksplozivi se u civilnom području upotrebe koriste za mnoštvo različitih namjena bez čijih učinaka i proizvoda današnji tehnički stupanj razvoja te dostupnost materijala i energije ne bi bili mogući. Rudarska proizvodnja svake zajednice, države i društva čini osnovu i izvor sirovina, materijala i energije, bazu razvoja proizvodnje te ekonomskog i civilizacijskog razvoja. Značaj rudarenja i rudarstva izuzetno duboko i slikovito opisuje Mijo Kišpatić još 1878 godine, u duhu toga vremena u uvodu knjige "Slike iz rudstva" na slijedeći način:

"Broj ruda, što ih je čovjek do danas na zemlji upoznao, nije velik. Biti će svega skupa oko tisuću vrsti. Broj je taj zbilja premalen, ako ga prispodobimo sa brojem

poznatih bilina i životinja, gdje ih na stotine tisuća vrsti poznamo. Pa ipak je ovaj maleni broj raznovrstnih ruda od ogromne važnosti po cielokupni život naše Zemlje. Rude tvore središte i površinu Zemlje; one daju biljci sjedište, u kom ona svoje korenje širi i iz koga ona hranu izvlači, a sam čovjek je u rudstvu našao obilne koristi i pomoći, čovjek ima razmjerno po broju više koristnih ruda nego životinja i bilina; može se skoro reći, da je veoma malo ruda, koje nebi ma u čem čovjeku koristile i služile. Kao redovita hrana služi čovjeku medju rudami jedino voda i sol, ali za to pozna liečničtvo veliki broj ruda, koje su u mnogih bolestih izvrstnim liekom. Ali sva ova korist izčezava prama onoj, što ju čovjek ima od ruda u svom družtvenom životu. Sav obrt, promet i trgovina imadu svoj temelj u rudstvu. Snaga i duševni razvoj čovječji našao je u rudstvu najsnažniju podporu. Sa gdjekojimi rudami su upravo uzko spleteni pojedini odsjeci čovječje prošlosti i njegova razvoja. Kako silan upliv su imale pojedine rude na razvoj družtvenih odnošaja, to ješto bi želio razjasniti i predočiti sa ovo nekoliko slika iz rudstva. Izabrao sam samo nekoliko i to najvažnjih ruda, ali neka nitko nemisli, da je to sve, što je čovjek umio iz rudstva na svoju korist obratiti. Ni iz daleka! stotine ima jošte ruda, koje čovjeku na korist služe, ako im i nije korist tako obćenita i tako poznata. Kada je ruda od tolike važnosti po čovjeka, to nas nesmije iznenaditi, ako nas tko upita, što je ruda? pa u čem je taj stvor različan od biljke i životinje?" [1].

I prije, do tada razvojno tehnički najuzbudljivijeg 19. stoljeća, od prapovijesti, preko starog vijeka i drevnih civilizacija, srednjeg i novog vijeka, rudarstvo je bilo uz poljoprivredu jedan od temelja razvoja civilizacija. Još u kamenom dobu ljudi su sakupljali komade kvarca pogodne za izradu alata vršaka oružja i paljenje vatre, a to je bio početak rudarenja. Na lokaciji Grime`s Graves pored Brandona u Suffol-



Sl. 1. Motiv iz rudnika kvarca Krzemionki [3]

ku, Engleska, još u neolitiku skupljao se kvarc te se nalaze ostaci podzemnih rudnika kvarca čija se starost procjenjuje na 2 600 godina prije Krista [2]. Isto tako kvarc se rudario na lokaciji Krzemionki u Poljskoj s početkom oko 3 900 godina prije Krista. Na lokaciji se nalazi 4 000 okana dubine oko 9 m. Na slici 1 prikazan je otkop neolitičkog rudnika kvarca na lokaciji Krzemionki.

U današnjoj Hrvatskoj, na lokalitetu Hušnjakovo Dragutin Gorjanović-Kramberger otkrio je kameno oruđe Krapinskog pračovjeka iz pleistocena izrađeno od više vrsta silikatnih stijena, i tufova, krupnozrnatih agregata kvarca, opala i gustog rožnaca. Starost lokaliteta datirana je prije 30 000 godine [4].Povijesni period početka organiziranog rudarenja svrstava rudarstvo u najranije organizirane djelatnosti kao i poljoprivredu koja se u organiziranom smislu isto pojavljuje u neolitiku. Rudarenje tijekom metalnih (bakarno, brončano i željezno) doba obilježava ta razdoblja što je posredno vidljivo i iz naziva prema metalima dobivenim rudarenjem i metalurškom preradom. Rudari se i u starom i u srednjem vijeku, mehaničkim ručnim radom uz pomoć životinjske radne snage. Prvo kompletno djelo znanstvenog pristupa o rudarstvu i metalurgiji je "*De Re Metallica*" Georgiusa Agricole iz 1556 godine. Slika 2 prikazuje način frakturiranja rude upotrebom vatre iz "*De Re Mettalice*". Takav način drobljenja zadržao se u nekim rudnicima čak do kraja 19 stoljeća, 270 godina nakon prve primjene miniranja u rudarstvu.



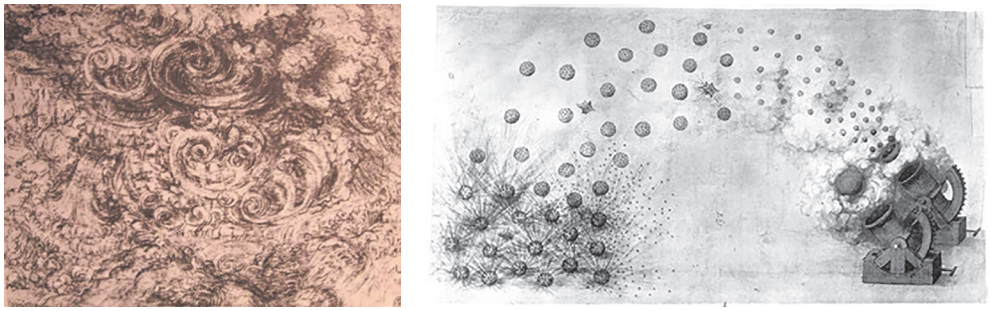
Sl. 2. Drobljenje rude paljenjem vatre [5]

U novom vijeku razvoj rudarstva se nastavlja, a naglo povećanje produktivnosti i ukupne proizvodnje svih mineralnih sirovina svakako je uvjetovano potrebama za sirovinama i energijom tijekom industrijske revolucije a zadovoljenje je omogućeno primjenom nove tehnike-miniranja eksplozivima.

2. Eksplozivi za boljitak

Razvoj ljudske civilizacije ovisio je uvelike i o dostupnosti prirodnih izvora energije te mogućnosti njihove upotrebe. Današnji tehnološki i tehnički status svijeta značajno je uobličen upotrebom eksploziva, energetskih materijala. Od najranijih pojavnosti eksplozivnih tvari, grčke vatre i baruta, eksplozivi su prošli razvojni put koji ih danas svrstava u nezaobilazne i nezamjenjive izvore energije s različitom primjenom. Time su postali energetski materijali sa sigurnom primjenom u vojnom i civilnom području ljudskog djelovanja. Civilna primjena eksploziva ili eksplozivnih tvari vrlo je široka tako da se oni koriste za miniranja u rudarstvu i građevinarstvu, eksploataciji nafte i plina, geološkim istražnim radovima, strojarstvu i brodogradnji, svemirskoj tehnologiji, automobilskoj industriji, poljoprivredi, medicini, razminiranju, filmskoj umjetnosti i vatrometima. Osnovne postavke razumijevanja detonacijskog i eksplozivnog procesa pretvorbe materijala postavljene su na prijelazu 19. u 20. stoljeće. Daljnji razvoj istraživanja eksploziva kao energetskih materijala teži pronalaženju novih, sigurnijih, jačih i jeftinijih materijala uz težnju k potpunom objašnjenju pojedinih fizikalno kemijskih procesa eksplozivnih materijala. Priča o eksplozivima i prirodnim eksplozijama počinje još od postanka svijeta a za čovjeka, neposredno, otkrićem kako vatru zapaliti i kako je kontrolirati.

Želja za spoznajom, uz traženje životnih resursa čovjeka je nukala na istraživanja. Istraživanja neposredne okoline, istraživanja daljih teritorija i svega što mu je bilo nepoznato. Vjerojatno su i naši dnevni preci razmišljali kako zauzdati njima nerazumljive sile koje se kriju u prirodi odnosno kako ući u područja bogova i kako si olakšati svakodnevni život. Nastajale su civilizacije i rasla je potreba za prirodnim resursima, oblicima energije, hranom, rudama. Vatre i eksplozije svakako su pojave koje su pratile razvoj civilizacija. Prvotno vatra je bila sredstvo pomoći ljudima za dobivanje topline, svjetla i pripremu hrane ali i katastrofa uzrokovanih požarima. Eksplozije kao prirodne pojave svakako nisu bile na pomoći ljudima već su kao vulkanske erupcije uzrokovale pošast i pogibelj. Moć eksplozija i pokušaj njihove kontrole bile su predmet istraživanja i u alkemičarskim procesima, primjerice za pretvaranje drugih tvari u zlato. Alkemičari nisu mogli znati da je u tim istraživanjima postojalo počelo procesa koji je otkriven nakon mnogih stoljeća, a to je proizvodnja umjetnih dijamanata iz grafita djelovanjem udarnog vala jake eksplozije. Leonardo da Vinci, jedan on najgenijalnijih umova renesanse a možda i ljudi uop-



Sl. 3. Leonardove reprodukcije [6]

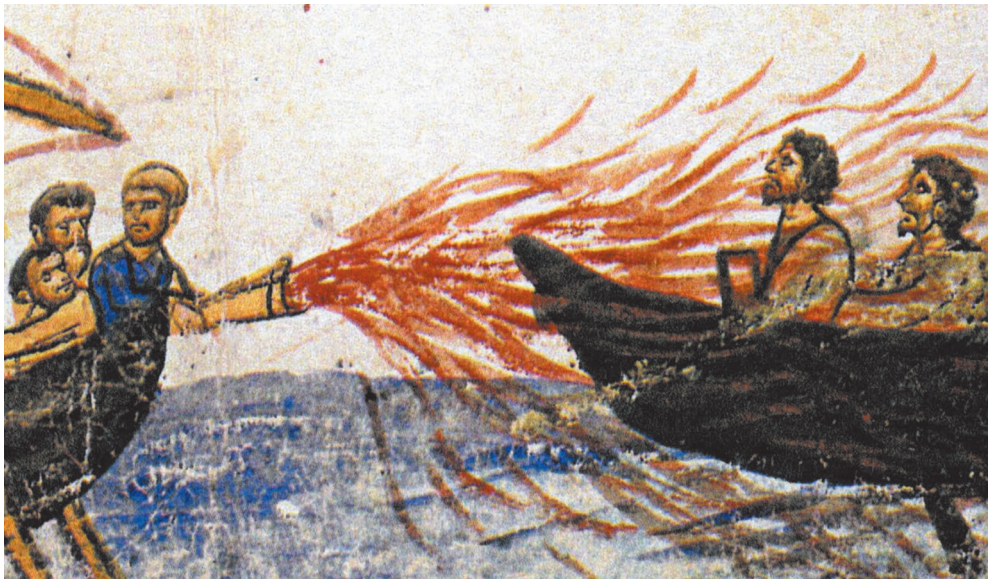
će, razmatrao je eksplozije i eksplozivom pokretana oružja. Na slici 3 prikazano je njegovo viđenje velike eksplozije i naprave za izbacivanje vatrenih lopti.

Suvremeni eksplozivi i njihove eksplozijama, namijenjenim boljitku ljudi počinje u 17. stoljeću, a od 19 stoljeća eksplozivi su u stalnom razvoju. Današnji tehnološki i tehnički status svijeta značajno je uobličen upotrebom eksploziva, energetskih materijala. Nažalost, priča o eksplozivima za ratovanje počela je davno prije.

2.1 Razvoj eksploziva

Početak upotrebe jednog oblika, ili bolje rečeno nižeg reda brze kemijske pretvorbe-u odnosu na eksploziju-vatre počeo je pokušajima kontroliranje takvog procesa u ratne svrhe, za razaranje. Još 2000 godina prije Krista razne zaraćene strane u ratovima na Mediteranu koristile su zapaljive strelice i komade zapaljene smole za uništavanje protivnika i zauzimanje gradova pod opsadom. Prva takva oružja više su plašile suprotnu stranu, nego što su uzrokovale štetu, osim u slučaju kada su pogodile zapaljive mete.

Alkemičari su tražili mješavine koje bi davale razornije efekti koje bi znatnije mogle razoriti neprijateljske resurse. Bizantinsko carstvo primijenilo je u obrani Konstantinopola od Arapskih osvajača u sedmom stoljeću mješavinu znanu pod imenom "*Grčka vatra*". Prema danas prihvaćenom shvaćanju, radilo se o mješavini organske tvari (smole) crnogoričnih biljaka, sumpora i tekućeg goriva odnosno sirove nafte. Takvu goreću mješavinu, kada je zapaljena prekrila drvena površine, brodova i utvrda, bilo je vrlo teško ugasiti vodom. U vojnom smislu Grčka vatra promijenila je način ratovanja u ta doba kao strojnica ili automatska puška u dvadesetom stoljeću. Prikaz pomorskog ratovanja grčkom vatrom dan je na slici 4.

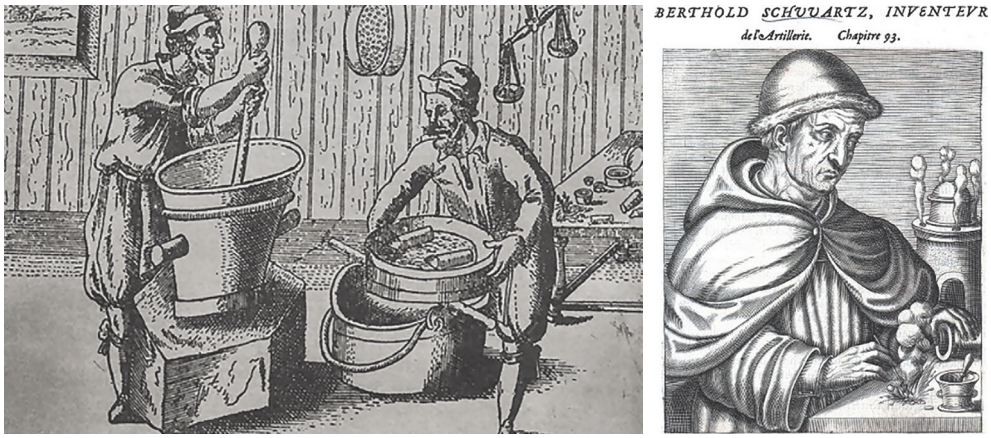


Sl. 4. Grčka vatra u pomorskoj bitci [7]

Upotreba Grčke vatre u tom slučajevima bila je opasna za one koji su je upotrebljavali jer se plamen brzo mogao proširiti na zalihe i postati nepredviđeno oružje suprotne strane. S druge strane obrana je bila efikasna dok je bilo zaliha Grčke vatre.

Tražena je pouzdanija, dostupnija i razornija materija za ratovanje a to je bio barut ili "*crni prah*". Prve, dakle, razorne materije krenule su od vatre.

Barut je smjesa kalijevog nitrata (KNO_3), drvenog ugljena i sumpora. Priče o pronalasku baruta govori da je on slučajno otkriven prilikom odvajanja zlata i srebra iz rude (pirit FeS_2 ili halkopirit $CuFeS_2$) kojoj su oni primjese, a ruda ima sumpora. Kineski alkemičar-metalurg dodao je u rudu kalij nitrat, a zaboravio drveni ugljen za povećanje temperature. Kada ga je dodao dogodila se eksplozija. Prvi relevantni zapisi iz Kine o barutu dolaze u 9. stoljeću, a recept odnosno formula baruta tamo je zapisana u 11. stoljeću. Upotreba crnog baruta u Kini bila je dobro poznata za pirotehniku i na njoj bazirana oružja. U Europi u 13. stoljeću. Roger Beacon u djelima "*Opus Maius*" i "*De Mirabili Potestate Artis et Nature*", oko 1242. godine opisuje razornu snagu crnog baruta i zapisuje alkemičarsku formulu sastava baruta. U 14. stoljeću barut je u Europi ušao u uobičajenu vojnu primjenu. Smatra se da je njemački redovnik, alkemičar i magičar Berthold Schwartz osmislio top, mada mu se često pripisuje i izum baruta. Srednjevjekovna priprema baruta i Berthold Schwartz prikazani su na slici 5.



Sl. 5. Srednjevjekovna priprema baruta i Berthold Schwartz [8 i 9]

Barut se u početku u ratnoj tehnici koristio za paljenje vatre raketama iza neprijateljskih linija ili prve bombe gdje se barut pakiran u bačve koristio za uništavanje neprijateljskih vojnika. Jedno od kineskih oružja su bile strelice koje su letjele na snagu baruta i mogle su na velikoj daljini probijati oklope i štitove – prvi projektili ili rakete s barutnim raketnim motorom.

Tijekom takve upotrebe baruta shvatilo se da barut zapaljen u kontroliranom zatvorenom dovoljno čvrstom prostoru s otvorom, može koristiti za izbacivanje kugla ili drugih tijela. Vojnici, prvi artiljerci su teška srca prianjali na opsluživanje topova jer su oni često eksplodirali ako su bili prepunjeni ili nedovoljno čvrsti i tako radili štetu svojim gospodarima. Problemi su bili i s transportom baruta jer nije trpio duge transporte, dolazilo je do razdvajanja komponenti pa se trebao miješati na licu mjesta.

2.2 Eksplozivni alati

Rudarski rad obavljao se ručno. Taj težak fizički rad kojim su se lomile i drobile stijene ručnim alatom počeo se zamjenjivati korištenjem energije baruta. Iako je barut u tom smislu puno slabiji od kasnijih eksploziva, promijenio je sliku rudarstva.

Tako je 1613. godine predložena tehnologija bušenja i miniranja od strane rudarskog nadzornika Martina Weigela u Friebergu u Njemačkoj. Prvi zapis o uspješnoj primjeni nove tehnologije datira 1617. godine kada Casper Windt, njemački inženjer bilježi izvedeno miniranje u Schemintzu u Njemačkoj odnosno 1627. godine u Mađarskoj. Prema drugim izvorima prvo evidentirano miniranje u rudarstvu izvedeno je 1627. godine u rudniku Kornberger Erbstollenu u Banskoj Štiavnici. Miner

Casper Windt izveo je pokusno miniranje barutom u prisustvu Carske rudarske komisije (godina i mjesto se razlikuje po pojedinim bibliografskim jedinicama) korištenjem snage crnog baruta smještenog u začepljene rupe (bušotina) u stijeni. To je prva zabilježena primjena miniranja. Miniranje u rudniku crnim barutom prikazano je na slici 6



Sl. 6. Miniranje crnim barutom [8]

Do početka 18 stoljeća miniranje crnim barutom postala je opće prihvaćena i primjenjivana tehnologija u površinskim i podzemnim rudnicima te izradi tunela. Pronalaskom parnog stroja i njegovom komercijalnom dostupnošću počela je i industrijska revolucija (kraj 18.st.) Miniranje, kao jedna od osnovnih metoda dobivanja mineralnih sirovina sve više je dobivalo na važnosti.

Problemi vezani uz upotrebu crnog baruta u to doba bili su vezani uz nepouzdane omjere mješavine te se nije znalo koliko je potrebna količina za pojedina miniranja. Najveći problem bio je samo paljenje baruta na mjestu upotrebe. barut se morao paliti prvo u manjoj količini koja je bila fizički povezana s glavnom količinom da bi prenijela plamen a motalo se paliti tako da se miner može nakon pripaljenja stigne sakriti iza zaklona prije eksplozije. Pripalna sredstva, prvi štapini ili fitilji izrađeni su od guščjih pera napunjenih baruta ili šupljih biljnih stabljika. Budući da se nije znalo točno koliko je baruta u takvim fitiljim i kolika je gustoća pakiranja, nije se znalo ni točno vrijeme gorenja te je paljenje minskog polja bilo povezano sa srećom, da li će se miner na vrijeme skloniti.

William Bickford, trgovac kožom i izumitelj počeo se zanimati za problem kontrole vremena paljenja baruta i 1931 g. izumio je sporogoreći štapin tada engleski zvan sigurnosni fitilj (engl. *safety fuse*). Bio je to barut u cjevčici od jutenog pletiva s još nekoliko vanjskih slojeva zaštite od drugih materijala. najveća prednost je bila to što se znalo duljinsko vrijeme gorenja od dvije minute za jedan *yard*. Vrijeme gorenja današnjih štapina je još uvijek dvije minute za jedan metar ali s većom točnošću od prvih štapina. Mineri su sada imali veću sigurnost pri miniranju.

Iako je crni barut i sigurnost njegovog iniciranja sporogorećim štapinom preokrenuo sliku rudarstva i izrade tunela potrebni su bili jači eksplozivi s mogućnošću bolje kontrole eksplozije. Jednako tako i vojske u devetnaestom stoljeću trebale su jače eksplozive i na njihovu radost, kemičari su ih izumili.

Do početka 19. st. nekoliko kemičara koji su pokušavali eksperimentirati sa materijama i kemikalijama nisu uspjeli smiješati ništa jače od baruta. Sve se promijenilo (ne samo u eksplozivima već u sveukupnim prirodnim znanostima) 1905. godine, objavljivanjem teorije o atomskoj građi tvari kemičara Johna Daltona. Primjenom Daltonove teorije na barut, kemičari su zaključili da je ključni sastojak baruta Kalij nitrat koji ima slabe veze unutar molekule. Te veze se lako prekidaju zagrijavanjem, plamenom oslobađa se kisik koji podržava gorenje sumpora i ugljika iz ugljena. Dakle oni (dušik, sumpor i ugljik) se spajaju u plinove s kisikom pri čemu se oslobađa energije i toplina koja podržava reakciju. Kemičari zaključili da bi puno bolji eksploziv bio tvar koja u molekuli ima C, H, N i O. Takvu molekulu moglo bi se razbiti impulsom energije, ne vatrom, oslobodila bi se energija i sagorijevanjem bi novonastali plinovi.

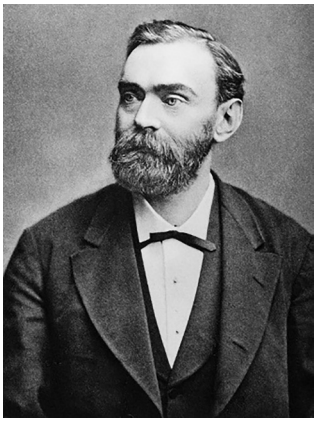
Prema tome, trebalo je naći tvar ili kemijski spoj koji u sebi sadrži i dušik i kisik i ugljik.

Ispitivanja su usmjerena k pokusima s dušičnom kiselinom HNO_3 „*aqua fortis*" koja je bila dovoljno snažna da izjeda metal imala je i dušik i kisik. Nedostaje još ugljik. Ugljika ima svugdje, organski smo svijet, u ugljenu, papiru, tkaninama, šećeru, koži itd. Istraživanja su krenula k miješanju dušične kiseline s organskim tvarima. Rodili su se nitroglicerin i nitroceluloza. Nitrocelulozu ili puščani, praskavi pamuk pronašao je 1846. godine njemački kemičar Christian Schönbein tretirajući pamuk s dušičnom kiselinom. Nitroceluloza u jednakim količinama kao barut davala je veći razorni efekt, dakle energiju i daleko manje dima.

Talijanski kemičar Ascanio Sobrero isto je eksperimentirao sa željom da napravi spoj dušika i ugljika za eksploziv. S krutim tvarima nije imao sreće ali se dosjetio da ima i tekućina bogatih ugljikom. Budući da je imao tvornicu sapuna u blizini, koristio je glicerin, uljastu tekućinu, nusproizvod pri proizvodnji sapuna i pomiješao je s dušičnom kiselinom. Dobio je žućkastu uljastu tekućinu. Grijao je tekućinu koja nije eksplodirala već je mu je para uzrokovala glavobolju. Još je isprobao reakciju na udar

da vidi ima li eksplozivna svojstva tako da je s par kapi natopio papir koji je udario čekićem. Čekić mu je eksplozija izbila iz ruke kroz prozor laboratorija. Immanuel Nobel izrađivao je barut za potrebe carske Rusije, te se, nakon prekida ugovora vraća u Švedsku i pokušava miješati crni barut i nitroglicerin. Alfred, najmlađi sin koji radi s ocem pokušavao je koristiti nitroglicerin kao sredstvo, pojačnik, koji bi dodao snagu barutu. Ubrzo je shvatio da je taj pristup, njega i ostalih znanstvenika pogrešan. Shvatio je treba potražiti način da se nitroglicerinu dovede kontrolirani udarni energetski impuls da bi on eksplodirao, a ne toplinu odnosno vatru. On je napravio prvi detonator koji je kontrolirano mogao navesti nitroglicerin na eksploziju. Sastojao se od izmjerene količine nitroglicerina koji je bio u kontaktu s malenim limenim zatvorenim spremnikom s barutom. S barutom je spojen štapin s čijom se duljinom kontroliralo vrijeme iniciranja. Nobel je počeo proizvoditi i detonatore i nitroglicerin. Veliki broj nesreća i katastrofa povezan je s tom proizvodnjom, a u jednoj takvoj u tvornici u Švedskoj poginuo je i Alfredov brat. Obzirom na sve to Nobel je tražio način kako bi nitroglicerin postao neosjetljiv u proizvodnji transportu i upotrebi. Tek miješanje s silicijem bogatom glinom koja je nitroglicerin upijala poput spužve dalo je rezultat. Takva mješavina bila je neosjetljive na udarce, mogle su se grijati do topljenja, a detonacija potaknutom detonatorom oslobađala je energiju dvadeset puta veću nego crni barut. Nazvao ga je dinamit prema grčkoj riječi za snagu "*dynamis*" i to je ime i danas sinonim za eksploziv [8]. Nobelov izum dinamita i detonatora, danas kod nas znanog i kao rudarska kapica, zamijenio je korištenje crnog baruta u miniranju. Crni barut koristio se za municiju, a i u tom području crni barut zamjenjivao se nitrocelulozom, odnosno bezdimnim barutom. Razvoj eksploziva odveo je u dva pravca. Jedan pravac su tvari koji eksplozivno sagorijevaju brzinama manjim od zvuka, generiraju manji tlak plinova eksplozije, nekoliko kBar na nižim temperaturama i zovu se *"low explossives",* kod nas baruti, propelanti i pirotehničke smjese. Eksplozivi tipa nitroglicerina eksplodiraju procesom koji se zove detonacija uz tlakove od nekoliko stotina kBar i brzinama nekoliko km/s te se nazivaju "*high explosives*", detonirajući, jaki ili brizantni eksplozivi. I dalje je Nobel eksperimentirao organskim tvarima bogatim kisikom i ugljikom, kao i drugi istraživači. Nobel je dinamitu dodavao natrijev nitrat, $NaNO_3$, i tako dobivao jeftiniji, ne mnogo slabiji eksploziv od dinamita. U isto vrijeme druga dva švedska kemičara Ohlsson i Norrbein koristili su amonijev nitrat, NH_4NO_3, za miješanje s drugim tvarima u eksplozivima. Nobel je otkupio patent i amonijev nitrat dodavao dinamitu. Budući da je amonijev nitrat teže inicirati, odnosno potaknuti na eksploziju – detonaciju dobiven je novi eksploziv sigurniji za rukovanje za dobrim eksplozivnim svojstvima. Amonijev nitrat danas je gotovo nezaobilazna komponenta gospodarskih eksploziva.

Za spomenuti je da Nobel, koji je izumio i pronašao moderne eksplozive, smatrao ih je prvenstveno alatima za čovjekovo dobro, a ne alatima ratnog razaranja. Obzirom da je bio prozivan kao "*anđeo razaranja*", a tada je bio jedan od najbogatijih ljudi na svijetu osnovao je zakladu za poticanje znanosti, umjetnosti i mira koja i danas istaknutim zaslužnim ljudima s tih područja dodjeljuje Nobelovu nagradu.

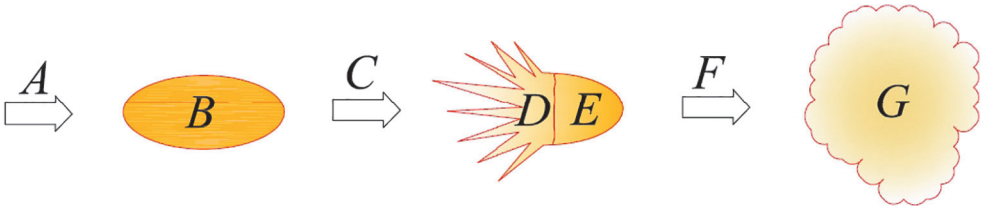


Sl. 7. Alfred Nobel (1833-1896) – švedski kemičar i izumitelj [10]

2.3 Eksplozije eksploziva

Eksplozija je fizikalni proces koji se pojavljuje kao posljedica prirodnog djelovanja ili ljudskih aktivnosti. Definiciju pojma *eksplozija* ponudilo je više autora. Prema Baumu eksplozija je proces vrlo brze fizičke ili kemijske pretvorbe sustava uz prijelaz njegove potencijalne energije u mehanički rad. Izvršeni rad eksplozije je rezultat nagle ekspanzije plinova i para. Dremin definira eksploziju kao proces brzog oslobađanja energije u ograničenom volumenu [11].

Eksplozija je vrlo brza ekspanzija tvari od početnog do mnogo većeg volumena. Može se reći da je eksplozija egzoterma, vrlo brza pretvorba početne tvari ili sustava uz ekspanziju nastalih plinovitih produkata. Eksplozivna pretvorba obavlja se u vremenu 10^{-5} s a shematski je prikazana na slici 8.

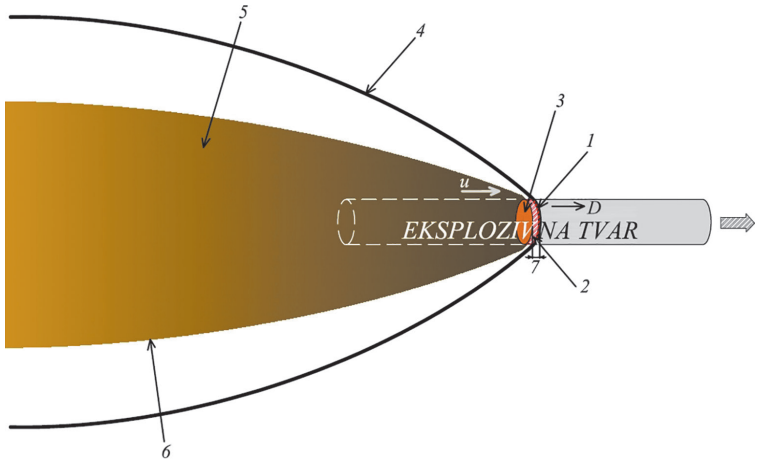


Kazalo:
A – inicijalni impuls (udar, plamen, toplina, trenje),
B – neporemećena eksplozivna tvar (T≈20 °C, v≈0,2-1,5 l/kg, p≈1 bar),
C – kemijski proces pretvorbe,
D – plinoviti produkti,
E – neporemećena eksplozivna tvar,
F – ekspanzija plinovitih produkata,
G – plinoviti produkti u ekspanziji (T≈2000-5000 °K, v≈1000 l/kg, p≈10^5 bar, Q≈3,5-7,5 kJ/g).

Sl. 8. Eksplozija

Poštujući te definicije, eksplozije se prema karakteru procesa pretvorbe mogu podijeliti na fizikalne, nuklearne i kemijske. U prirodi na Zemlji i u svemiru dolazi do eksplozija kao što su eksplozije električnog pražnjenja munje, vulkanske i eksplozije elastičnog sabijanja zemljinih ploča kod potresa (gorski udari) i provale plina u rudnicima, zatim eksplozije pri udaru (npr. meteora), eksplozije u svemiru itd. Kemijske eksplozije su procesi koji se dešavaju u eksplozivnim tvarima i čija se energija koristi za dobivanje energije odnosno mehaničkog rada [11]. Detonacija je vrsta kemijske eksplozije koja je prisutna kod jakih eksploziva, monomolekularnih ili smjesa kojom se oslobađa toplinska energija.

Djelovanje detonacije se može razložiti na proces djelovanja udarnog vala u eksplozivu, djelovanje udarnog vala u okolnom sredstvu te sekundarno djelovanje ekspandirajućih plinova u sredstvu. Detonacijski proces u patroni eksploziva shematski je prikazan na slici 9. Djelovanjem udarnog vala dolazi do intenzivnog stlačivanja eksploziva te se u njemu iniciraju kemijske reakcije u zoni kemijskih reakcija. Kada je je sav eksploziv izreagiran i pretvoren u plinove, u Chapman-Jougetovoj ravnini (prema Chapman i Jouguetu, teoretičarima detonacijskog procesa), plinovi naglo ekspandiraju i udarno djeluju na eksploziv i okolni medij formirajući udarni, Taylorova val. Nakon toga slijedi ekspanzija plinova te obavljanje mehaničkog rada u sredstvu.



Kazalo:
1 – fronta udarnog vala,
2 – zona kemijskih reakcija,
3 – Chapman-Jougueotova ravnina,
4 – udarni (tlačni) val u okolnom mediju,
5 – ekspandirajući plinoviti produkti,
6 – Taylorov val produkata,
D – brzina detonacije (m/s),
u – brzina produkata (m/s)

Sl. 9. Detonacijski proces u patroni eksploziva

2.4 Primjena eksplozivnih tvari u miniranju

Detonacijski eksplozivi koriste se poglavito za dobivanje čvrstih mineralnih sirovina u rudarstvu, za površinske, podzemne i podvodne iskope te za niz vrsta tehnoloških miniranja. Godišnji utrošak eksploziva danas se u Hrvatskoj kreće oko 5 000 tona, a maksimalna potrošnja ostvarena je 2004. godine kad je iznosila 20 000 tona. To je u europskim razmjerima predstavljalo značajnu količinu, a gledajući potrošnju eksploziva po stanovniku, prema nekim izvorima, Hrvatska je tada bila europskom vrhu.

Osim eksploziva, prilikom miniranja potrebna su i inicijalna sredstva a to su uz sporogoreći štapin, rudarsku kapicu br. 8 i detonirajući štapin, električni, neelektrični i elektronički detonatori. Prilikom miniranja stjenskih masa, a ovisno o potrebama proizvodnje i prerade ili pak kapacitetima transportirane mase, moguće je formiranje velikih minskih polja s teoretski neograničenim brojem minskih bušotina. Na taj način se odjednom mogu minirati deseci tisuća kubnih metara stijene. Potrošnja eksploziva za miniranje stjenske mase, ovisna je o njenim karakteristikama, vrste miniranja i osobinama korištenog eksploziva. U grubim granicama potrebno je od 0,2-1 kg eksploziva za jedan m^3 dobivene stjenske mase. Na slici 10 prikazano je masovno miniranje na kamenolomu.



Sl. 10. Miniranje na kamenolomu

Miniranja za potrebe izrada prometnica u čvrstoj stijeni mogu se pobrojati unutar slijedećih grupa; miniranja usjeka i zasjeka, miniranja u tunelogradnji, miniranja jama za upornjake mostova i nadvožnjaka, miniranja prilikom rekonstrukcija i proširenja prometnica, rušenja i uklanjanja postojećih objekata prometnica. Priprema minskog polja u tunelu prikazana je na slici 11.

Posebna kategorija specijalnih miniranja su podvodna miniranja. Obavljaju se za potrebe produbljenja dna, izrade obala, priveza, kanala za polaganje kablova i cje-



Sl. 11. Priprema minskog polja u tunelu

vovoda. Bušenje minskih bušotina obavlja se sa plutajućih maona ili roniocima. Ronioci postavljaju eksplozivna punjenja u bušotine i povezuju minsko polje unutar pripreme za iniciranje. Djelovanje miniranja u podmorju na površini mora prikazano je na slici 12.



Sl. 12. Podmorsko miniranje

Rušenje objekata miniranjem brz je i relativno jeftin način uklanjanja građevina. Tehnologija je primjenjiva na građevine izgrađene od gotovo svih materijala, odnosno betona, armiranog betona, cigle, drva ili čelika. Uobičajeno se miniranjem ruše više građevine pri čemu se za drobljene prvenstveno koristi vlastita masa građevine odnosno kinetička energija udara prilikom pada građevine.

Dvije su osnovne metode rušenja miniranjem: rotacija objekata u slobodni prostor i urušavanje objekta u vlastiti tlocrt te treća, kombinirana metoda rušenja. Na slici 13 prikazano je rušenje objekta miniranjem.



Sl. 13. Rušenje objekata vapnare miniranjem

2.5 Tehnološka miniranja

Primjena eksploziva za obradu metala počela je istraživanjima koje je izveo Monroe 1888. godine. Većina značajnih istraživanja vezanih za obradu metala eksplozivom provedena su pedesetih godina 20. stoljeća, a rezultirala su različitim oblicima primjene energije eksploziva za obradu metala. Najveći doprinosi razvoju pojedinih metoda obrade metala nalaze se u raketnoj i zrakoplovnoj industriji koje su bile glavni investitori u ovo područje. Mnogi od postupaka obrade metala eksplozivom koriste se kao komercijalni postupci u proizvodnji, dok su pojedini u stadiju istraživanja mogućnosti primjene.

Postupke obrade metala eksplozivom moguće je podijeliti postupaka obrade metala s obzirom na namjenu postupka. Podjela razlikuje slijedeće postupke obrade meta-

la eksplozivom; zavarivanje metala eksplozivom, oblikovanje metala eksplozivom, rezanje ili perforiranje metala eksplozivom, popuštanje zaostalih naprezanja eksplozivom, kompaktiranje metalnih prahova eksplozivom i povećanje tvrdoće metala eksplozivom.

2.6 Eksplozivi u umjetnosti

Izrada umjetničkih dijela tehnikom nazvanom detonografijom počiva na učincima oblikovanog punjenja odnosno na kumulativnom efektu eksplozije. Taj fenomen je otkrio Franz von Baader (1792), odnosno Charles E. Munroe 1888, koji je otkrio da utisnuta slova na eksplozivu prilikom eksplozije na metalnoj ploči bivaju utisnute u ploču. [12]. Bazirano na tom efektu, umjetnik Verner Molin je razvio tehniku nazvanu graviranje eksplozijom. Evelin Rosenberg je razvila tehniku detonografije kojom se dobiju reljefi na metalnim pločama. Njezina djela izrađena tom metodom nalaze se u nizu javnih zgrada u SAD-u [11].Tehnika graviranja eksplozijom primijenjena je kod izrade motiva srednjevjekovnog rudnika. Motiv je izrađen u Laboratoriju za ispitivanje eksplozivnih tvari Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta. Na slici 14 prikazan je motiv srednjevjekovnog rudnika nakon eksplozije te nakon čišćenja i bojanja.



Sl. 14. Motiv srednjevjekovnog rudnika izrađen graviranjem eksplozijom

2.7 Eksplozivi i razvoj

Eksplozivi su unaprijedili svijet na različite, često neprepoznate načine. U rudarstvu su eksplozivi omogućili eksploataciju količina mineralnih sirovina koje su dotad bile nezamislive. U vremenu kada je pronalazak parnog stroja povećao potrebe za energijom i materijalima, rudarstvo je uz pomoć dinamita bilo u mogućnosti zadovoljiti te potrebe. Veliki kotač razvoja brzo se počeo okretati. Ugljen za energetske namjene masovno je pridobivan miniranjem. Eksplozivi su omogućili i razvoj proi-

zvodnje električne energije u hidroelektranama. Za velika postrojenja hidroelektrana bilo je potrebno obaviti masovne zahvate u na vodnim tokovima i značajna premještanja stijena i tla. Za takve zahvate potrebni su bili eksplozivi. Energija je postala jeftina. U proizvodnji cementa osnovne karbonatne i silikatne komponente za cement mogle su se dobivati jeftino i masovno. Jeftina električna energija omogućila je i dobivanje aluminija u električnim pećima. Proizvodnja cementa uz pomoć eksploziva omogućila je daljnji razvoj građevinarstva [8]. Poljoprivreda i zaštita od poplava profitirale su primjenom eksploziva. Zaštita od tuče postiže se raketama koje djeluju pomoću eksploziva a u oblaku raspršuju čestice koje sprječavaju stvaranje leda sagorijevanjem pirotehničke smjese. Eksplozivi se nalaze u svemirskim letjelicama, u sigurnosnim sustavima automobila, uređajima za izbacivanje sjedala aviona. Sredstva spašavanja na moru, od baklji, dimova, signalnih raketa i bacača užeta ne bi djelovala bez eksploziva. Snježne lavine se obaraju eksplozivnim punjenjima. Umjetni dijamanti mogu se stvoriti djelovanjem eksploziva. Različiti specijalni postupci obrade metala mogući su jedino visokim tlakovima eksplozije. Eksplozivima se mogu dobivati elektromagnetski impulsi visokih vrijednosti.

Prometna i trgovačka povezanost, ceste, željeznice, tuneli izgrađeni su uz pomoć eksploziva. U Hrvatskoj, posebice od završetka domovinskog rata cestovna infrastruktura izrađena je pomoću eksploziva. Iskopi za aerodromske objekte, produbljenja i proširenja luka te željeznički tuneli izrađeni su pomoću eksploziva kao i različiti kanali za polaganje instalacija, kabela i cjevovoda. Eksplozivi su zaista alati razvoja na mnoge načine, direktne i indirektna, vidljive i nevidljive već više od 1000 godina, a svakako će to biti i dalje.

Literatura

[1] Kišpatić, M.: *Slike iz rudstva*, Poučna knjižnica “Matice Hrvatske”, Zagreb, (1974)

[2] Stack, B.: Handbook of Mining and Tunnelling Machinery, J. Wiley, NewYork (1982)

[3] http://krzemionki.pl/en/new-photos/ *Pristupljeno:* 2020-02-01

[4] Marić, L.: Minerali, stijene i rudna ležišta u našoj zemlji od prehistorije do danas, JAZU, Zagreb, (1878)

[5] Agricola, G.: De Re Metallica, Dover Publications, Inc. NewYork, (2015)

[6] Capra, F.: The Science of Leonardo: Inside the Mind of the Great Genius of the Renaissance, Anchor, (2008)

[7] https://nationalinterest.org/blog/the-buzz/greek-fire-the-byzantine-empires-secret-weapon-the-ancient-20955 Pristupljeno: 2020-02-03

[8] Grady S. M.: Explosives: Devices of Controlled Destruction, Lucent Books, San Diego (1994)

[9] https://en.wikipedia.org/wiki/Berthold_Schwarz Pristupljeno: 2020-02-03

[10] https://bs.wikipedia.org/wiki/Alfred_Nobel Pristupljeno: 2020-02-05

[11] Sućeska, M.: EKSPLOZIJE I EKSPLOZIVI: njihova mirnodopska primjena, Zagreb, (2001)

[12] Zukas, J. A. & Walters, W.P.: Explosive Effects and Applications, New York: Springer-Verlag, (1998).

Razvoj cestovnog prometa u Hrvatskoj

Dr. sc. **Petar Feletar**,
Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, pfeletar@fpz.unizg.hr

Prof. dr. sc. **Dubravka Hozjan**,
Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, dhozjan@fpz.unizg.hr

Prof. dr. sc. **Mario Anžek**, redoviti član HATZ-a,
Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti, manzek@fpz.unizg.hr

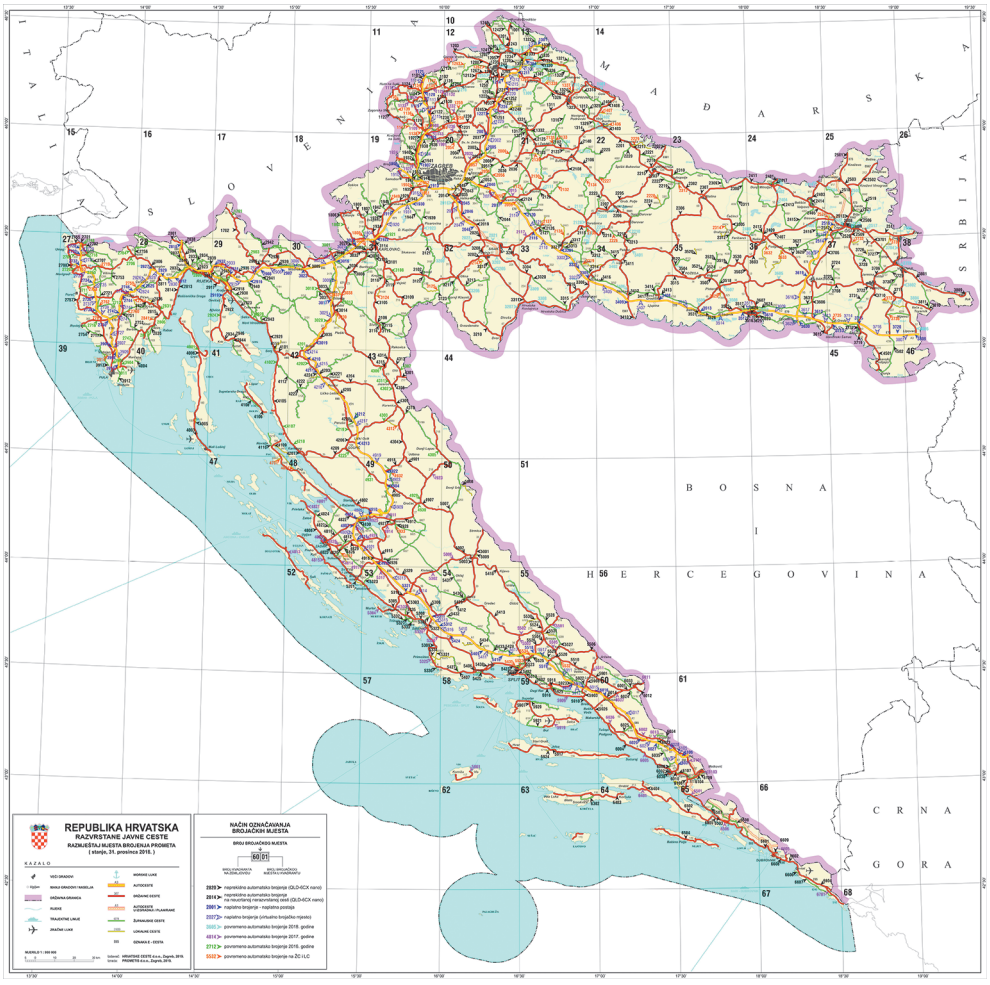
Sažetak: *U radu je ukratko razjašnjen razvoj cestovnog prometa u Hrvatskoj te njegova uloga i značenje od antike do danas u kontekstu društvenih, gospodarskih i političkih aktivnosti. Prometno-geografski položaj i prirodno-geografska obilježja Hrvatske pogoduju prometnim vezama i mogu se njima povoljno valorizirati. Hrvatski prostor koji je tijekom historijsko-geografskog razvoja nerijetko bio zapostavljen i izoliran suvremenim prometnim povezivanjem postaje prosperitetan i od ključne važnosti za širi regionalni razvoj. U posljednjih četvrt stoljeća Hrvatska proživljava procvat u sektoru cestogradnje, te cestovni promet s ukupno 26.722,4 kilometara prometne dužine izgrađenosti ima najveću važnost u prometu Hrvatske prateći visoke europske standarde. Revalorizirajući prometno-geografski položaj Hrvatska gradi iznova geostratešku poziciju u europskom prostoru.*

Ključne riječi: *cestovni promet, povijesni pregled, prometnice, Hrvatska*

1. Uvod

Hrvatska zbog svog specifičnog oblika i granica, središnje položenog gorskog prostora te raščlanjenosti primorja i otoka ima posebne i istaknute probleme unutrašnjeg prometnog povezivanja kroz povijest. Ipak, Hrvatska ima razmjerno povoljan prometno-geografski položaj, čije se značenje očituje u potrebama povezivanja srednjoeuropskog sa sredozemnim i bliskoistočnim prostorom upravo preko njezina teritorija, a sve više i istočnoeuropskog prostora sa sredozemnim.[1] Duga jadranska fasada i položaj na jugozapadu panonskog prostora, Hrvatskoj su osigurali prolazak dva ključna europska prometna smjera, koja su kroz povijest određivala

[1] Magaš, D.: *Geografija Hrvatske*, Sveučilište u Zadru – Meridijani, Zagreb – Zadar, 386, 2013.



Sl. 1. Razvrstane javne ceste u Hrvatskoj (HRVATSKE CESTE d.o.o. za upravljanje, građenje i održavanje državnih cesta, 2019.)

osnovne europske silnice kretanja ljudi i roba. To je geoprometni smjer koji povezuje zapadnu, sjevernu i srednju Europu s europskim jugoistokom i prednjom Azijom, te geoprometni smjer od Baltika i sjevera Europe preko Podunavlja do obala Jadranskog mora.[2] Iako Hrvatska dosad u suvremenim europskim tokovima nije obuhvatnije valorizirala svoj prometno-geografski položaj, može se istaknuti da ona ima jedinstvenu i specifičnu prometno-geografsku i geostratešku poziciju u europskom prostoru. Upravo povoljan prometno-geografski položaj najintenzivnije je utjecao kroz povijest na razvoj cestovnog prometa u Hrvatskoj, odnosno na iz-

[2] Božičević, J.; Perić, T.: *Razvitak hrvatskog gospodarstva sa stajališta razvitka prometa*, Ekonomski pregled, 52, Zagreb, 753-754, 2001.

gradnju prometne mreže Hrvatske bitno su utjecale kompleksne društveno-političke i gospodarske prilike i njihove povijesne mijene[3].

U uvodnom dijelu potrebno je približiti pojam cestovni promet[4] koji definiramo kao prometnu granu koja obavlja prijevoz ljudi i robe cestovnim prijevoznim vozilima, odnosno organizirano kretanje cestovnih prijevoznih sredstava po mreži cestovnih putova kao i sve operacije i komunikacije u cestovnom prijevozu[5]. Cestovni promet, kao jedna od vrsta kopnenog prometa, svrstavamo u širu djelatnost prometa i veza, te je kao takva vrlo važna u odvijanju cjelokupnog života i razvoja Hrvatske. Cestovni promet je širi pojam od cestovnog prijevoza te znači da izraz cestovni promet obuhvaća i djelatnosti koje su u izravnoj ili neizravnoj vezi s cestovnim prijevozom. Sukladno Zakonu o cestama javne ceste su javno dobro u općoj uporabi u vlasništvu Republike Hrvatske te se, ovisno o njihovom društvenom, prometnom i gospodarskom značenju razvrstavaju u jednu od sljedeće četiri skupine[6]: 1) autoceste (1.419,5 km – uključuje i planirane neizgrađene autoceste te ceste koje još nisu izgrađene u punom profilu autoceste); 2) državne ceste (7.175,7 km); 3) županijske ceste (9.483,1 km); 4) lokalne ceste (8.644,1 km).[7] Javna cesta je prometno-tehnički uređena građevina s podlogom i zastorom za cestovni promet (Sl. 1)[8]. Površina je od općeg značenja za promet, kojom se svatko može koristiti na način i uz uvjete određene Zakonom o cestama i drugim propisima[9].

Tablica 1: Struktura razvrstane cestovne mreže Republike Hrvatske u 2018. godini

Razvrstane ceste (km)				
Ukupno razvrstane ceste	**Državne**	**Županijske**	**Lokalne**	**Autoceste**
26.722,4	7.175,7	9.483,1	8.644,1	1.419,5*

Izvor: Odluka o razvrstavanju javnih cesta (NN 103/17).

* Uključuje planirane neizgrađene autoceste te ceste koje još nisu izgrađene u punom profilu autoceste.

[3] Božičević, J.: *Prometna valorizacija Hrvatske*, Zagreb, 1992.

[4] Feletar, P., Hozjan, D.: *Cestovni promet*, Hrvatska tehnička enciklopedija (HTE 1), Prvi svezak, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, (ur. JECIĆ, Z.), Zagreb, str. 135-145, 2018.

[5] Malić, A: *Geoprometna obilježja svijeta*, Meridijani, Zagreb, 1998.

[6] Odluka o razvrstavanju javnih cesta (NN 103/17)

[7] Strategija prometnog razvoja Republike Hrvatske za razdoblje od 2017. do 2030. godine, Državni zavod za statistiku; HAC d.o.o.; ARZ d.d.; HAC ONC d.o.o.; BINA-ISTRA d.o.o.; AZM d.o.o.; HC d.o.o.; HUKA

[8] Legac, I.: *Cestovne prometnice I – Javne ceste*, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, 2006.

[9] Blašković Zavada, J.: Osnove prometne infrastrukure, Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, 2019.

2. Antičke prometne veze

Najstariji oblici putova u svojim početcima nisu imali obilježja ceste, već su to bile utabane staze koje je najstariji čovjek slijedio prilikom dnevnih kretanja ili većih migracija. Povezivale su nastambe međusobno ili su se protezale od nastambe do prirodnih izvora poput vodotoka, šuma, pašnjaka, nalazišta kamena, izvora soli i sl. Razvitkom naselja, trgovine i prometa, kao i nastankom organiziranih država, napredovalo je građenje cesta. Razvoj kontakata, razmjene i karavanskih koridora između Podunavlja i jadranske obale traje već nekoliko tisućljeća. Kroz to dugo razdoblje intenzitet kontakata imao je svoje sinusoide uspona i padova. Povezivanje obale istočnog Jadrana (najčešće kombiniranim pomorskim i kopnenim prometom), ali i sve razvijeniji kontakti prema unutrašnjosti, u prvoj fazi kulminirali su u kasnoj antici odnosno u prvim stoljećima poslije Krista. U svojoj prekojadranskoj proviniciji Dalmaciji Rimljani su izgradili gustu mrežu karakterističnih antičkih cesta.[10]

Već od drugog stoljeća prije Krista javljaju se i europske transkontinentalne veze između baltičkih i sredozemnih krajeva. Te tradicionalne veze koje su trajale duboko u srednjovjekovlje, obilno su zahvaćale i naše krajeve pa tako i sjeverni Jadran. To je znameniti jantarski put, koji je u većem broju krakova prolazio od Baltičkog prostora prema Francuskoj, Italiji i Panoniji (osim jantara prenosili sol, krzno, kositar i drugi predmeti). Jedan od vrlo aktivnih smjerova tekao je od Baltika preko Alpa do značajnog antičkog trgovačkog i političkog središta Aquileiae na sjevernom Jadranu. Aquileia je bila i središte penetracije Rimljana prema istoku pa tako i u naše krajeve. Iz Aquileije jantarski put protezao se prema Istri i dalje prema sjevernojadranskim otocima i prema Dalmaciji i jugu. Računa se da je postojao još jedan važan smjer jantarskog puta za naše krajeve, koji je vodio preko Češke, Austrije (u Šopronu su pronađeni ostaci jantarskog puta) u Panoniju i zapadne hrvatske krajeve.[11]

Prvih godina nakon rođenja Krista rimske legije prodrle su sve do Dunava (Danubius, Ister), gdje je formirana krajnja granica carstva (limes), a na našim prostorima formirane su dvije velike provincije (Dalmatia i Pannonia). Jedan od najvažnijih ciljeva rimske uprave bio je stabilno prometno povezivanje, jer se brzom komunikacijom uspješno održavala rimska vlast i postizala gospodarsko-politička stabilnost. Stoga su Rimljani u obje provincije izgradili razmjerno gustu mrežu karakterističnih rimskih cesta koje su služile za karavanski, ali i za kolski promet. Sa svojom kamenom podlogom, miljokazima, odvodnjom i drugim tada naprednim značajkama služnosti, te su ceste bile od izrazite važnosti za Carstvo. Kolika je

[10] Slukan-Altić, M.: *Povijesna kartografija*, Meridijani, Samobor, 223, 2003.

[11] Kolarić, M.: *Jantar*, ekciklopedija likovnih umjetnosti, III., Leksikografski zavod, Zagreb, 61-62, 1964.



Sl. 2. Raspored glavnih rimskih putova prema tabuli Peuntingeriani na prostoru Dalmacije i Panonije (prema M. Slukan-Altić, 2003.)

važnost ovih prometnica govori činjenica da je brigu o održavanju vodila sama rimska vojska.[12]

Rimljani su pravce svojih cesta trasirali dolinama rijeka i nižim pobrđima, a na području istočnog Jadrana kombinirali su ih i s pomorskim prometom. Gušću i kvalitetniju mrežu imali su longitudinalni smjerovi (Sl. 2). Cestovna mreža na našem području može se najcjelovitije rekonstruirati prema sačuvanim rimskim itinerarima – prvenstveno prema Tabuli Peutingeriani iz 4. stoljeća (340 god. poslije Krista). Istočna jadranska obala bila je povezana rimskom cestom koja se protezala od Aquileie (Oglej) pa sve do Vinicuma (Ulcinj). U sjevernom hrvatskom primorju ova je cesta povezivala rimska naselja obale Istre, a postojala je i veza od Tergeste

[12] Slukan-Altić, M.: *Kartografski izvori za rekonstrukciju i praćenje razvoja prometnih komunikacija*, Ekonomska i ekohistorija, 1, Društvo za hrvatsku ekonomsku povijest i ekohistoriju, Zagreb, 86-87, 2005.

(Trst) do Tarsatice (Trsat). Od Tarsatice zasigurno je postojala i pomorska veza preko otoka prema Iaderi (Zadar) ali i cestovna veza preko Vinodola i Like. Ta je cesta povezivala Tarsaticu s nizom konstatiranih naselja prema jugoistoku: Ad Turres (Crikvenica), Senia (Senj), Avendone (Brlog), Epidotio (Kvarte), Ancus (Kula), Ausancalione (Medak), Clambetio (Obrovac) i u Nedinu (Nadin) se spajala s cestom od Iadere (Zadar) prema Saloni (Solin) i dalje prema Naroni (Sv. Vid kod Metkovića).

Kroz sjeverno područje Hrvatske prolazila su još dva važna longitudinalna smjera rimskih cesta koji su završavali na dunavskom limesu. To je posavski smjer, koji je povezivao Emonu (Ljubljana) sa Singidunumom (Beograd). Na glavnoj trasi te ceste u našim krajevima nalazili su se naselja: Noviodum (Ozalj), Romula (Dubovac), Quadrata (Vojnić), Ad Fines (Glina), Sisciae (sa sjedištem biskupa, Sisak) i dalje prema Marsonii (Slavonski Brod) i Sirmiumu (Srijemska Mitrovica). Na jednom kraku posavskoga smjera koji je povezivao Crucio (Novo mesto) i Sisciu (Sisak) uz Savu se nalazilo i antičko naselje Andautonia (Ščitarjevo kod Zagreba). Longitudinalni podravski smjer započinjao je u Poetoviaei (Ptuj) i nastavljao prema Ioviaei Botivo (Ludbreg) i Mursi (Osijek). Rimljani su tako znalački birali trase svojih cesta da su se na njima (uz manje korekcije) od prvih stoljeća novoga vijeka gradile moderne ceste koje smjerove koristimo još i danas.[13]

Za rimske graditelje, pa i potrebe toga doba, ceste preko Dinarida gradile su se samo na najpovoljnijim prirodno-geografskim prijelazima. Veze između Posavine i jadranske obale postojale su istočno ili zapadno od primorsko-goranskog kraja. Jedna od važnijih vicinalnih, transverzalnih cesta vodila je od Servitiae (Bosanske Gradiške), dolinom Vrbasa prema jugu i spajala se s jadranskom rimskom cestom blizu Salone (Solin), a važan je bio i smjer dolinom Une. Postoje nalazi koji potvrđuju da je i u rimsko doba Senia (Senj) bio povezan s Biviodumom (Modruš), gdje su senodvajali putevi na sjever prema Sisciji (Sisak) i Neviodunumu (Ozalj). Na Tabuli Peutingeriani ti smjerovi nisu naznačeni. Računa se da se od kraja rimske vlasti ustalila važnost tzv. modruškoga puta od Senja prema unutrašnjosti kako u smjeru prema Karlovcu tako i prema zapadnoj Bosni. Značajni rimski nalazi nađeni su u Josipdolu i okolnim selima Carevo Polje i Čakovac, a u crkvi Sv. Josipa u Josipdolu su dva antička natpisa iz doba Diokle-cijana.[14]

[13] Slukan-Altić, M.: *Povijesna kartografija*, Meridijani, Samobor, 223-224, 2003.; Gračanin, H.: *Rimske prometnice i komunikacije u kasnoantičkoj južnoj Panoniji*, Scrinia Slavonica, 10, Slavonski Brod, 9-69, 2010.

[14] Pavić, R.: *Geografija gorske Hrvatske*, vlastita naklada Zdenko Mance, Rijeka, 175-176, 2012.

3. Srednjovjekovni prometni tokovi

Nakon primjerno organiziranog prometa, pa i cestovnog, u antičko doba, trebalo je više od deset stoljeća da se vrate barem približni standardi transporta. Krajem srednjega i početkom novoga vijeka taj proces je još znatno usporen provalama Osmanlija s istoka. Za rani srednji vijek bitan faktor razvoja razmjene i prometa bila je državno-politička konsolidacija hrvatskog narodnog korpusa kao i drugih južnoslavenskih naroda na podunavsko-balkanskom prostoru. S obzirom na tadašnje vrlo ograničene tehničke mogućnosti, presudan faktor trgovačkih (prometnih) tokova bili su prirodno-geografski uvjeti. Hrvatski krajevi u panonskom i peripanonskom prostoru ujedinjuju se s gorskim i primorskim područjem tek u desetom stoljeću (kralj Tomislav) od kada datiraju i intenzivnije trgovačke i prometne veze.[15] Propašću hrvatskog kraljevstva narodnih vladara na kraju 11. stoljeća, stvaraju se i novi strateško-politički okviri za razvoj prometa i trgovine. Za valorizaciju prometnih tokova preko hrvatskog gorskog praga kroz nekoliko slijedećih stoljeća od važnosti je bilo stvaranje velikih vlastelinstava Krčkih knezova (Frankopana), Bribirskih knezova u šibenskom zaleđu (Šubića, kasnije Zrinskih), te Babonića. Uz ostale potrebe kontakata ugarske Panonije s jadranskom obalom, javlja se i potreba razmjene između hrvatskih velikih vlastelinstava, što pospješuje prometne karavanske tokove. Na tim smjerovima sagrađen je lanac burgova i utvrđenih gradova, pa se stvaraju novi prometni smjerovi koji ih povezuju.[16]

Reljefne karakteristike i zapreke uvjetovale su znatno obimniji promet longitudinalnim smjerovima sjeverozapad-jugoistok odnosno u osnovnim pravcima pružanja Dinarida. Transverzalne veze koje su trebale svladati prirodne prepreke, bile su sve do kasnoga srednjega vijeka gotovo zanemarive. Dakako, radi se o izričito karavanskom sporadičnom prometu, uz uporabu tovarnih konja, mazgi i mula. Iako omanji kolski promet još uvijek funkcionira samo na lokalnim, nizinskim smjerovima (primjerice, u dijelovima Vinodola, Like, Krbave, Ogulinsko-plašćanske zavale i, dakako, sjeverno od Karlovca), međuregionalni mahom karavanski putovi ipak dobivaju imena velikih cesta – magna via. Međumjesni putovi i u dokumentima se uglavnom spominju kao via publica, via communis, a gradske ulice i poprečni prijelazi kao via publica, via communis ili najčešće via vicinalis.

Svakako jedan od najvažnijih europskih putnih smjerova bio je velika ili vojnička cesta – Magna via, Via exercitualis. Taj smjer povezivao je ugarski glavni grad – Stolni Biograd (Sékesféhervar) s južnom Panonijom, pa dalje preko Dinarida s Jadranom. Računa se da je jedan krak Via magne ulazio u Hrvatsku kod Žakanja (Zákany na Legradskoj gori), a drugi preko Pečuha (Pecs) na Vašku (kod Viroviti-

[15] Valentić, M., Čoralić, L. i dr.,: *Povijest Hrvata, II.,* Školska knjiga, Zagreb, 4-7, 2005.

[16] Čoralić, L.: *Put, putnici, putovanja, Ceste i putovi u srednjovjekovnim hrvatskim zemljama*, AGM, Zagreb, 1997.

ce). Ovi su se krakovi spajali kod Koprivnice (kod Kamengrada). Odavde je jedan krak išao preko Varaždina i Susedgrada u Zagreb, a drugi preko Križevaca i Kalnika u Zagreb. Važan je bio krak koji je od Zagreba išao preko Topuskoga, Cetingrada i Bihaća, pa dalje dolinom Une do Knina, te odavde jedan krak prema Zadru, a drugi prema Splitu i preko Drijeva za Dubrovnik. Drugi krak je od Zagreba išao do Topuskog (Taborište), te preko Vojnića i Brinja do Senja. Smatra se da je za povezivanje Slavonije, Hrvatske i Dalmacije najvažniji smjer Via magne bio pounjski put preko Knina.[17] Samo manji dio tih putova pratio je trase nekadašnjih antičih smjerova. Pogotovo u južnopanonskom području, od Via magne odvajalo se više lokalnih smjerova i ogranaka.

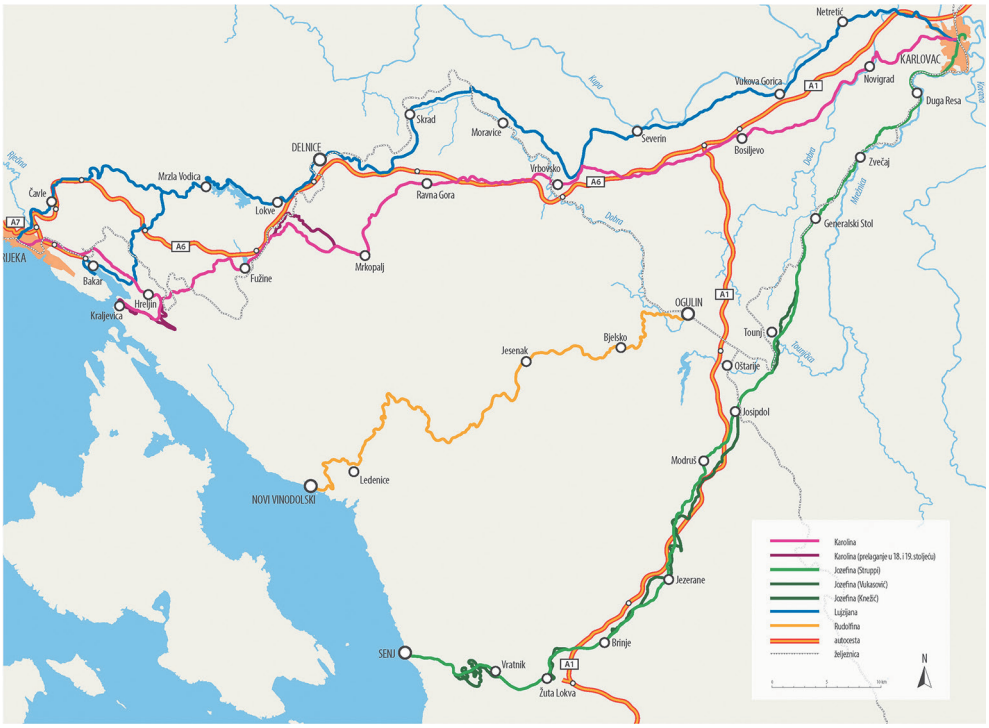
Razvoj prometa i trgovine u ranom novom vijeku, odnosno u 16. i 17. stoljeću u znaku je stalnih ratovanja s Osmanlijama i smanjenja teritorija Hrvatske na reliquiae reliquiaearum (ostatke ostataka). Zbog ratnih prilika i stalne teritorijalne reorganizacije, cijelo 16. stoljeće sve do mira na ušću rijeke Žitve 1606. bilo je razdoblje propadanja gospodarskog života, a osobito prometa. Pomicanje granica Osmanskog carstva na zapad uvjetovalo je i dislokaciju određenih prometnih smjerova iz Hrvatske prema zapadu. Cijelo stoljeće za promet je bilo vrlo nesigurno, pa je trgovina svedena na minimum, a glavni trgovački putovi iz Zagreba se kreću prema Ljubljani i Tršćanskom zaljevu. Takvo loše gospodarsko stanje donekle je promijenilo nastojanje bečkog Ratnog vijeća da što bolje organizira i izgradi Vojnu krajinu. Među obrambenim točkama valjalo je osigurati stalnu i funkcionalnu komunikaciju, pa su tako uređeni vojni putovi i rute. Tim smjerovima su se uskoro transportirale sve veće količine robe i pošte, a prevozili su se i putnici.[18]

Karavanski promet, unatoč stalnih osmanskih opasnosti doživljava tijekom 16. i pogotovo u 17. stoljeću svoj procvat. Tek izgradnjom prvih makadamskih cesta od početka 18. stoljeća, njegovu funkciju preuzima sve bolje organizirani kolski promet. Tek sa stabilizacijom granice prema Osmanskom carstvu i oslobađanjem dijelova Banske Hrvatske, te Like i Krbave, od početka 17. stoljeća počela je i nova faza razvoja prometa i trgovine u cijeloj Hrvatskoj. Razgranata mreža starih karavanskih putova oživljena je u drugoj polovici 17. stoljeća. Uz opće uvjete sigurnosti, treba naglasiti i tehničke i organizacijske inovacije koje su omogućavale njegovu maksimalnu ekonomsku efikasnost.[19]

[17] Slukan-Altić, M.: *Kartografski izvori za rekonstrukciju i praćenje razvoja prometnih komunikacija*, Ekonomska i ekohistorija, 1, Društvo za hrvatsku ekonomsku povijest i ekohistoriju, Zagreb, 88 – 89, 2005.; Petrić, H.: *Prilog poznavanju srednjovjekovnih putova u središnjoj Hrvatskoj*, Radovi, 26, Zavod za hrvatsku povijest Filozofskog fakulteta u Zagrebu, Filozofski fakultet u Zagrebu – Zavod za hrvatsku povijest, Zagreb, 17-26, 1993.

[18] Kruhek, M.: *Krajiške utvrde i obrana hrvatskog kraljevstva tijekom 16. stoljeća*, Institut za suvremenu povijest, Zagreb, 11-16, 1995.

[19] Karaman, I.: *Trgovinska magistrala Sisak – Karlovac – Rijeka*, Starine, 53, JAZU, Zagreb, 76-78, 1966.



Sl. 3. Trasa makadamskih cesta Karoline, Jozefine, Lujzijane i Rudolfine te suvremenih autocesta A1 i A6 (Feletar, P.: Hrvatske povijesne ceste, Karolina, Jozefina i Lujzijana, Zagreb – Samobor, 2016.)

Iako se najveći dio prometa između austrijsko-ugarskih i sjeverno-hrvatskih krajeva odvijao preko Ljubljane i Postojne prema Tršćanskom zaljevu, ipak su i u toj trgovini karavanski putovi dobivali na sve većem značaju. Trgovački terminal u Karlovcu počeo se snažno razvijati, a sve više trgovaca iz Zagreba i Varaždina posluje i s lukama u Rijeci, Bakru i Senju. Pomicanjem osmanske granice na Savu i današnje zapadne granice Bosne i Hercegovine, početkom 18. stoljeća stvoreni su svi uvjeti za početak funkcioniranja podunavsko-gornjojadranskog prometnog sustava. Promet roba i ljudi, pa i potreba reorganizirane Vojne krajine toliko se povećao da je već od početka 18. stoljeća na starom karavanskom putu od Karlovca prema Bakru i Rijeci trebalo izgraditi prve moderne makadamske kolske ceste.

4. Izgradnja prvih modernih cesta

Uz oslobađanje gotovo cijelog hrvatskog teritorija ispod osmanske vlasti, koje područje se od tada interesno uključilo u životni trgovački put prema sjevernom Jadranu, bitnu ulogu za gospodarsku transformaciju i modernizaciju prometa imala je

nova merkantilističko-cetralistička politika Bečkoga dvora. Ovo razdoblje je obilježeno postepenim oblikovanjem novog razvojnog žarišta u zoni prometno-trgovačkog povezivanja na smjeru Podunavlje – Posavina – Pokuplje – sjeverni Jadran. To je postalo glavni smjer hrvatskoga prostora i jugoistočnog dijela Habsburške monarhije. Osnovu toj novoj zoni dominantne prometne cirkulacije čini postepeno od druge polovice 18. stoljeća oblikovani sistem plovnih putova, cesta i gradova.[20]

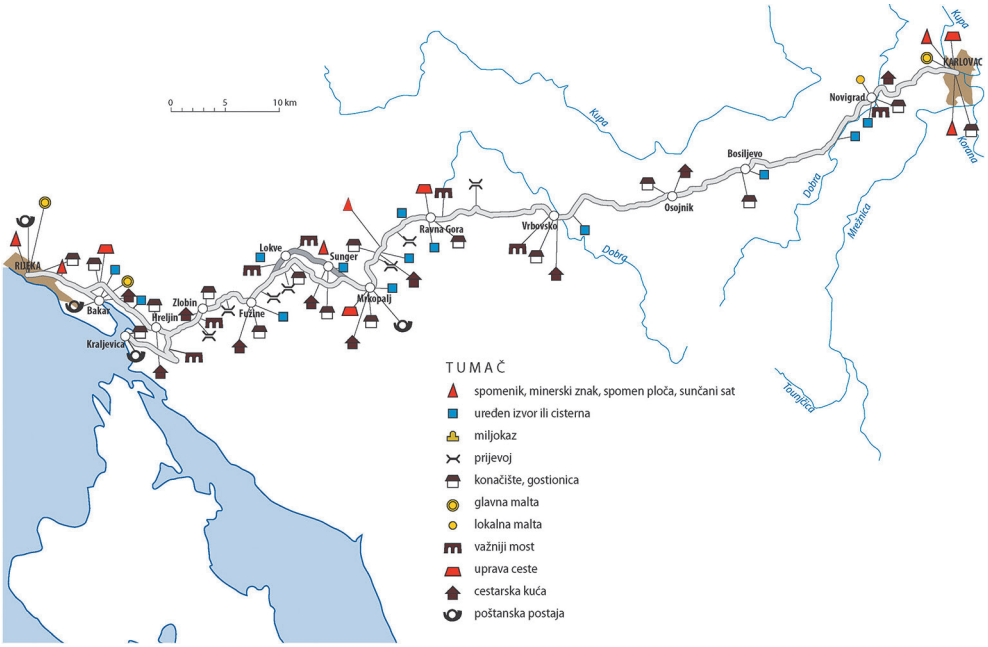
Osnovni prometni smjerovi razvijali su se i širili radijalno od glavnih gradova – Beča, Budimpešte i donekle Beograda. To je osobito došlo do izražaja od početka izgradnje kolskih makadamskih cesta od kraja 17. stoljeća, pogotovo od Velikog austrijsko-turskog rata (1683.-1699.). Izgradnju prvih makadamskih cesta u Hrvatskoj osobito je potaknula merkantilistička politika kralja Karla IV. koju su nastavili Marija Terezija i Josip II. Osnovna mreža cesta tada je izravno zavisila od interesne politike Beča i Budimpešte koji su što prije željeli biti prometno povezani sa sjevernim Jadranom.

Obujam prometa uz uporabu tovarne stoke i napredak tehničko-tehnoloških mogućnosti, te sve veći interes ulaganja državnog i privatnog kapitala, uvjetovali su početkom kasnobarokne obnove u 18. stoljeću izgradnju prvih modernih makadamskih putova preko Gorske Hrvatske prema Jadranskom moru (Sl. 3). Trase novih cesta uglavnom su pratile smjerove dotadašnjih karavanskih puteva. S ishodištem u Karlovcu afirmirala su se dva najvažnija smjera: 1.) Od Karlovca preko Vrbovskog i Mrkoplja na Hreljin i Rijeku s odvojkom za Bakar; 2.) Od Karlovca preko Josipdola, Modruša i Brinja do Senja. Potkraj 18. stoljeća Velebit je prijeđen još jednom makadamskom cestom – od Novog (Gospića) preko Oštarija do Karlobaga. Ovim modernim cestama je definitivno inaugurirana jadranska gospodarsko-prometna orijentacija Habsburške Monarhije.

Uz, za tadašnje prilike visokih 70.000 forinti ulaganja, prva nova cesta (duga samo 106 km) je dijelom puštena u promet već potkraj 1727., a svečanost otvorenja bila je u rujnu 1728. godine, kada je cestom od Karlovca prema ratnoj luci u Kraljevici (i Rijeci) prošao i sam kralj Karlo VI. (Sl. 4). Prema kralju je cesta prozvana Karolinskom cestom ili Karolinom (Via Carolina Augusta).[21] Konkretne pripreme za izradu nacrta i izgradnju započele su 1720. godine. One su bile intenzivirane nakon prijedloga Herza von Löwenecka, komorskog činovnika iz Bakra (Retmeister von Buccarri), da se hitno izgradi cesta između ratne luke u izgradnji Kraljevice preko Gorskog kotara do Broda na Kupi do kojeg bi trebalo regulirati Kupu za plovidbu prema Karlovcu i Sisku. Taj prijedlog tada nije bilo moguće tehnički i financijski

[20] Rogić, V.: *Regionalna geografija Jugoslavije*, 1, Prirodna osnova i historijska geografija, Školska knjiga, Zagreb, 140-141, 1982.

[21] Fras, Franz de Paula Julius: *Cjelovita topografija Karlovačke vojne krajine*, pretisak, Biblioteka ličke župe, Gospić, 71-72, 1988.



Sl. 4. Trasa Karolinske ceste (Via Carolina Augusta) s osnovnim sadržajima (Feletar, P.: Hrvatske povijesne ceste, Karolina, Jozefina i Lujzijana, Zagreb – Samobor, 2016.)

ostvariti, pa je po naredbi kralja Karla VI. 1725. za izradu nacrta zadužen glavni carski ingeniur Mathias Antoni Weiss (Matija Antun Weiss). Usprkos svojih graditeljskih nedostataka, pa i nedostatnog održavanja (mogli su prolaziti samo tovarni konji), Karolina je ipak slijedećih gotovo 40 godina odigrala ključnu ulogu u povezivanju Panonske nizine sa sjevernim Jadranom.

Tih su se godina mijenjale gospodarske i socijalne prilike područja od Banata do Karlovca, a posebno gradova Siska i Karlovca, zatim postaja na trasi Karoline, te Bakra i Rijeke. Promet roba i ljudi na moderniziranom prijelazu preko hrvatskog gorskog praga je rapidno rastao pa se uskoro pokazala potreba izgradnje nove, modernije makadamske ceste, prohodnije za kolski promet. Zato je tijekom merkantilističkih reformi Marije Terezije, od 1765. do 1779. izgrađena nova modernija makadamska cesta, sada između Karlovca i Senja (Sl. 5). Ime je dobila po sinu Marije Terezije, velikom reformatoru Josipu II. – Jozefinska cesta ili Jozefina (Via Josephina).[22] Trasa Jozefine dobrim dijelom slijedi rimski put od Senja preko Modruša, a na kartama Martina Stiera iz polovice 17. stoljeća tuda je naznačen »pješačko-jahaći put«. Iako je tada već bila u funkciji sjeverozapadnije položena trasa Karoline, na novoj trasi od Karlovca do Senja, funkcionira sve bolje uređena

[22] Glad, M.: *Via Josephina* (1770.-2007.), Makadamska cesta koja je približila Karlovac i Senj, Ceste i mostovi, 53, Hrvatsko društvo za ceste, Zagreb, 100-107, 2007.

ruta prohodna za tegleće konje, koja je sredinom 18. stoljeća poznata pod nazivom »Land Strasse nach Zeng«. Uz novi trošak od 380.000 forinti (što je oko pet puta skuplje od gradnje Karoline), Jozefinska cesta oživljuje Senj i njegovu luku gotovo kroz 100 godina. Trgovačka i poštanska cesta Via Josephina planirana je i izgrađena do 1779. godine na smjeru: Karlovac – Švarča – Mrzlo Polje – Duga Resa (Varoš) – Generalski Stol (Lipovac) – Tounj – Josipdol – Vrh Kapele – Jezerane – Brinje – Žuta Lokva – Vratnik – Senj. Glavna orografska prepreka bila je Kapela gdje se cesta dosta strmo penje i na visine od 884 do 888 metara. Za prelazak Velebita iskorišten je povoljan prijevoj Vratnik (694-700 m), gdje je brojnim serpentinama trebalo svladati nagli silazak prema Senju i nultoj točki na moru. Trasa je definitivno određena 1774., a u projektiranju i izvedbi veliku ulogu je imao Karlovački



Sl. 5. Trasa Jozefinske ceste (Via Josephina) s osnovnim sadržajima (Feletar, P.: Hrvatske povijesne ceste, Karolina, Jozefina i Lujzijana, Zagreb – Samobor, 2016.)

generalat i njegovi stručni graditelji. Izgradnju je započeo 1765. pukovnik Pasée, a glavne radove i doprojektiranje vodio je znameniti graditelj, graničarski potpukovnik i carski savjetnik, ingeniur Vinko Struppi (1733.-1810.), koji je Jozefinu dovršio od 1775. do 1779. godine. Nova prometna veza koristila se već tijekom izgradnje, a pogotovo nakon što je 1777. cijela trasa od Karlovca do Senja, ediktom Marije Terezije, oslobođena carine. Prema projektima Filipa Vukasovića, 1779. godine, u skladu sa završetkom Jozefine, proširena je i modernizirana senjska luka. Priznanje graditeljima i veliki prinos povećanju prometa i važnosti senjske luke, bilo je uvođenje poštanskog prometa između Beča i Senja i to redovitim poštanskim diližansama, od 1786. godine.[23] Promet Jozefinom, s manjim iznimkama, rastao je iz godine u godinu tako da ju je početkom 19. stoljeća trebalo proširiti i modernizirati. Prema nacrtima i pod vodstvom znamenitog graditelja Josipa Kajetana Knežića, rekonstrukcija Jozefine od Karlovca do Kapele izvršena je 1836., a težak uspon od Senja do Vratnika moderniziran je od 1836. do 1845. godine.

Potkraj 18. stoljeća, vrleti Velebita svladane su još jednom makadamskom cestom – Terezijanom ili Terezijanskom cestom (Via Theresiana). Staru cestu Terezijanu (1750.-1754.) projektirao je krajiški časnik Anton Schreding 1750., a trasa se protezala od luke u Karlobagu, preko Oštarija i Brušana na Kanižu i Gospić. Ta je cesta bila dio većeg prometnog projekta koji je imao za cilj povezati osmansku zapadnu Bosnu s morem, odnosno intenzivirati trgovačku razmjenu između dvaju velikih carstava. S obzirom na provedene obimne radove na uređenju luke u Karlobagu, kao i znatnom porastu obujma prometa, stara Terezijana uskoro nije mogla zadovoljiti potrebe. Zato je od 1786. do 1789. izgrađena tzv. Nova cesta Terezijana koja je uglavnom pratila raniju trasu, ali je izvedena znatno kvalitetnije, s manjim usponima i s mogućnosti prometovanja zaprežnim kolima u ljepšim dijelovima godine. Nova cesta, koju je projektirao krajiški graditelj i časnik, Filip Vukasović, pogodovala je afirmaciji Gospića kao tranzitno-posredničkog zarišta Srednje Like, te na rast prometa luke u Karlobagu.[24]

Karolinom, Jozefinom i Terezijanom, te su ceste činile prohodnu makadamsku putnu mrežu, na kojoj je tovarna marva postupno bila zamjenjivana zaprežnim kolima. To je omogućavalo prevoženje sve većih količina robe odnosno sve težih materijala što je posebno djelovalo na povećanje izvoza drva i žita. Obzirom da je do 1750. bila potpuno modernizirana makadamska cesta od Zagreba do Karlovca, a potom i veza od Karlovca prema Slunju, Korenici i Lici, od velike važnosti bili su radovi na cesti od Žute Lokve prema Otočcu, Gospiću, Gračacu i Zrmanji do dalmatinske granice u Palanki, te dalje prema Kninu, odnosno Zadru (tzv. Dalmatinska cesta –

[23] Valentić, M.: *Ceste i željeznice u pretpreporodno i preporodno vrijeme*, Počeci prometne integracije i jadranske orijentacije, Povijest Hrvata, II., Školska knjiga, Zagreb, 400-401, 2005.

[24] Pejnović, D.: *Gospić – geografski položaj, razvoj i suvremene značajke grada*, Gospić – grad, ljudi, identitet, Institut društvenih znanosti Ivo Pilar, Zagreb-Gospić, 33, 2013.

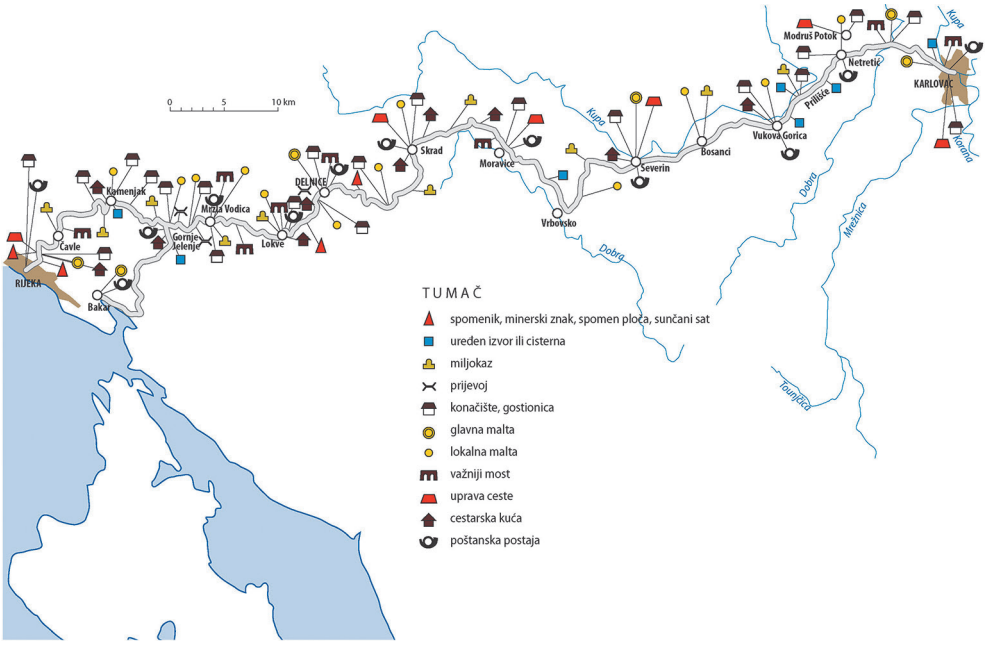
dovršena do 1789. godine) te cesta koja prelazi vrleti južnog Velebita, od Svetog Roka preko Malog Halana prema Zadru (tzv. Majstorska cesta u prometu od 1832. godine).

Novo postbarokno doba u 19. stoljeću donijelo je velike tehničko-tehnološke mijene i na područje Hrvatske. Napoleonski ratovi donijeli su nove teritorijalne-političke promjene i u zapadnoj i jadranskoj Hrvatskoj, a kratka vladavina Francuza značila je i razmjerno nagli razvoj prometa, osobito cestogradnje. U Dalmaciji su odmah osnovali pokrajinsku upravu sa sjedištem u Zadru, a providur Vincenzo Dandolo i ambiciozni general Auguste Marmont osobito su se istakli po brzom razvoju cestogradnje, jer pomorski promet je bio blokiran od jake engleske ratne flote.[25] Izgrađena je Karolinska i Jozefinska cesta, koje zbog niske razine služnosti postaju u novim uvjetima prometno usko grlo. Od Karlovca do Rijeke, praktički po novoj trasi izgrađena je od 1803. do 1811. jedna od tadašnjih najmodernijih europskih cesta (Sl. 6), koja je nazvana Lujzinska cesta ili Lujzijana (Via Ludovicea).[26] Gradnja Lujzijane započela je od Rijeke 1803., a projektant i voditelj radova bio je znameniti cestograditelj Senjanin i kraljevski podmaršal Filip Vukasović (Sl. 7). On je do 1809. završio cestu od Rijeke do Netretića, a zadnju dionicu do Karlovca u dužini od 15 kilometara završili su od 1809. do 1811. francuski graditelji maršala Marmonta. Trasa te najvažnije ceste u Hrvatskoj – napoleonski stručnjak Gaudin nazvao ju je 1811. najljepšom cestom Europe – koja još i danas služi i suvremenom motoriziranom prometu, najbolji je dokaz vrsnoće i solidnosti gradnje. Od Sušaka do Karlovca cesta je duga 133,6 km kilometra, a makadam je postavljen na prosječnoj širini od 8,2 metra. Bila je to cesta koja je omogućavala nesmetan promet i velikim tovarnim kolima i to u svako doba godine. Trošak izgradnje za tadašnje gospodarske prilike (djelomice i prazne carske kase) bio je visok i iznosio je oko 1,5 milijuna forinti. Lujzinska cesta je izvrsno služila prometu i trgovini sve do 1862. godine, kada je izgrađena željeznica Sisak – Zagreb – Zidani Most, odnosno kada je 1865. izgrađena pruga Zagreb – Karlovac te potom 1. listopada 1873. otvorena željeznica od Karlovca do Rijeke. Tada je promet žita i duhana iz Slavonije i Bačke krenuo iz Siska za Trst.

Izbor dionica i dinamiku izgradnje u doba Ilirskih provincija uglavnom je vršio potpukovnik Jean Louis Blanchard, kojega je 1810. za glavnog ingeniura Ilirskih provincija imenovao guverner Marmont. Uz cestu preko Samobora i Kostajnice na

[25] Šetić, N.: *Istra i Rijeka pod francuskom upravom i engleska blokada jadranske obale*, Hrvati i Ilirske pokrajine, HAZU, Zagreb, 301-302, 2010.; Kozličić, M.: *Francuski doprinos novom vojnostrateškom vrednovanju jadranskog prostora*, Hrvati i Ilirske pokrajine, HAZU, Zagreb, 99-138, 2010.

[26] Moravček, G.: Autocesta Rijeka – Zagreb, Cesta života, Adamić, Rijeka, 100-124, 2007.; Glad, M.: *Lujzinska cesta, najmodernija prometnica cijelog austrijskog carstva*, Ceste i mosotvi, 53 (90-95), 54 (92-98), 55 (92-97), Hrvatsko društvo za ceste Via Vita, Zagreb, 2007.; Kruhek, M.: *Karlovačka Lujzijana – najmodernija i najljepša europska cesta na početku 19. stoljeća*, rukopis, Karlovac, 13-17, 2013.; Černicki, L, Forenbaher, S.: Starim cestama do mora, Libricon, Zagreb, 28-34, 2012.



Sl. 6. Trasa Lujzinske ceste (Via Ludovicea) s osnovnim sadržajima (Feletar, P.: Hrvatske povijesne ceste, Karolina, Jozefina i Lujzijana, Zagreb – Samobor, 2016.)

istok, Blanchardu je glavna briga bilo uspostavljanje južnog priobalnog cestovnog smjera, koji je trebao povezati Ljubljanu s Albanijom i Levantom. Taj magistralni smjer nazvan je i Napoleonova cesta (Route Napoleon). Blanchard je ovu cestu prema njegovoj klasifikaciji svrstao po važnosti u prvi razred baš kao i vezu od Ljubljane prema Trstu i Italiji, te cestu preko Kostajnice prema istoku. Veći dio ceste na ovom smjeru bilo je izgrađeno prije francuske okupacije, pa je sada obnovljen i na dijelovima proširen makadamski kolnik. No, trebalo je izgraditi praktički novu cestu od Knina prema Dubrovniku. Ona se uklapala u plan mreže cesta koju je ranije izradio Frane Zavoreo iz Zadra, ali je realizirana uglavnom u vrijeme francuske vlasti u Dalmaciji od 1805. do 1813. godine. Izgradnju ove ceste od Knina preko Sinja za Dubrovnik naredio je maršal Marmont, pa je prema njemu prozvana Marmontova cesta. Za vrijeme svoje kratke vladavine Francuzi su samo u Dalmaciji izgradili oko 500 km bijelih (makadamskih) cesta. Osim Marmontove ceste, tada je izgrađena i vrlo važna prometnica od Zadra do Splita.

U to vrijeme moderniziran je i obnovljen istočni krak Dalmatinske ceste koja povezuje Žutu Lokvu preko Gospića sa Zadrom. Znameniti graditelj Josip Kajetan Knežić vijugavom uskom makadamskom cestom svladava Mali Alan (1044 m) preko južnog Velebita 1825.-1827. godine, povezavši tako Zadar s Likom (Sl. 7). Knežić je nastavio izgradnju ove ceste do Svetog Roka i Gračaca, završivši je do 1832. godine. Cesta je od Zemunika išla preko Smilčića, Karina i Obrovca, preko Zrma-



Sl. 7. Portreti znamenitih hrvatskih cestograditelja – krajiški graditelj Josip Kajetan Knežić (1786. – 1848.) i Senjanin podmaršal Filip Vukasović (1755.-1809.)

nje i penjala se uz Velibit preko Podpraga i Malog Alana prešla u Liku do Svetog Roka prema Gospiću. Ova važna prometnica ranije je prozvana Majstorska cesta.

U 19. stoljeću gradilo se i na obalnom smjeru od Rijeke do Starigrada Paklenice. Tako je 1835. završena cesta od Rijeke do Martinšćice (prozvana je Via Dorothea), a jedna od najznačajnijih investicija u cestogradnji u drugoj polovici 19. stoljeća bila je potaknuta gospodarskim razlozima eksploatacije bogatih šuma Gorskog kotara. Cestu je planirao i vodio izgradnju Matija Mažuranić, brat bana Ivana Mažuranića, a vodila je od Ogulina preko predjela Kapele do Vinodola i luke u Novom. Veliku Kapelu prelazi kod Jasenka, a najvišu točku doseže preko Banskih vrata (1047-1080 m). Dio ove ceste od Novog prema Mrkoplju, Mažuranić je počeo graditi već 1867. godine, ali je najveći dio ceste izgrađen od 1871. do 1874. godine. Prema prestolonasljedniku Rudolfu, ova je cesta dobila ima Rudolfova cesta ili Rudolfina. Zbog izrazite namjene za prijevoz drvne građe Rudolfinu su još zvali i »cesta bez putnika«. Do raspada Austro-Ugarske Monarhije (1918.) Gorska Hrvatska je ispresijecana razmjerno gustom mrežom bijelih cesta, ali većina njih imala je nisku razinu služnosti. Važnost spomenutih cesta i smjerova donekle je zasjenila izgradnja željezničkih pruga u drugoj polovici 19. i početkom 20. stoljeća, ali ih je ponovno afirmirala masovna uporaba automobila od polovice 20. stoljeća.

Prvi automobili u Hrvatskoj pojavili su se na prijelazu iz 19. u 20. stoljeće, a pioniri hrvatskog automobilizma su vlasnik tvornice sardina Gian Battista Warhanek, koji je već 1896. u Pulu dovezao prvi automobil, grof Marko Bombelles koji je 1898. dovezao automobil na imanje u Vinici kraj Varaždina, te veletrgovac i sportaš Ferdinand Budicki koji je 1901. dovezao prvi automobil u Zagreb[27]. Samo nekoliko

[27] Valjak, V.: *Bešte, ljudi – ide auto* (Povijest automobilizma u Hrvatskoj 1898. -1945.), Zagreb, 2012.

tjedana nakon Budickog, u Zagreb je automobil dovezao i Tadija Bartolović, koji je s Budickim pokrenuo prvu lokalnu taksi službu. Već 1906. u Zagrebu je osnovan Prvi hrvatski automobilni klub, koji je potaknuo uređenje propisa i proces obuke vozača. Budicki je 1909. nabavio i prve autobuse. Kako je motorni promet zahtijevao drugačije prometnice u odnosu na cestovni promet koji se do tada odvijao zaprežnim vozilima, vozači su automobilnom klubu uputili zahtjeve za prilagođavanjem cesta novim uvjetima prometovanja.

5. Cestovni promet u mreži suvremenih europskih koridora

Prometno značenje i gospodarska pozicija Karolinske, Jozefinske i Lujzinske ceste iznova se mijenja izgradnjom suvremenih autocesta. Završetkom autocesta Zagreb – Rijeka i Bosiljevo – Ploče (do Karlovca 1972., do Rijeke 2004., do Splita 2005., do Ploča 2013.), tri povijesne ceste uglavnom su izgubile veći dio tranzitnog prometa što znači da je bitno smanjen protok ljudi i roba.[28] Unatoč tomu ove ceste su zadržale dio svojih ranijih prometnih i gospodarskih funkcija, uz otvaranje nekih novih potencijalnih mogućnosti eksploatacije. Stoga su i na ovim cestama nastavljeni radovi na modernizaciji i redovitom održavanju, iako u znatno manjem obujmu nego prije izgradnje autocesta. Prometni smjer preko hrvatskog gorskog praga ima svoju trajnu geoprometnu i geostratešku vrijednost. Ono što su stoljećima stvarali karavanski putovi, pa povijesne makadamske ceste i suvremene autoceste pokazuje svoju bezvremenu važnost – za Hrvatsku i za regiju jugoistočne i srednje Europe, ali i za interkontinentalno povezivanje. Stoga je posve logično što se taj vitalni hrvatski prometni smjer uključio u sustav europskih prometnih koridora, odnosno u suvremene programe razvoja glavnih paneuropskih prometnica.

Dakle, u kontekstu prirodno-geografskih i društveno-geografskih karakteristika šireg okruženja, za Hrvatsku sudbinsko značenje ima hrvatski gorski prag.[29] Stoga suvremenu autocestu Karlovac – Rijeka (A6) koja je konačno cestovno valorizirala ovaj smjer u punom smislu, možemo nazvati i cestom života.[30] Iako, ovaj životno važan smjer još nije definiran i izgradnjom nizinske (dvokolosječne) željezničke pruge, može se zaključiti da je moderniziranjem cestovne mreže konačno definirana i izrazita jadranska prometna i gospodarska orijentacija Hrvatske. Gospodarska

[28] Feletar, P.: Hrvatske povijesne ceste, Karolina, Jozefina i Lujzijana, Zagreb – Samobor, 2016.

[29] Sić, M.: *Osnovna pitanja razvoja i organizacija prometnog sustava Hrvatske*, Hrvatski geografski glasnik, 55, Hrvatsko geografsko društvo, Zagreb, 14-16, 1993.; Stražičić, N., Komadina, P., Kesić, B.: *Jadransko more – vrata srednje Europe*, HAZU, Zagreb, 130-131, 1998.; Rogić, V.: *Regionalna geografija Jugoslavije*, 1, Prirodna osnova i historijska geografija, Školska knjiga, Zagreb, 73-76, 1982.

[30] Moravček, G.: *Autocesta Rijeka – Zagreb*, Cesta života, Adamić, Rijeka, 3, 2007.

i prometna jadranska orijentacija za Hrvatsku počinje već u Podravini i Slavoniji što znači da je ona vrlo važna za razvoj cijele Hrvatske.[31]

Hrvatski gorski prag predstavlja prometna vrata Hrvatske bez obzira na relativne gorske prepreke, jer prometnice prelaze visinu od 700 metara nadmorske visine u dužini od 30-ak kilometara (u odnosu na ukupnu udaljenost od oko 70 km zračne linije od Karlovaca do mora).[32] Za ovaj dio Europe, Tršćanski i Riječki zaljev predstavljaju njihova prirodna vrata u svijet, uz to se u zaleđu nalaze najniža i najuža vrata – Postojnska vrata (Porta orientalis, oko 610 m/nv) i hrvatski gorski prag (s najvišim prijevojima preko 800 m). Njima se najbrže i najjeftinije prelaze gorske barijere Alpa i Dinarida prema moru. Hrvatski gorski prag uvijek je imao ključno značenje u ukupnom razvoju Hrvatske, odnosno njezine jadranske prometne orijentacije.

Do kraja I. svj. rata razvoj cesta bio je u funkciji interesa Austrije i Mađarske. Uspostavom Kraljevstva SHS, odnosno Kraljevine Jugoslavije (1918–41) nije došlo do željene dogradnje cestovne mreže i modernizacije postojećih cesta na području Hrvatske. S izgrađenih 154 km suvremenih cesta u Hrvatskoj (Dugo Selo–Zagreb–Samobor, Rijeka–Novi Vinodolski, Trogir– Split, okolica Dubrovnika, više kraćih dionica) i 218 km na području Istre koja je tada bila pod talijanskom okupacijom (Trst–Rijeka, Trst–Pula, Rijeka–Pula, Poreč–Pazin) i dalje su zanemarivani hrvatski gospodarski i politički interesi, a time i ukupan društveni i gospodarski razvitak. Broj se motornih vozila na području čitave države 1925–29. udvostručio (oko 8 300 osobnih vozila i 2 200 autobusa i kamiona), a koncesijom izdanom za obavljanje prijevoza bili su regulirani i uvjeti eksploatacije vozila. Nakon svjetske ekonomske krize (1929–33) ponovno se povećao uvoz motornih vozila, ali u nepovoljnijem omjeru za teretna vozila (1938. u prometu je bilo oko 14 500 osobnih vozila i autobusa, a 3 859 teretnih vozila). Nakon stagnacije pri završetku II. svjetskog rata broj automobila dalje se povećao (za vrijeme II. svj. rata izgrađeno je 89 km cesta sa suvremenim kolnikom, a razoreno je oko 75% mostova, a oko 50% cesta neupotrebljivo za promet), da bi krajem 1965. već je bilo 46 438 osobnih automobila (92 stanovnika na jedan automobil), 16 253 teretna vozila, 1949 autobusa, 36 611 motocikala i 12 284 ostala vozila. Glede završetka modernizacije glavnih cesta, gustoće domaćega prometa i povećanoga turističkog i prolaznog prometa, godina 1965. označila je početak razdoblja prevage cestovnoga motornog prometa. Već su te godine u međugradskome putničkom prometu autobusi ostvarivali veći prijevozni učinak, mjeren putničkim kilometrima, nego željeznica, a u teretnom je

[31] Šošić, H.: *Međusobni utjecaj Jadrana i Slavonije*, Zbornik Prometna valorizacija Hrvatske, JAZU, Zagreb, 55, 1971.

[32] Malić, A.: *Razmišljanja i vizije u (o) prometu akademika Josipa Roglića*, Zbornik Akademik Josip Roglić i njegovo djelo, Hrvatsko geografsko društvo, Zagreb, 363, 2006.

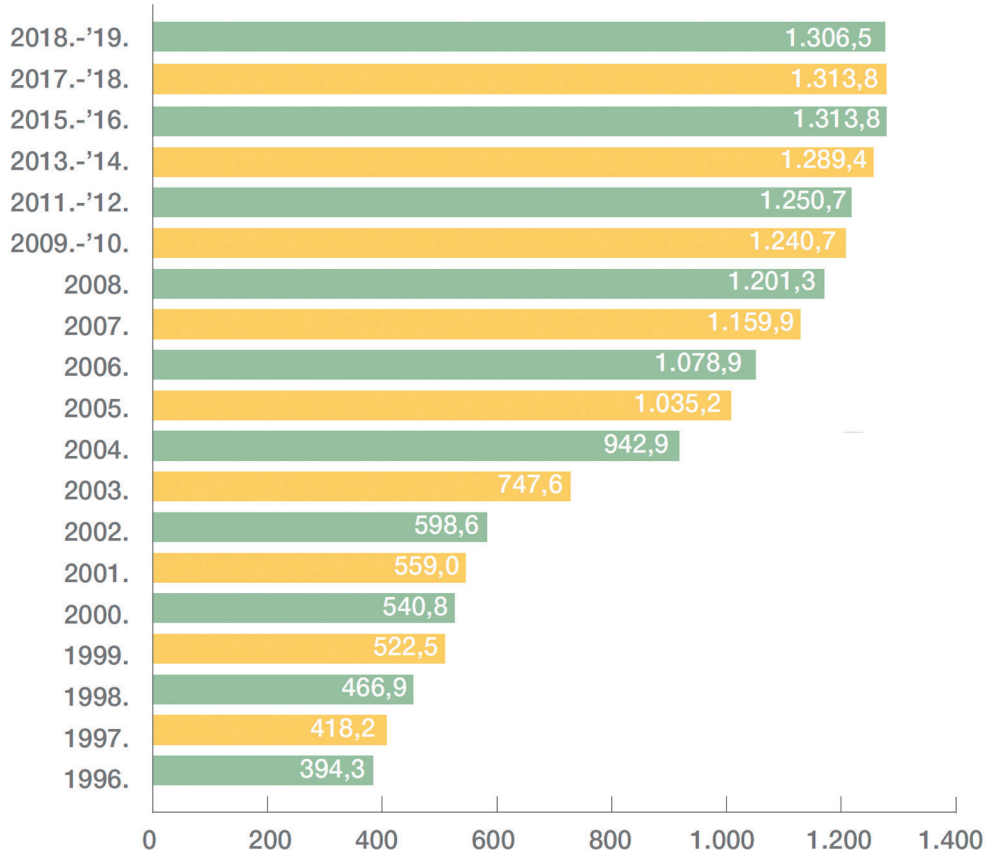
prometu, mjerenom tonskim kilometrima, udio cestovnog prometa bio 33%, željezničkoga 56%, a riječnoga 11%.

Autoput Bratstvo i jedinstvo od Zagreba do Beograda kao prva faza autoceste izgrađen je 1950., a ceste Karlovac–Rijeka, Varaždin–Zagreb, Rijeka–Pula, Zagreb–Velika Gorica i Dugo Selo–Vrbovec 1952., kada su započeli i radovi na Jadranskoj magistrali (potpuno je završena 1965). Hrvatska je 1955. raspolagala s 1 200 km suvremenih cesta. U razdoblju 1955–62. građen je prosječno 151 km suvremenih cesta godišnje, a 1962–67. čak 344 km godišnje. Mreža javnih cesta 1965. iznosila je 19 169 km, od toga 3 553 km suvremenih cesta. Značajnije ceste građene 1960-ih godina su Zagorska i Podravska magistrala, te ceste Karlovac–Petrinja–Sisak, Petrinja–Kostajnica–Dvor, Plitvice–Gospić–Karlobag. Godine 1972. dovršena je autocesta Zagreb–Karlovac, prva autocesta s naplatom cestarine, a 1977. započeli su radovi na izgradnji punoga profila autoceste od Ivanje Reke do Okučana.

Prvi prostorni plan Hrvatske (1974.) nastao je u uvjetima kada je stupanj motorizacije dosezao jedno vozilo na pet stanovnika, te predstavlja osnovu za izradu studijske i projektne dokumentacije. Prihvaćanjem plana studija i projekata potrebnih za izgradnju cestovne mreže Hrvatske (1979.), započeo je metodološki pristup planiranja mreže autocesta od kartografije i istražnih radova, studija, idejnih i izvedbenih projekata do imovinsko-pravne pripreme, a također su dane i smjernice za poboljšanja na mreži tadašnjih magistralnih, regionalnih i lokalnih cesta. Početkom 1980-ih izgrađeni su most Krk, obilaznica Zagreba i tunel Učka, a započela je izgradnja obilaznica Rijeke, Osijeka i Splita. Godine 1985. mreža javnih cesta iznosila je 27 474 km, od toga 18 928 km sa suvremenim kolnikom. Sljedeći prostorni plan Hrvatske (1988.) posebice je bio značajan zbog definiranja prostornoga razvoja mreže autocesta i brzih cesta.

Bitno poboljšanje u odnosu na stanje u bivšoj Jugoslaviji, u kojem prometnoj valorizaciji Hrvatske nije dano odgovarajuće značenje, i privremene okupacije dijelova hrvatskog teritorija od 1991. do 1995., danas se pozitivno odražava na smanjenje troškova vremena i novca u ukupnom gospodarstvu Hrvatske. Zbog zaposjedanja pojedinih prostora tijekom rata promet se morao odvijati alternativnim, jedva zadovoljavajućim prometnicama i kombinacijama s pomorskim prijevozom. U velikosrpsko agresiji bilo je oštećeno oko 1900 km magistralnih cesta, 4700 km regionalnih i 4200 km lokalnih, a privremeno otuđeno oko 5000 km. Oštećeno je oko šezdesetak, a srušena su 34 mosta. Smirivanje situacije omogućilo je zamah gradnje novih prometnica i prometne infrastrukture, a zacrtana je i gradnja mosta kopno-poluotok Pelješac u svrhu normaliziranja i prometnog povezivanja Dubrovnika, Pelješca i Korčule.[33]

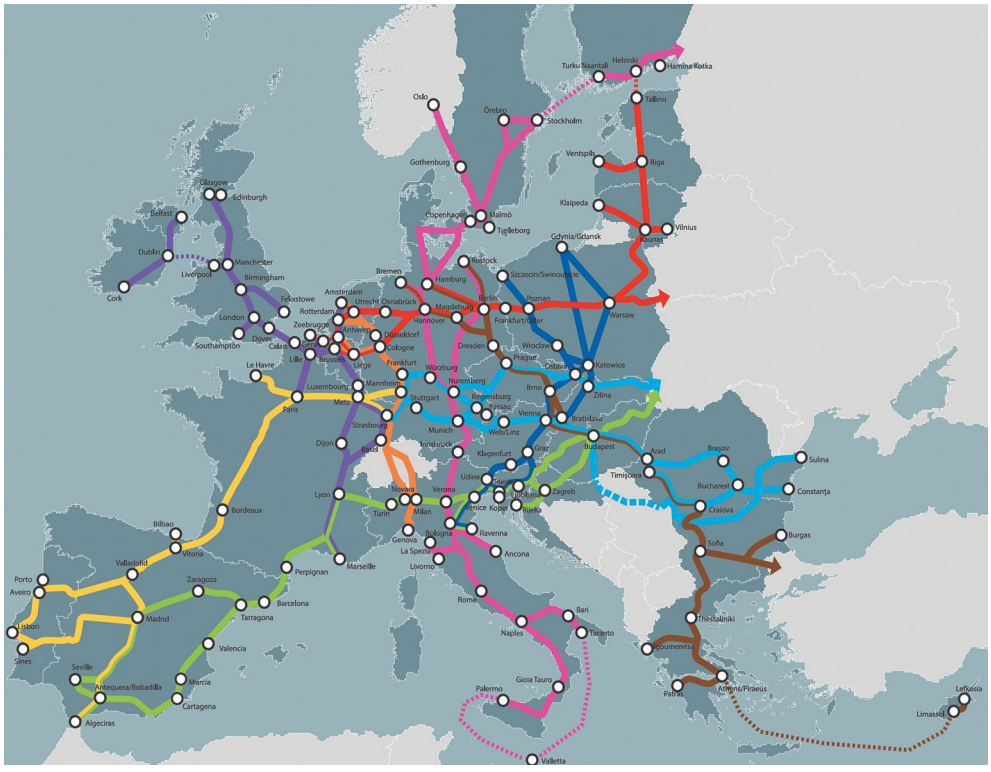
[33] Magaš, D.: *Geografija Hrvatske*, Sveučilište u Zadru – Meridijani, Zagreb – Zadar, 387, 2013.



Sl. 8. Razvoj mreže autocesta u Hrvatskoj od 1996. do 2019. u kilometrima (HUKA – Hrvatska udruga koncesionara za autoceste s naplatom cestarine, 2019.)

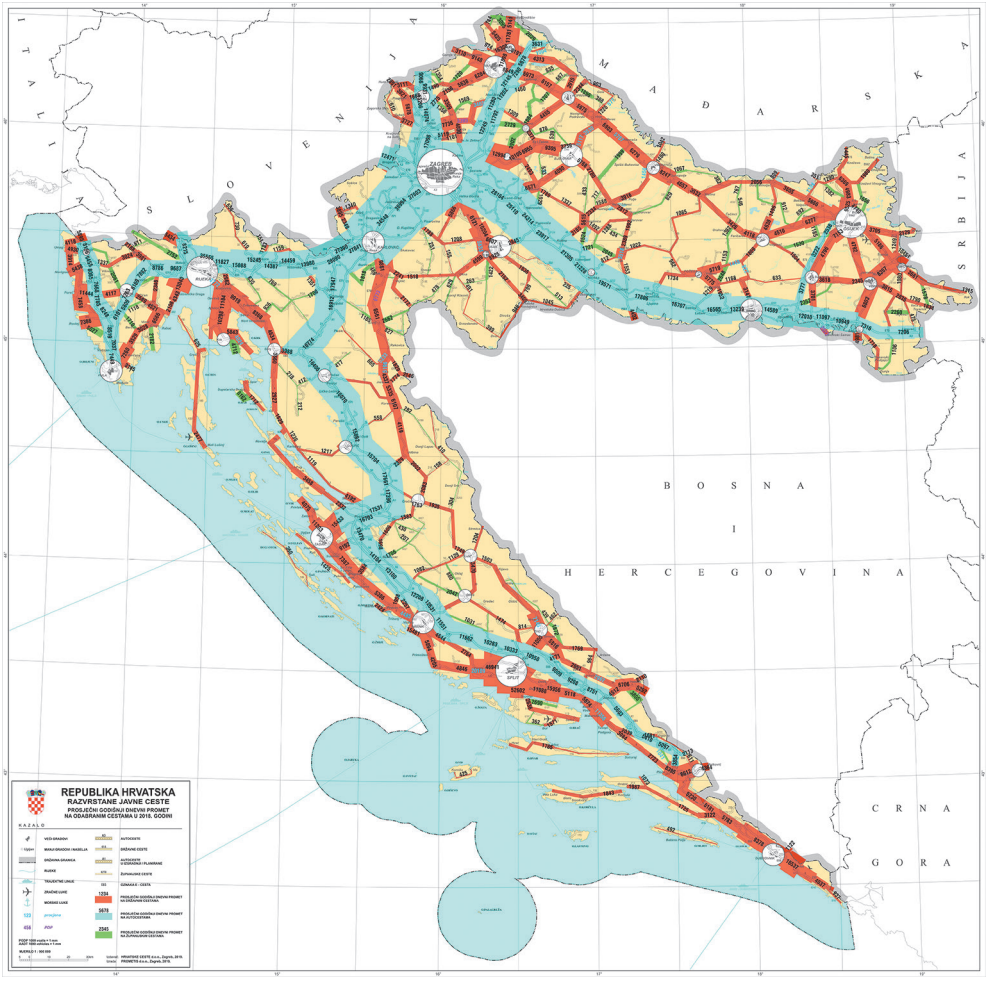
U ratnim je okolnostima (1991.) cestovni promet, u usporedbi s prometom 1990., bio manji 40%. Međutim, već 1996. na dijelovima nekih glavnih cesta promet se prema 1990. godini povećao i pokazuje nadalje tendenciju porasta (Sl. 8). God. 1998. omjer ostvarenih tonskih kilometara u cestovnome i željezničkome teretnom prometu bio je 85% : 15%. U međugradskome putničkom prometu udio je cestovnog prijevoza (u putničkim kilometrima) bio još veći: 80% prijevoza ostvareno je automobilima, 11% autobusima, a 9% željeznicom. U razdoblju 1991–98. na pravcu Rijeka–Zagreb–Goričan izgrađeno je 150 km autoceste i poluautoceste, na pravcu Zagreb–Macelj 35 km autoceste, podignut je novi Maslenički most s pristupnim cestama, probijen je tunel Sveti Rok te su nastavljeni radovi na njegovom dovršetku, započela je izgradnja prve faze istarskoga ipsilona Cerovlje–Pazin–Pula i autoceste Zagreb–Bregana, nastavljeni su radovi na izvedbi punoga profila autoceste Oprisavci–Velika Kopanica–Županja. Nakon temeljite analize europskih potreba i procjena najpovoljnijih prometnih koridora, te inkorporacije istočne Europe u jedinstvenu prometnu mrežu cijeloga kontinenta, što je bila tema rasprave na prvoj

paneuropskoj konferenciji o prometu u Pragu 1991., na drugoj konferenciji održanoj 1994. na Kreti donesena je odluka o glavnim paneuropskim prometnim koridorima i njihovu pružanju. Zbog ratnoga stanja na području nekadašnje Jugoslavije, Europa nije mogla čekati oživljavanje izgradnje glavnih prometnica, te Hrvatska i BiH na konferenciji na Kreti nisu bile uključene niti u jedan paneuropski prometni koridor. Na trećoj paneuropskoj konferenciji o prometu, održanoj 1997. u Helsinkiju, najvažniji hrvatski prometni pravci uključeni su u europsku mrežu glavnih prometnih koridora (cestovni i željeznički V. i X. te VII. dunavski riječni koridor). V. mediteranski koridor povezuje pirenejske luke Algeciras, Cartagenu, Valenciju, Tarragonu i Barcelonu preko južne Francuske, sjeverne Italije i Slovenije sa Mađarskom i zapadnom Ukrajinom. Od njega se od Budimpešte odvajaju ogranci prema Zagrebu i Rijeci (V.b), te Osijeku, Sarajevu i Pločama (V.c). X. koridor pruža se smjerom Salzburg–Ljubljana–Zagreb– Beograd–Skopje–Solun. Za Hrvatsku je važan i Xa ogranak X. koridora, koji na starom pyhrnskom prometnom pravcu povezuje Graz preko Maribora sa Zagrebom.



Sl. 9. Osnovna TEN-T mreža u EU na kojoj je Mediteranski koridor označen zelenom bojom (Karta usvojena na konferenciji u Tallinnu, 16. – 18.10.2013.)
Izvor: Core Network Corridors and Connecting Europe Facility, European Commission, Brussels, 2014.

Od posebne važnosti za Hrvatsku je i Jadransko-jonska autocesta, koja se pruža uz istočnu obalu Jadrana i Jonskoga mora. Prolazi kroz sedam zemalja (Italiju, Sloveniju, Hrvatsku, BiH, Crnu Goru, Albaniju i Grčku), i povezuje glavne morske luke (Trst, Kopar, Rijeku, Zadar, Šibenik, Split, Ploče, Dubrovnik, Bar, Drač, Igumenicu, Patras, Kalamatu) te više paneuropskih koridora (V., Vb, Vc i VII.). Intenzivnom izgradnjom suvremenih autocesta, osobito u posljednjih dvadesetak godina, Hrvatska se danas nalazi u gornjem dijelu tablice zemalja EU po gustoći autocestovne prometne mreže. Paneuropski prometni koridori Vb, Vc, X. i Xa koji prolaze kroz hrvatski državni teritorij trenutno su sastavni dio TEN-T-a (Sl. 9): koridor Vb (TEN-T Mediteranski koridor), Vc (sveobuhvatna transeuropska prometna mreža), X. (osnovna transeuropska mreža) i koridor Xa (sveobuhvatna transeuropska



Sl. 10. Prosječni godišnji dnevni promet (PGDP) na odabranim cestama u 2018. godini (HRVATSKE CESTE d.o.o. za upravljanje, građenje i održavanje državnih cesta, 2019.)

prometna mreža). Najdulja je hrvatska autocesta A1 (Dalmatina, dio Jadransko-jonske autoceste), koja povezuje Zagreb s Karlovcem, Gospićem, Zadrom, Šibenikom, Splitom, a od 2013. i Pločama uz nastavak gradnje prema Dubrovniku, kao i mosta Pelješac koji je dijelom već u gradnji.

6. Zaključna razmatranja

Rezultati brojenja prometa na hrvatskim cestama ukazuju na nastavak dugoročne tendencije rasta cestovnog prometa (Sl. 10), temeljem kojega se može zaključiti da ima sve veće značenje kako u prijevozu putnika tako i u prijevozu tereta. Razvojem cestovnog prometa pojavio se i problem sigurnosti učesnika u prometu koji se iskazuje brojem prometnih nesreća te njihovim posljedicama. Kao rezultat politike i strategije Europske unije i Republike Hrvatske utvrđene su smjernice daljnjega razvoja cestovnog prometa sadržane su u novoj Strategiji prometnog razvoja RH za razdoblje 2017–2030. (Sl. 11), te uključuju uspostavljanje nacionalnog prometnog modela.[34]

Nacionalni prometni model uključuje implementaciju novih tehnologija te uspostavu nacionalnog modela Inteligentnih Transportnih Sustava (ITS) koji se temelji na infrastrukturi modernih informacijsko-komunikacijskih mreža. ITS sustavi u načelu podrazumijevaju primjenu umjetnih inteligentnih mreža koje u sadašnjem vremenu prikupljaju podatke o karakteristikama prometnih tokova i na temelju predikcije upravljaju sveukupnim prometnim procesom. Značaj im je u povećanju mobilnosti sudionika u prometu s ciljem smanjenja prometnih gužvi, broja prometnih nesreća te emisija štetnih plinova.

Planiranje integrirane intermodalne prometne mreže s pratećom operativom logističko-distribucijskih terminala (a), investicijska prioritizacija korištenja postojećih koridorskih kapaciteta regionalne prometne mreže (b) te afirmacija transportne funkcije prirodnih resursa (c) i ekološki prihvatljivih transportnih opcija (d), nužni su okviri prometne politike u funkciji održivog razvitka, ekološke ravnoteže i društvenog napretka[35].

Društvena i ekonomska učinkovitost prometnog sustava ne indicira se samo tehničkim elementima prometne mreže, izraženim duljinom i gustoćom prometnica ili prijevoznim učinkom, već i kvalitativnim aspektima menadžmenta prometne potra-

[34] Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture: *Strategija prometnog razvoja Republike Hrvatske za razdoblje od 2017. do 2030. godine*

[35] Steiner, S.; Feletar, P.; Šimecki, A.: *Prometno-prostorna interakcija regionalnog razvoja,* Zbornik radova, Zagreb, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, 2014. str. 44-62

Opći ciljevi		**1**	Promijeniti raspodjelu prometa putnika u prilog javnog prijevoza (JP) te oblicima prijevoza s nultom emisijom štetnih plinova. To uključuje JP u aglomeracijama i lokalnom regionalnom kontekstu (tramvaje, lokalne autobusne linije itd.), prijevoz željeznicom, javni prijevoz u pomorskom prometu i prometu na unutarnjim plovnim putovima (brodovima), autobusni prijevoz na regionalnim i daljinskim linijama, kao i pješake i bicikliste.
		2	Promijeniti raspodjelu prometa tereta u prilog željezničkog i pomorskog prometa te prometa unutarnjim plovnim putovima.
		3	Razviti prometni sustav (upravljanje, organiziranje i razvoj infrastrukture i održavanja) prema načelu ekonomske održivosti.
		4	Smanjiti utjecaj prometnog sustava na klimatske promjene.
		5	Smanjiti utjecaj prometnog sustava na okoliš (okolišna održivost).
		6	Povećati sigurnosti prometnog sustava.
		7	Povećati interoperabilnosti prometnog sustava (JP, željeznički, cestovni, pomorski i zračni promet te promet unutarnjim plovnim putovima).
		8	Poboljšati integraciju prometnih modova u Hrvatskoj (upravljanje, ITS, VTMIS, P&R itd.).
		9	Dalje razvijati hrvatski dio TEN-T mreže (osnovne i sveobuhvatne).
Specifični ciljevi	**Kroz sektore**	**1**	Kvalitetnije usuglasiti upravljanje prometom sa susjednim zemljama (BiH – Luka Ploče, cestovne i željezničke veze s BiH, Slovenijom, Srbijom, Italijom, Crnom Gorom i Mađarskom).
		2	U pojedinim dijelovima Hrvatske upotpuniti, gdje je primjenjivo, razvoj turističkog sektora kao glavnog gospodarskog čimbenika adekvatnim razvojem prometa, osobito u prilog JP-a i zelene mobilnosti.
		3	Poboljšati dostupnost udaljenih dijelova Hrvatske (npr. otoka, Južne Dalmacije...).
		4	Razviti potencijal glavnih logističkih središta (Luke Rijeka, luke Split, luke Ploče, luke Vukovar, luke Osijek, luke Slavonski Brod, čvora Zagreb).
		5	Pojačati položaj Hrvatske kao logističkog čvorišta šire regije, uz osobit naglasak na Zagreb.
		6	Poboljšati integraciju prometnog sektora u društveno-ekonomska kretanja u regiji (koncept funkcionalnih regija, FR).
		7	Riješiti specifičnu situaciju u Hrvatskoj koja proizlazi iz sezonalnosti prometa.
	Cestovni promet	**1**	Poboljšati sigurnost cestovnog prometnog sustava.
		2	Kvalitetnije koristiti hrvatski cestovni sustav u kontekstu javnog prometa (autobusi u lokalnom, regionalnom i državnom sustavu).
		3	Smanjiti utjecaj najstarijih dionica hrvatske mreže autocesta na okoliš.
		4	Optimirati i međusobno uskladiti različite sustave naplate cestarina u Hrvatskoj.
		5	Unaprijediti tehničke zahtjeve u projektiranju cesta uz naglasak na ekonomičnija tehnička rješenja, sigurnosne norme, zelenu mobilnost i integraciju vidova prijevoza s nultom emisijom štetnih plinova.
		6	Povećati cestovnu dostupnost područja u kojima je postojeća infrastruktura dosegnula gornju granicu propusne moći, a alternativni oblici prijevoza (javni željeznički i obalni linijski prijevoz) nisu ekonomski opravdani (turistička središta u Jadranskoj Hrvatskoj), uključujući uvođenje održivog prometnog koncepta u prilog javnom prijevozu i oblicima prijevoza s nultom emisijom štetnih plinova.
		7	Povećati povezanost sa susjednim zemljama radi podizanja suradnje i teritorijalne integracije na višu razinu.
		8	Povećati dostupnost područja u Hrvatskoj u kojima je dosegnuta gornja granica propusne moći i u kojima nema alternativne cestovne infrastrukture (paralelne autoceste itd.) – od Zagreba u smjeru Bjelovara i od Varaždina u smjeru Koprivnice i Krapine.
		9	Smanjiti prometnu zagušenost u visoko opterećenim aglomeracijama uvažavajući posebna pravila koja vrijede za zaštitu nacionalne baštine.

Sl. 11. Popis općih i specifičnih ciljeva proizašli iz analize hrvatskog cestovnog prometnog sustava (Strategija prometnog razvoja Republike Hrvatske za razdoblje od 2017. do 2030. godine)

žnje, koje su artikulirane pojmovima infrastrukturne dostupnosti i povezivosti, sigurnosti u prometu i zaštitom okoliša, a u konačnici prostornom, demografskom i ekonomskom kohezijom regije.

Povijest izrade i proizvodnje odjeće u Hrvatskoj

Prof. dr. sc. **Snježana Firšt Rogale**, član suradnik HATZ-a,
Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, sfrogale@ttf.unizg.hr

Prof. dr. sc. **Dubravko Rogale**, redoviti član HATZ-a,
Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, dubravko.rogale@ttf.unizg.hr

Doc. dr. sc. **Željko Knezić**, član suradnik HATZ-a,
Sveučilište u zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, zeljko.knezic@ttf.unizg.hr

Sažetak: *Opisana je povijest ručne izrade odjeće i pojava industrijskog načina proizvodnje odjeće u Hrvatskoj početkom prošlog stoljeća te pojava i razvoj tvornica odjeća i odjevnih tehnologija. Načinjen je osvrt na značajke i izradu hrvatskih narodnih nošnji te na hrvatske vojne odore kao dvije temeljne odrednice razvoja ručno izrađene odjeće u Hrvatskoj. Prikazane su značajke obrtnički i industrijski proizvedene odjeće, te kasniji razvoj odjevnih tehnologija i specijaliziranih tvornica odjeće u nas, kao i razvoj potpuno novih vrsta odjeće po čemu je Hrvatska po inovativnosti u samom vrhu svjetskog tehničkog razvoja odjevnih predmeta.*

Ključne riječi: *Odjeća, ručna izrada, industrijska proizvodnja, Hrvatska odjevna industrija*

1. Uvod

U ranim počecima ljudske civilizacije odjeća se izrađivala ručno u plemenskim zajednicama i obiteljima, uz pomoć najjednostavnijih pomagala pronađenih u prirodi, kasnije uz jednostavnija pomagala u kućnoj radinosti, a izumom šivaćeg stroja proizvodi se na industrijski način.

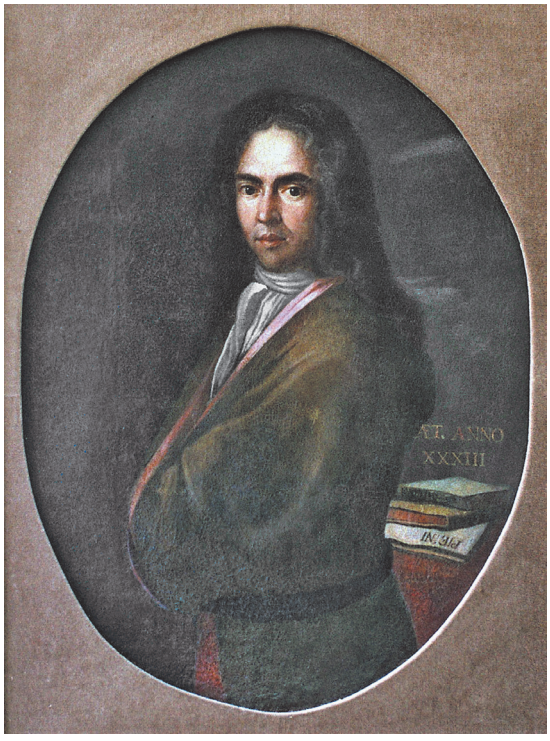
Rane ljude odjeća je štitila ponajprije od hladnoće, vlage, vjetra, vrućine, atmosferilijskih oborina, UV zračenja sunca i mehaničkih ozljeda pri kretanju kroz trnje, prašume i kamenjar. Odjeća se izrađivala od dostupnih materijala životinjskih koža, krzna i lišća biljaka, a kasnije se od upredenih životinjskih i biljnih vlakna izrađivala pređa, a ispreplitanjem (tkanjem ili pletenjem) izrađivali jednostavni plošni proizvodi iz kojih se krojila i izrađivala odjeća. Kasnije je odjeća pridobila i zaštitne funkcije od uboda oštrim predmetima (strjelice, koplja, sjekire, noževi, mačevi, sablje) i me-

haničkih udaraca (toljage, buzdovani, maljevi) i tako štitila ratnike, a potom poljodjelce i zanatlije od mehaničkih ozljeda i udaraca. S vremenom, osim zaštitne, odjeća poprima i druge značajke tako da označava status u ranim ljudskim zajednicama, stalešku pripadnost, rang na hijerarhijskoj ljestvici organiziranih skupina (vojne postrojbe, svećenstvo, vladari, sudstvo). Kasnije odjeća poprima i dodatne atribute uljepšavanja (isticanja, ukrašavanja i zavođenja), a tijekom 20. stoljeća izražava stavove nositelja (moralne, religiozne, sociološke) što je nazvano govorom odjeće.

Za Hrvatsku je posebno važna pojava, razvoj i značaj kravate kao odjevnog ukrasa i modnog detalja. Hrvatski vojnici sudjelovali su u Tridesetogodišnjem ratu u kojem su hrvatske vojne odore bile prepoznatljive po kravatama, sl. 1, odnosno rupcima koje su hrvatski vojnici nosili oko vrata. Hrvati su 1643. dobili svoju pukovniju nazvanu "Régiment Royal Cravates", čime se potvrđuje etimologija riječi kravata koja ima isti korijen kao i francuska riječ za Hrvate. Francuski kralj Luj XIV je počeo nositi kravatu sa samo 8 godina, jer je kao muški ures, bila jednostavnija od tadašnjih krutih štirkanih ovratnika. Prema najnovijim saznanjima Ivan Gundulić je još 1622. godine nosio kravatu, sl. 2, što se potvrđuje njegovim portretom iz te godine [1].



Sl. 1. Hrvatski vojnik u Tridesetogodišnjem ratu s rupcem oko vrata [2]



Sl. 2. Portret Ivana Gundulića iz 1622. godine sa kravatom [1]

Odjeća se do pojave industrijske revolucije izrađivala ručnim šivanjem, što je rezultiralo skupoćom i osobnim posjedovanjem malog broja jednostavnih odjevnih predmeta. Hrvatske narodne nošnje i povijesne vojne odore najbolje ocrtavaju povijest odijevanja u Hrvatskoj, a razvoj mode i njezin utjecaj na naše stanovnike početkom prošlog stoljeća, početak industrijske proizvodnje odjeće u nas, što je i opisano u narednim poglavljima.

2. Ručno šivanje i izrada odjeće

Počeci šivanja datiraju u ranu ljudsku povijest kada se rub materijala umjesto igle bušio oštrim predmetima (trn, oštar kamen, dio kosti, zubi životinja), a kroz stvorene rupice provlačilo se liko biljaka ili tanke vrpce kože. Kasnije su se pojavile metalne igle, isprva bez ušice, a potom s ušicom za provlačenje konca. Vrlo vješt šivač je ručnim šivanjem mogao ostvariti 30 do 40 ručnih uboda u minuti [3].

Prije pojave industrijske proizvodnje, odjeća, odnosno narodne nošnje, izrađivale su se u Hrvatskoj u ruralnim sredinama od tekstilnih plošnih materijala nastalih ručnim tkanjem ili pletenjem od dostupnih pređa životinjskog ili biljnog porijekla koje su sami uzgojili na svojoj zemlji, a potom krojenjem i ručnim šivanjem. Narodne nošnje pojedinog kraja imaju specifičnosti uvjetovane potrebama, dostupnim materijalima i potrebnim vještinama, mogućnostima izrade te raspoloživim financijskim sredstvima. Uočava se razlika između jednostavnije, funkcionalne odjeće koja je izrađivana od grubljih materijala (lan, konoplja, vuna) za svakodnevne prilike i finija, izrađivana od finijih materijala (lan svilenac, češljana vuna, prirodna svila, pozlaćene niti i mercerizirani pamučni konac) s bogatim ukrasima za posebne prilike

Na sl. 3 je prikazana košulja izrađena od finog lanenog platna na kojoj se nalazi izvezena poprsnica, sl. 4. Prvo je izrađena poprsnica, a zatim se krojila košulja. Košulja je izrađena 30-ih godina prošlog stoljeća a nalazi se u fundusu zbirke Vezilačke udruge Cavtata u Zavičajnom Muzeju Konavala u Čilipima.

Kasnije su se koristili materijali pribavljani trgovinom iz drugih krajeva (pamuk, svila), a potom su se pojavile i zanatsko-trgovačke radionice za izradu odjeće koje su prodavale svoje proizvode u gradovima i manjim mjestima na sajmovima.

Hrvatske vojne odore mijenjale su se kroz stoljeća te nisu uvijek bile uniformirane. Često su se nosile narodne nošnje s dodacima vojnih obilježja ili vojne odore drugih vojski. Većina hrvatskih vojnika u srednjem vijeku, svojom odorom je iskazivala pripadnost feudalnom vlastelinu na način da su imali istaknute njihove grbove na odjeći i štitovima, te iskrojene rukave, nogavice i plašteve iz tkanine u boji karakterističnoj za vlastelina. Za vrijeme stogodišnjeg hrvatsko-turskog rata hrvatska plemićka vojna odora se sastojala od kaputa s razrezanim rukavima ukrašenog



Sl. 3. Ženska košuljica kratkih rukava sa konavoskim vezom



Sl. 4 Poprsnica vezena na finom lanenom platnu

vrpcama za ukras i zakopčavanje, kabanice, kape s istaknutim odlikovanjem, pancirke, oklopa, čizama i kacige. Pojavom manufakturnog načina proizvodnje u 16. stoljeću započinje se proizvoditi prva pješačka vojna odora. Hrvatski vojnici, kao najamnici, sudjelovali su u Tridesetogodišnjem ratu (1618.–1648.). Njihove vojne odore su bile najčešće modre boje, a kabanice i hlače crvene boje, sl. 1. Tada se pojavljuju tzv. husari koji su služili u austrijskoj vojsci, a bili su odjeveni u narodne nošnje. Hrvatski vojnici koji su se pod francuskom zastavom borili u tom ratu, bili su prepoznatljivi po kravatama, odnosno rupcima koje su nosili oko vrata. Trenkovi panduri su bili odjeveni u odore slične osmanskim, u crvenu kabanicu s kapuljačama, krzneni prsluk, a ispod njih crveni muški preklopni prsluk, dok su oko vrata vezali crvenu maramu, sl. 5 [4].

Od 1806. godine regularni pripadnici krajiških vojnih pukovnija dobivaju ratne odore od tamnosmeđeg sukna od vunenog pusta, dok je kod ostalih vojnika habsburške pješadije dominirala bijela boja. 1810. godine je maršal Marmont ustrojio šest hrvatskih pukovnija s odorama plave boje s bijelim prslukom, bijelim gumbima te francuskom čakom. Tijekom revolucionarnih zbivanja u 19. stoljeću u Europi, odore hrvatskih krajiških vojnika su bile slikovite i egzotične u odnosu na ostale europske vojnike s tzv. “hrvatskom kapom” tzv Croatenmütze, dok je neregularna vojska bila odjevena u narodnu nošnju kraja kojem su pripadali. 1851. godine u Habsburškoj



Sl. 5. Trenkovi panduri [5]



Sl. 6. Pohodna odora na početku 1. svjetskog rata [2]

Monarhiji pripadnici hrvatsko-slavonske ulanske pukovnije bili su odjeveni u plavu dolamu s crvenim obrubima i crvene hlače širokog kroja, a razlikovale su se od ostalih po boji kape sa štitnikom za oči oštrijeg i podignutog ruba. Odora hrvatskog domobrana se sastojala od plave bluze s izvezenim crvenim gajtanima, crvenih uskih hlača, s ukrasnim pleterom na nadbedrenici. Na desnoj strani kape bio je izvezen broj bojne. Hrvatski vojnici su u austrougarskom pješaštvu tijekom 1. svjetskog rada imali paradnu i ratnu/pohodnu odoru. Pohodna/ratna odora je bila štukastosive boje (službeni naziv nijanse sivo-svijetloplave boje), sl. 6. Ta vrsta odore izrađivana je strojnim šivanjem. Hrvatski domobrani NDH odijevali su se u kratke kaputе s metalnim gumbima, s četiri našivena džepa. Na ovratniku su bile oznake činova, u obliku hrvatskog trolista [6]. Ustaški vojnici su bili odjeveni u odore sivo-zelenkaste svijetle boje, smeđe ili crne. Hrvatske legionarske postrojbe u Wehrmachtu i SS-u odijevale su njemačke odore, na talijanskoj bojišnici talijanske odore s oznakama hrvatskog grba, a na istočnoj bojišnici su imali značku s hrvatskim grbom ispod kojeg je bio natpis “Hrvatska legija 1941”. U 2. svjetskom ratu, partizani su prvo nosili civilnu odjeću, a kasnije prilagođene odore neprijateljskih vojski.

Na početku Domovinskog rata, pripadnici Zbora narodne garde i Hrvatske vojske bili su odjeveni u odore tadašnje milicije ili odore Teritorijalne obrane SFRJ i SR

Hrvatske. Današnja odora hrvatskog vojnika dijeli se na prikrivnu, službenu i svečanu odoru kopnene vojske, ratne mornarice te ratnog zrakoplovstva i protuzračne obrane, kao i na počasnu ceremonijalnu, povijesnu i koncertnu odoru [7].

3. Strojno šivanje, pojava mode i industrijska proizvodnja odjeće

Početak odjevne industrije seže u rano doba industrijske revolucije pojavom šivaćeg stroja. Prethodio je patent T. Sainta 1790. godine prvog šivaćeg stroja za šivanje kože jednim koncem i lančanim bodom. B. Thimonnier 1830. godine patentira uporabljivi šivaći stroj sa zakrivljenom iglom, a potom francuska vlada osniva prvu tvornicu s 80 strojeva za proizvodnju vojne odjeće. Šivaći stroj, sličan današnjem, 1846. patentira E. Howe i prodaje ga korisnicima. Imao je iglu s ušicom za provođenje gornjeg konca, okomitu iglenjaču i čunak s donjim koncem za tvorbu čvrstog zrnčanog boda. I. M. Singer 1851. patentira stroj na nožni pogon i pritisnu nožicu za šivani materijal, a A. B. Wilson sustav posmika materijala. Značajan napredak je ugradnja elektromotora na šivaće strojeve P. Diehla, 1887. godine [3]. Razvojem strojarstva usavršavaju se strojni elementi, povećava se brzina šivanja s početnih stotinjak ostvarenih strojnih šivaćih bodova u minuti na desetak tisuća i razvija nova vrsta šivaćih automata. Razvoj elektrotehnike i elektronike potiče pojavu šivaćih agregata, numeričkih vođenih šivaćih strojeva, robota i inteligentnih šivaćih strojeva. Usporedno se razvijaju strojevi i oprema za tehnološke procese krojenja i dorade odjeće, sustavi međufaznog transporta, sveobuhvatna primjena računala i umrežavanja, organizacijski oblici te metode organizacije rada u tehničkim pripremama tvornica odjevne industrije.

Strojno šivanje je još uvijek dominantna tehnika spajanja dijelova odjeće od tekstilnih i drugih plošnih materijala s pomoću igle i konca. Iglom se buši materijal i provlači konac kroz materijal, tvoreći petlje od ulančanih ili isprepletenih konaca. Šivanjem se ostvaruje niz jednakih prolazaka koncem kroz materijal, a ovisno o broju igala i konaca te načinu ispreplitanja konaca sačinjava se tzv. šivaći ubod ili bod. U hrvatskoj odjevnoj industriji prihvaćena je normizacija šivaćih bodova prema normi ISO 4915, a šivanih šavova prema ISO 4916. Ovisno o vrsti šivaćih bodova (jednostruki lančani i zrnčani, dvostruki lančani i zrnčani, omatajući i prekrivni lančani) ostvaruje se potrebna čvrstoća i elastičnost šava i primjerenost šava šivanom materijalu [3].

U svijetu i u Hrvatskoj, nakon pojave šivaćih strojeva, odjeća se proizvodi na zanatski i industrijski način. Zanatski način je dugotrajan i najveći broj tehnoloških operacija izvodi jedan radnik. Proizvod je unikatan, posjeduje izrazitu pristalost s obzirom da je proizveden prema individualnim mjerama kupca, ali je manje kvalitete s obzirom da zanatlija ne može investirati u mnoštvo suvremenih strojeva koje

omogućuju visoku kvalitetu izrade. Industrijski način razvio se iz zanatskog načina proizvodnje, a karakterizira ga veći broj uvježbanih radnika s preciznom podjelom rada na specijalizirane tehnološke operacije. Izobrazba zanatlije traje dugo s obzirom da mora savladati veliki broj tehnoloških operacija, a industrijskog radnika kraće jer izvodi dvije do tri specijalizirane tehnološke operacije koje izvodi izvježbano i vrlo brzo s visokom kvalitetom. Odjeća proizvedena na industrijski način je stoga jeftinija i kvalitetnija, a proizvodi se prema skupinama razrađenih sustava odjevnih veličina, karakterističnih za tjelesne mjere populacije različitih zemalja. U novije vrijeme u Hrvatskoj pojedine tvornice odjeće izrađuju unikatnu odjeću prema individualiziranim tjelesnim mjerama, potrebne krojeve računalno brzo prilagođavaju tjelesnim mjerama, tako da odjevni predmet ima potrebnu pristalost i kvalitetu bolju od zanatske izrade. Cijena takvog odjevnog predmeta je skuplja od serijski proizvedene odjeće prema normiranim veličinama, ali još uvijek manja od zanatski proizvedene odjeće.

Za pojavu prve tvornice odjeće u Hrvatskoj zaslužan je trgovac Salamon Berger, sl. 7 [8], koji je od početka 20-og stoljeća imao trgovinu tekstilnom robom na Jelačićevom trgu u Zagrebu, a prodavao je i odjeću čiju je izradu sam organizirao u kućnoj radinosti. U vrijeme najboljeg poslovanja Berger je zapošljavao 1600 žena koje su izrađivale luksuznu odjeću i druge tekstilne predmete namijenjene građanstvu te se može reći da je bio začetnik modne odjeće u Hrvatskoj [8]. Ti su predmeti izrađivani tradicionalnim tkalačkim tehnikama i ukrašavani folklornim motivima prilagođenim gradskom ukusu u izboru boja, kompoziciji i smještaju ukrasa, sl. 8 [10]. Po propasti Bergerove trgovine, njegovi trgovački pomoćnici Makso i Lav Bauer nastavljaju poslovanje pod njegovim imenom, 21. ožujka 1914. godine u Zagrebu osnivaju Domaću tvornicu rublja. Prvi pogon DTR-a nalazio se u samom srcu Zagreba, današnjem Trgu bana Josipa Jelačića, a tijekom 1920. godine



Sl. 7. Trgovac tekstilom i odjećom Salamon Berger [8]



Sl. 8. Tkani uzorci i modna slika, Industrija Berger, Zagreb, oko 1900. godine [10]



Sl. 9. Domaća tvornica rublja u Krajiškoj ulici u Zagrebu [11]

podignut je prvi samostalni objekt DTR-a u Krajiškoj ulici broj 20 u Zagrebu, sl. 9 [11]. Uz navedene značajnije i poznatije tvornice odjeće otvarane su stotine pogona i u manjim mjestima Hrvatske.

Tada je i dotadašnji nožni pogon šivaćih strojeva zamijenjen mehaničkim "strojevnim pogonom", a javnim oglasima traže i prve tvorničke radnike. Tvornica se kasnije odvaja od matične tvrtke i upisuje se u sudski registar kao Domaća tvornica rublja, dioničko društvo. Tvornica uvodi industrijske principe proizvodnje i tzv. tekuće vrpce za izradu rublja koje je zbog nedostataka i omraženosti poslije zamijenila suvremenijim, tzv. sinkro-sustavom. Kasnije posluje pod nazivom DTR. Velebit, Karlovac, tvornica šivanih popluna, kasnije trikotaže, osniva se 1920. godine, a 1922. godine u Zagrebu konfekcije Habitus i Netka, te 1923. godine Zagrebačka trikotaža (kasnije Nada Dimić, pa Endi). U Varaždinu se 1926. godine osniva Tivar, kasnije Varteks konfekcija, potom 1929. godine MIRA, preimenovana u Tvornica čarapa u Samoboru. Tvornica trikotaže KING u Čakovcu je osnovana 1934. godine, a iz nje nastaje kasniji MTČ. Poznata tvornica odjeće Kamensko osniva se 1943. godine, konfekcija IMK Osijek 1944. godine, a krajem rata osniva se i zagrebačka tvornica odjeće Napredak. Tvornica odjeće Siscia osniva se u Sisku, a Uzor Split i Modna konfekcija 22. Decembar u Zagrebu 1946. godine. Tvornica trikotaže

Olga Ban osniva se u Puli 1947. godine iz koje kasnijim udruživanjem nastaje Arena Pula. Na mjestu današnje tvornice Kotka u Krapini djelovala je zanatska radionica za proizvodnju kapa i radne odjeće, sl. 10, zatim se proširila na izradbu dječje i ženske konfekcije (kasnije i muške) te na tkanje pamučnih i poluvunenih tkanina. Kotka u Krapini [12], tvornica za proizvodnju muških odijela osnovana je 1954. godine, 1955. godine nastaju tvornice Vesna, sl. 11, i Predrag Heruc u Zagrebu, a 1956. godine Riječka industrija odjeće, kasnije RIO Rijeka te potom, 1958. godine Emka Pregrada.



Sl. 10. Šivaonica kapa i radne odjeće 1950-ih [12]



Sl. 11. Modelarnica i krojnica tvornice modne konfekcije Vesna [13]

1960. godine započinje s radom novi pogon Pionirke Imotski, 1971. izgrađuju se novi pogoni Galeba iz Omiša. Prema licenci Levi's tijekom 1983. godine se u Novom Marofu otvara pogon za izradu poznate džins odjeće. Promjenom društvenog sustava početkom devedesetih godina dvadesetog stoljeća u Hrvatskoj, ratnih događanja i uništavanja tvornica na okupiranim dijelovima Hrvatske tijekom Domovinskog rata te kasnije loše provedenom privatizacijom, mnoge tvornice su ugašene. Početkom 2020. godine u Hrvatskoj je aktivno 580 proizvođača odjeće, zaustavljen je pad broja aktivnih tvornica i zabilježen rast broja srednjih i malih proizvođača odjeće.

Odjevna industrija Hrvatske od svog nastanka primjenjuje najnovije spoznaje organizacije proizvodnje i najsuvremenije strojeve i opremu. Ekološki je vrlo prihvatljiva, a poznata je po produktivnosti, kvaliteti proizvodnje i konkurentnosti tako da je unatoč nizu nepovoljnih događaja opstala i trenutačno je u fazi novog rasta i razvoja. O kvaliteti i konkurentnosti govori podatak da je odjeća najpoznatijih svjetskih modnih marki najčešće proizvedena u Hrvatskoj, a o produktivnosti da je za izradu muškog odijela na zanatski način potrebno više od 40 sati, a na industrijski (znatno kvalitetniji) način oko 4 sata (Kotka, Krapina).

Odjevna industrija Hrvatske, zahvaljujući izvrsnom dugogodišnjem obrazovnom procesu i praksi, ima ujednačeni ustroj utemeljen na načelu četiri organizacijske

cjeline: tehničke pripreme proizvodnje te tehnoloških procesa krojenja, šivanja i dorade odjeće. Tehnička priprema proizvodnje sadržava konstrukcijsku, tehnološku i operativnu pripremu proizvodnje te ispitivanja svojstava materijala i procesnih parametara.

U konstrukcijskoj pripremi se konstruiraju i modeliraju krojevi odjeće, povećavaju i umanjuju na standardiziran sustav odjevnih veličina te izrađuju krojne slike koristeći računalne grafičke radne stanice. Prvi takav sustav u Hrvatskoj uveden je u zagrebačkoj tvornici Kamensko 1975. godine, a kasnije je instaliran u tvornicama Varteks, Siscia, Kotka i dr., postavši uobičajenim i u srednjim te malim tvornicama odjeće te se danas redovito koristi. U našoj odjevnoj industriji prvi sustav odjevnih veličina i načina veličinskog označavanja odjeće prihvaćen je tijekom 1965. i 1966. godine nakon čega započinje i proizvodnja prema normiranim veličinama odjeće.

U tehnološkoj pripremi odjevne industrije obavlja se tehnološka analiza proizvodnih operacija i odabir sredstva rada, izrađuju planovi tehnoloških operacija i montaže uvažavajući podjelu rada i uvježbanost radnika, odabiru optimalne proizvodne linije, razmještaj opreme, ugradnje radnih mjesta i sustav tehnološkog procesa te projektiranje proizvodnih linija. U ranoj fazi razvoja hrvatske odjevne industrije korišteni su lančani, fazni i kombinirani sustavi tehnoloških procesa kao i u drugim industrijama, ali krajem dvadesetog vijeka pojavljuju se fleksibilni i modularni sustavi. Fleksibilni sustavi se temelje na programiranim sustavima međufaznog transporta, a prvi takav u Hrvatskoj uveden je u tvornici Vesna u Zagrebu u drugoj polovici 70-ih godina prošlog stoljeća. Modularni sustav pojavljuje se krajem prošlog stoljeća i po prvi puta je uspješno primijenjen u tvornici Kostel promet, Pregrada. Operativna priprema izučava proizvodnost rada tvornice i proizvodne kapacitete na temelju kojih određuje pokretanje proizvodnje kolekcija i radnih naloga. Primjena suvremenih materijala za izradu odjeće, strojeva i proizvodnih postupaka u hrvatskoj odjevnoj industriji iziskuje laboratorijsko ispitivanje svojstava materijala i procesnih parametara u cilju pravodobnog programiranja strojeva i opreme procesnim parametrima koji će osigurati izvrsnu kvalitetu proizvedene odjeće uz najveći učinak.

U tehnološkom procesu krojenja, iskrojavanje dijelova odjeće se u ranijoj fazi razvoja izvodilo primjenom ručno vođenih strojeva za rezanje materijala (električne ili pneumatske škare, strojevi s kružnim, udarnim ili tračnim noževima) ili primjenom računalno vođenih NC agregata. U novije vrijeme se koriste agregati za rezanje s ubodnim noževima, laserskim zrakama, nadzvučnim mlazom vode i rotirajućim diskovima. Prvi agregat s visećim oscilirajućim ubodnim nožem bio je instaliran u tvornici Kamensko u Zagrebu u drugoj polovici 70-ih godina prošlog stoljeća, lasersko rezalo krojnih šablona prvo se koristilo u tvornici NIK Zagreb 80-ih godina, a rezanje nadzvučnim mlazom vode počelo se koristiti u tvornici Boxmark u Varaždinu početkom ovog stoljeća, dok je prvi agregat s rotirajućim diskom instaliran na Tekstilno-tehnološkom fakultetu u Zagrebu, 2004. godine.

U tehnološkom procesu šivanja koriste se suvremeni, tehnički izvrsno opremljeni univerzalni šivaći strojevi i automati s kojima je i započeo razvoj hrvatske odjevne industrije. Kasnije su uvođeni šivaći agregati i NC vođeni šivaći strojevi pri čemu su prednjačile tvornice Kamensko i Varteks. Najveći broj instaliranih NC vođenih strojeva u Hrvatskoj koristi tvornica Boxmark za šivanje proizvoda od kože.

Spajanje dijelova odjeće i drugih šivanih artikala, osobito zaštitne odjeće, ne izvodi se samo tehnikom šivanja nego i toplinskog spajanja kondukcijom i konvekcijom (tvornice Čateks, Splendor, Hemco i dr.), primjenom ultrazvuka na frekvencijama od 18 do 42 kHz (2004. Tekstilno-tehnološki fakultet i 2019. Uriho, Zagreb) i visoko-frekventnog elektromagnetskog polja frekvencije od 27,12 MHz (Čateks Čakovec za kišne kabanice, Belina Krapinske Toplice za cerade, tende, šatore, BBS Bjelovar, zaštitna odjeća). Spomenute visokotehnološke metode spajanja najčešće se koriste za izradu zaštitne i sportske odjeće, ali i drugih tehničkih izrađevina (šatori, tende, cerade, kišobrani, sportski rekviziti, automobilska oprema) gdje se kombinira tehnika spajanja šivanjem i spomenute metode.

U tehnološkom procesu dorade odjeće koriste su suvremeni strojevi za ručno glačanje, stolovi i strojevi za glačanje. Strojevi za glačanje koriste računalno podržane programatore za doziranje procesnih parametara glačanja (vrijeme, tlak i temperatura glačanja, vrijeme propuhivanja, njihanja kalupa i vakuumiranja izratka) tako da je kvaliteta glačanja izrazito visoka i u skladu s renomeom hrvatske odjevne industrije. Budući da su strojevi dorade izrazito važni za završni izgled proizvedene odjeće, hrvatska odjevna industrija je primjenjivala najsuvremenija tehnička i tehnološka dostignuća odmah po njihovoj pojavi na tržištu.

Hrvatska strojogradnja namijenjena domaćoj odjevnoj industriji nije bila osobito razvijena. U Zadru je poslovala tvornica Bagat, osnovana 1950. godine koja je proizvodila kvalitetne kućanske i industrijske šivaće strojeve svoje konstrukcije i po licenci talijanske tvornice Necchi. Pokrivala je tržište bivše države i izvozila šivaće strojeve sve dok nije stradala u Domovinskom ratu i u teškoćama poslovanja prestaje s radom. Valja istaknuti tvornicu strojeva Oprema Ludbreg osnovanu 1961. godine koja je proizvodila kvalitetne strojeve za krojenje, stolove i strojeve za glačanje, generatore pare, programatore za glačanje s reljefnim karticama i mikroračunalima te sredstva međufaznog transporta za potrebe hrvatske odjevne industrije i bivše države. Gubitkom tržišta bivše države i padom broja tvornica odjeće u Hrvatskoj gasi se proizvodnja za odjevnu industriju, a tvornica i dalje posluje, ali s drugim proizvodnim programom.

Razvoju i opstojnosti hrvatske odjevne industrije znatno je doprinio i razvoj kvalitetnih tekstilnih škola, visokih tehničkih škola i visokoškolskog obrazovanja (Tekstilno-tehnološki fakultet). Hrvatska odjevna industrija posluje po suvremenim principima proizvodnje objedinjene umreženim računalnim sustavima (CIM – Computer Integrated Manufactoring), QR i JIT strategijama (Quick Response,

Just In Time) njegujući izuzetnu kvalitetu proizvodnje i proizvoda. Najvećim je dijelom orijentirana na proizvodnju muške i ženske gornje odjeće, kvalitetnog rublja te radne i zaštitne odjeće gdje je moguće ostvariti višu dodatnu vrijednost [3].

Hrvatske tvornice odjeće najviše proizvode odjeću u srednje velikim i malim serijama prema normiranim sustavima odjevnih veličina, a od 2010. godine moguće je naručivati individualiziranu odjeću izrađenu na kvalitetan industrijski način, a prema osobnim tjelesnim mjerama (tvornice Kotka Krapina i Siscia Sisak). Za to je potrebno imati 3D skener za automatsko snimanje tjelesnih mjera i stav držanja tijela ili se mjere uzimaju na tradicionalan krojački način, učitavaju u računalo i potom se računalno izrađuje najprimjereniji kroj, izradi krojna slika i NC agregatom iskroji materijal koji se potom šalje na šivanje i doradu. Takva odjeća je skuplja od odjeće izrađene na temelju normiranih veličina, ali znatno jeftinija i kvalitetnija od odjeće izrađene na zanatski način.

Izumom šivaćeg stroja ručno šivanje zamijenjeno je strojnim. U Hrvatskoj se osnivaju domaće radinosti na principima jednostavnih manufaktura, gdje se u razmjerno malim serijama proizvodila odjeća. Strojno šivanje omogućilo je neusporedivo brže spajanje dijelova odjeće (nekoliko stotina strojnih šivaćih uboda u minuti primjenom stroja sa nožnim pogonom), znatno čvršće i kvalitetnije šavove, a mehanizmi posmika omogućuju i poboljšan vizualni izgled spoja (šava). Dogradnjom elektromotora na šivaće strojeve brzina šivanja porasla je na više tisuća uboda u minuti.

U hrvatskoj odjevnoj industriji dominiraju šivaći strojevi brzine šivanja od oko 5000 uboda u minuti. Veća brzina šivanja nije potrebna s obzirom da se istraživanjima utvrdilo da kvalitetno ručno vođenje izradaka više nije moguće pri brzima većim od 3000 uboda u minuti.

Tehnika spajanja šivanjem je vrlo prihvatljiva tehnika s obzirom na ekološki aspekt i cijenu izrađenog spoja. Spajanje tekstilnih plošnih materijala (tkanine, pletiva, netkani tekstil) s pomoću konca (upredena tekstilna vlakna) omogućava ugodan osjećaj pri nošenju odjeće, zadovoljavajuću čvrstoću spoja s obzirom na čvrstoću spajanog materijala (zrnčani ubodi) i primjerenu elastičnost (lančani ubodi).

U hrvatskoj odjevnoj industriji dominiraju šivaći strojevi s ručnim vođenjem (univerzalni i specijalni šivaći strojevi), uz porast broja šivaćih automata, agregata i NC vođenih šivaćih strojeva s automatskim vođenjem izratka. Primjena šivaćih robota još nije prihvaćena zbog nesavršenosti robotičkih efektora za manipulaciju savitljivim tekstilnim materijalima i nedostatne umjetne inteligencije. Nedostatak šivanih šavova je zrako i vodopropusnost spoja zbog rupica nastalih prodorom igle. Stoga se u mnogim hrvatskim tvornicama odjeće koristi tehnika lijepljenja unutarnjih linija šavova adhezivnim vrpcama pri proizvodnji radne i zaštitne odjeće te tehničkih izradaka izloženih atmosferilijama (šatori, tende, cerade).

Osim tehnike spajanja dijelova odjeće šivanjem, u hrvatskoj odjevnoj industriji sve se više koriste tehnike spajanja toplinskom kondukcijom i konvekcijom, tehnikom ultrazvuka i spajanja u visokofrekventnom elektromagnetskom polju. Spojevi nastali spomenutim tehnikama su zrako i vodonepropusni i zamjetno su čvršći tako da se u pravilu koriste pri izradi zaštitne odjeće i drugih tehničkih tvorevina (kirurška odijela, ronilačka odijela, spremnici za krv i infuzijske tekućine, cerade, tende). Uvjet za korištenje spomenutih tehnika spajanja je visok udio materijala izrađenih od umjetnih polimera. Spojevi imaju vrlo veliku čvrstoću, ali i veliku krutost uz malu elastičnost.

U Hrvatskoj se tehnološki procesi proizvodnje konvencionalne odjeće i specijalizacija tvornica za proizvodnju odjeće, kroz posljednjih 50-ak godina, razvila u pet vrlo jasno podijeljenih skupina: proizvodnja muške gornje odjeće (sakoi, hlače, odijela, ogrtači), u tvornicama Kamensko, Kotka, Siscia, Nik, Heruc, Varteks; proizvodnja ženske gornje odjeće (bluze, suknje, haljine, hlače, jakne, kostimi, ogrtači) u tvornicama Vesna, Siscia, Varteks, Emka, Naša moda, Suvremena žena; proizvodnja muškog, ženskog i dječjeg rublja te čarapa (ali i posteljnog i stolnog) u tvornicama DTR, Orljava, Modea, Galeb, Pionirka, TKZ, kasnije TTT, Velebit, MTČ, Jadran; te radne i zaštite odjeće u tvornica Konfeks, Splendor, Hemco, Kroko, Lateks.

Moda je jedan od pokretača razvoja odjevne industrije i porasta prodaje odjeće u svijetu i u nas. Utjecaj na razvoj hrvatske mode svakako je imao Salamon Berger koji je krajem 19. i početkom 20. stoljeća proizvodio odjeću inspiriranu hrvatskom kulturnom baštinom upotpunjenom modnim novitetima iz europskih modnih centara. Imao je i više trgovina u centru Zagreba, a prva je bila pod nazivom Zavod za opremu nevjesta.

Odjeća je oduvijek podložna promjenama modnih trendova. Nekada su modne trendove nametali viši društveni slojevi, a danas su to poznati kreatori i modni časopisi.

4. Hrvatski doprinos razvoju moderne odjeće

U Hrvatskoj je načinjena podjela vrsta odjeće s obzirom na složenost, opremljenost i dodanu vrijednost pa uz konvencionalnu odjeću (prema spomenutoj specijalizaciji), postoji još i e-odjeća, pametna odjeća i inteligentna odjeća. E-odjeću te pametnu i inteligentnu odjeću karakterizira ugradnja baterijskog napajanja, ožičenja i elektronički elementi i sklopovi različitih razina složenosti.

U e-odjeću integriraju se elektronički uređaji koje korisnik odjevnog predmeta nosi sa sobom poput mobitela, reproduktora zvuka, tipkovnica, mikrofona i zvučnika,

što je vrlo brzo prihvaćeno od mlade populacije, tim više što je jedan od prvih proizvođača bila jakna od džinsa proizvođača Levi's još 1999. godine. Kasnije je razvijena individualna odjeća za scenske nastupe. Na Tekstilno-tehnološkom fakultetu u Zagrebu, studenti diplomskog studija smjera Odjevno inženjerstvo su 2017. godine prvi puta izradili e-odjeću u sklopu redovitog kolegija Inteligentna odjeća. Nakon toga, u sklopu diplomskih radova studentica Industrijskog dizajna odjeće izradila je e-majicu namijenjenu za scenske nastupe inspirirane oblikom svemirskih sazviježđa [14] te biciklističku jaknu namijenjenu korištenju u uvjetima smanjene vidljivosti [15].

Pametna odjeća ima višu tehničku opremljenost od e-odjeće, jer posjeduje ugrađena osjetila i procesno mikroračunalo s prikaznikom. S pomoću osjetila prikuplja podatke iz okoliša ili podatke o nositelju odjevnog predmeta, obrađuje ih u ugrađenom mikroračunalu i putem prikaznika prikazuje ih nositelju ili ih putem ugrađenog komunikacijskog uređaja prosljeđuje ovlaštenim osobama ili sustavima za prikupljanje podataka. Najčešće su to podaci o vitalnim tjelesnim funkcijama nositelja povezanih s potrebama analize tjelesnog stanja pacijenata, sportaša i vojnika.

Na Tekstilno-tehnološkom fakultetu u Zagrebu 2018. godine izrađena je pametna kapa za praćenje otkucaja srca [16], a 2019. pametna odjeća za oboljele od demencije.

Inteligentna odjeća s adaptivnim termoizolacijskim svojstvima se na Tekstilno-tehnološkom fakultetu počela razvijati 2000. godine te su do sada načinjene tri generacije takve odjeće. 2018. godine izrađena je inteligentna jakna za nadzor šumskih radnika [17], a 2019. godine inteligentna odjeća za oboljele od apneje.

Inteligentna odjeća uz konvencionalnu, e-odjeću i pametnu odjeću tvori novu vrstu odjeće kojoj je temeljno svojstvo samostalna prilagodba uočenim promjenama okoliša. Ima osjetila kojima motri stanje okoliša i svog nositelja, mikroračunalni sustav i izvršnu napravu koja izvodi prilagodbu te pomoćne tehničke podsustave. Minijaturni elektronički i mehanički elementi se uspješno ugrađuju u unutrašnjost inteligentne odjeće pa se po izgledu ne razlikuje od konvencionalne odjeće.

Razvoj inteligentne odjeće u Hrvatskoj je pokrenut 2000. godine na Tekstilno-tehnološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Pokretač i voditelj više znanstveno-istraživačkih projekata bio je D. Rogale. Tijekom 2003. i 2004. godine Dubravko Rogale, Snježana Firšt Rogale, Zvonko Dragčević i Gojko Nikolić predaju Državnom zavodu za intelektualno vlasništvo i Europskom patentnom uredu prvu patentnu prijavu naziva Inteligentni odjevni predmet s aktivnom termoregulacijskom zaštitom.

Prvi funkcionirajući prototip prve generacije inteligentne odjeće izradila je Snježana Firšt Rogale u okviru svoje doktorske disertacije. Temeljio se na tri termoizolacijske komore smještene između vanjske školjke i podstave. Komore su izrađene

od visokoelastične poliuretanske folije koje su se mikropneumatskim sustavom kombinacijski aktivirale napuhujući se tlakom zraka do 70 mbar, ostvarujući tako šest stupnjeva toplinske izolacije. Ugrađeno mikroračunalo je mjerilo i interpretiralo izmjerene temperature okoliša uz ljudsko tijelo i vrijednosti tlaka u komorama (ramenoj, prsnoj i pojasnoj), a uz pomoć mikrokompresora, pneumatskih ventila za punjenje i pražnjenje komora samostalno je upravljalo sustavom i istodobno korisniku prikazivalo parametre stanja na prikazniku.

U istom istraživačkom timu je novim izumom univerzalne rebraste termoizolacijske komore kontinuirano podesive debljine, u kojoj je debljina komore funkcijski ovisila o tlaku stlačenog zraka, omogućena izrada druge generacije inteligentne odjeće uz pojednostavljenu senzoriku i mikropneumatski sustav. Izum je prihvaćen u 13 europskih zemalja sl. 12, validiran u Hrvatskoj i prijavljen u SAD, sl. 13. Utvrđeno je da druga generacija ima znatno bolja tehnička i uporabna svojstva i da se automatskim podešavanjem debljina komora omogućava stalna toplinska ugoda u širokom rasponu temperatura okoliša i pri različitim fizičkim naporima nositelja, a da pri tome masa odjevnog predmeta ostaje ista. Stoga nestaje potreba za slojevitim oblačenjem dodatne odjeće.

Razvijena treća generacija inteligentne odjeće ima segmentirane termoizolacijske komore povezane zrakopropusnim mrežastim strukturama za propuštanje znoja iz unutrašnjosti odjeće, ventile za ispuštanje kondenzata iz komora i mlaznice za hlađenje dijelova tijela pri povećanim fizičkim naporima, bežično povezivanje i vodotijesnost tehničkih podsustava uz povećanu memorijsku i procesnu snagu te bolju razlučljivost prikaznika. Utvrđeno je da otpor prolazu topline, od ljudskog tijela kroz odjeću u okoliš, pri neaktiviranim komorama (0 mbar) od 0,1876 poraste na 0,5022 m^2KW^{-1} (pri 50 mbar u komorama), pri čemu se toplinska izolacija poveća više od 2,5 puta. Ispitivanje toplinskih svojstava odjeće financira Hrvatska zaklada za znanost.

Može se smatrati da je Hrvatska domovina nastanka inteligentne odjeće s obzirom da su prve ideje, izrađeni funkcionalni prototipovi, priznati patenti u nas i Europi te članci s naslovima gdje se spominje inteligentna odjeća stvoreni u Hrvatskoj.

U svijetu je najavljen razvoj inteligentne odjeće koja će mijenjati boju i prilagođavati se promjenama boje okoliša (kamuflaža), odjeća koja će štititi nositelja tako da zatvara pore elektroaktivnim polimerima kad osjetila detektiraju otrovne plinove ili tekućine (vojska, policija, vatrogasci, zaštita poljoprivrednika od herbicida i pesticida, deratizacija), no rezultati i patentne prijave još nisu objavljeni.

Za izradu visokokvalitetne konvencionalne i zaštitne odjeće te e-odjeće, pametne i inteligentne odjeće, kao odjeće visoke dodane vrijednosti i cijene, potrebna su znanstvena istraživanja, visoke razine strukovnih znanja i tehničke opremljenosti strojeva



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

URKUNDE | CERTIFICATE | CERTIFICAT

Es wird hiermit bescheinigt, dass für die in der Patentschrift beschriebene Erfindung ein europäisches Patent für die in der Patentschrift bezeichneten Vertragsstaaten erteilt worden ist.

It is hereby certified that a European patent has been granted in respect of the invention described in the patent specification for the Contracting States designated in the specification.

Il est certifié qu'un brevet européen a été délivré pour l'invention décrite dans le fascicule de brevet, pour les Etats contractants désignés dans le fascicule de brevet.

Europäisches Patent Nr. | European patent No. | Brevet européen n°

2254430

Patentinhaber | Proprietor of the patent | Titulaire du brevet

Rogalo, First Snjezana
Sutlanska 16
10292 Senkovec/HR

Rogale, Dubravko
Sutlanska 16
10292 Senkovec/HR

Nikolic, Gojko
Jordanovac 119
10000 Zagreb/HR

Dragcevic, Zvonko
Kuniscak 10b
10000 Zagreb/HR

Benoit Battistelli
Président des Europäischen Patentamts

München, den

Sl. 12. Prvi europski patent za inteligentnu odjeću



US 20110004984A1

(19) **United States**

(12) **Patent Application Publication**
Rogale et al.

(10) **Pub. No.: US 2011/0004984 A1**
(43) **Pub. Date: Jan. 13, 2011**

(54) **CONTROLLABLE RIBBED THERMOINSULATIVE CHAMBER OF CONTINUALLY ADJUSTABLE THICKNESS AND ITS APPLICATION**

(76) Inventors: **Snjezana First Rogale**, Senkovec (HR); **Dubravko Rogale**, Senkovec (HR); **Gojko Nikolic**, Zagreb (HR); **Zvonko Dragcevic**, Zagreb (HR)

Correspondence Address:
RATNERPRESTIA
P.O. BOX 980
VALLEY FORGE, PA 19482 (US)

(21) Appl. No.: **12/922,761**

(22) PCT Filed: **Mar. 16, 2009**

(86) PCT No.: **PCT/HR2009/000008**

§ 371 (c)(1),
(2), (4) Date: **Sep. 15, 2010**

(30) **Foreign Application Priority Data**

Mar. 17, 2008 (HR) P20080116A
Mar. 19, 2008 (HR) P20080118A

Publication Classification

(51) **Int. Cl.**
A62B 17/00 (2006.01)
B32B 3/30 (2006.01)
B32B 1/00 (2006.01)
B32B 3/12 (2006.01)

(52) **U.S. Cl.** **2/458**; 428/12

(57) **ABSTRACT**

A controllable ribbed thermoinsulative chamber of continually adjustable thickness, which is used to pneumatically determine its thermal conductivity. Described is the manner of constructing such a chamber and the manner of controlling it. The abovementioned chamber is used in designing articles of clothing with a self-regulating thermal insulation. One or more chambers are used in the construction, together with adequate devices for controlling and monitoring the workings of thermoinsulative chambers. Special attention is paid to the construction of forced ventilation of the garments designed in the above way. The garments designed in the above way are suitable for police usage, maintenance services, watchmen services, security of the open objects and premises, workers in cold storages, athletes like mountain climbers, alpinists, sailing boaters and the like, wherever the temperature of the environment is radically changed in the course of usage.

Sl. 13. Prva patentna prijava za inteligentnu odjeću u USA i Kanadi

te proizvodnih procesa, što hrvatsko visoko obrazovanje i stanje industrijske proizvodnje odjeće može zadovoljiti i na čemu treba temeljiti svoj budući razvoj.

5. Zaključak

Hrvatska je na području izrade i proizvodnje odjeće te na području odjevnih tehnologija pratila svjetske trendove s obzirom da je primjenjivala najsuvremenije svjetske trendove i spoznaje odmah po njihovoj pojavi. I danas je Hrvatska poznata po proizvodnji vrlo kvalitetne odjeće kao i na području znanstvenog razvoja novih vrsta odjevnih predmeta.

Hrvatska odjevna industrija bila je jedna od najjačih industrijskih grana i veliki izvoznik svojih proizvoda. Početkom domovinskog rata bila je najjači izvoznik po ostvarenom izvozu i prihodu o izvoza, ali je jedva preživjela katastrofalno loše izvedenu privatizaciju u kojoj su zatvorene mnoge poznate tvornice, a desetci tisuća radnika ostalo bez posla. Unatoč tome, odjevna industrija Republike Hrvatske preživjela je sve nedaće i trenutačno je na području proizvodnje odjeće u Hrvatskoj aktivno oko 580 proizvođača. S obzirom da je Hrvatska poznata po kvaliteti proizvodnje odjeće i da je spremna prihvaćati najsuvremenije tehnologije proizvodnje i

nove vrste odjeće može se zaključiti da će i dalje nastaviti sa proizvodnjom i skromnim, ali kontinuiranim rastom.



Ovaj rad je izrađen u sklopu projekta IP-2018-01-6363 Razvoj i toplinska svojstava inteligentne odjeće (ThermIC) koji financira Hrvatska zaklada za znanost.

Literatura

[1.] Debeljak, R.: Ivan Gundulić Nosio Je Kravatu Prije Luja XIV, *Dostupan na* https://academia-cravatica.hr/ivan-gundulic-nosio-je-kravatu-prije-luja-xiv/?lang=hr, *Pristupljeno:* 2020-02-05

[2.] Aralica, T.; Aralica, V.: *Hrvatski ratnici kroz stoljeća 1*, Znanje, ISBN 953-195-613-8, Zagreb, (2006.)

[3.] Rogale, D., Ujević, D., Firšt Rogale, S.; Hrastinski, M.: *Procesi proizvodnje odjeće*., Tekstilno-tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, ISBN 978-953-7105-32-7, Zagreb (2011.)

[4.] Geiger, V.:. Vojne odore kod Hrvata kroz povijest, *Kolo, časopis Matice Hrvatske*, 9 (1999.) 2, 5-19, ISSN 0023-2920

[5.] Buljan, J.: Franjo Trenk i njegovi panduri, *Hrvatski vojnik*, 28 (2019) 590, ISSN 1333-9036

[6.] Sabolović, M., 2015. *Odoroslovlje hrvatskih oružanih formacija 1990. – 1996,* Meridijan, ISBN 978-953-239-187-9, Samobor (2015.)

[7.] Kotrmanović, A.: Pravilnik o vojnim odorama, *Dostupan na* www.morh.hr/, *Pristupljeno:* 2020-02-08

[8.] Uredništvo: Salamon Berger, Portal hrvatske tehničke baštine, *Dostupan na* https://tehnika.lzmk.hr/berger-salomon/, *Pristupljeno:* 2020-02-05

[9.] Simončič, K. N.: *Kultura odijevanja u Zagrebu na prijelazu iz 19. u 20. stoljeće*, Plejada, ISBN 978-953-7782-15-3, Zagreb (2012.)

[10.] Brenko, A.: Zbirka predmeta Tekstilne industrije Berger. *Dostupan na* http://www.emz.hr/Zbirke/Organizacija%20zbirki/Zbirka%20predmeta%20Tekstilne%20industrije%20Berger, *Pristupljeno:* 2020-02-05

[11.] …: DTR – Povijest, *Dostupan na* http://dtr.hr/#history, *Pristupljeno:* 2020-02-05

[12.] Uredništvo: Kotka, d.d., Portal hrvatske tehničke baštine, *Dostupan na* https://tehnika.lzmk.hr/kotka-krapina/, *Pristupljeno:* 2020-02-05

[13.] Biočina, I.: *Proizvedeno u Hrvatskoj: tranzicija hrvatske tekstilne industrije*. Jesenski i Turk, ISBN 978-953-222-780-2 , Zagreb (2018.)

[14.] Firšt Rogale, S.: E-majica, *Godišnjak Akademije tehničkih znanosti Hrvatske 2018*, Akademija tehničkih znanosti Hrvatske, ISSN 1332-3482, Zagreb, (2019) 269-271

[15.] Firšt Rogale, S.: Pametna biciklistička jakna, *Godišnjak Akademije tehničkih znanosti Hrvatske 2018*, Akademija tehničkih znanosti Hrvatske, ISSN 1332-3482, Zagreb, (2019) 108-111

[16.] Rogale, D.: Pametna kapa za praćenje signala srčanog pulsa, *Godišnjak Akademije tehničkih znanosti Hrvatske 2018*, Akademija tehničkih znanosti Hrvatske, ISSN 1332-3482, Zagreb, (2019) 345-347

[17.] Rogale, D.: Inteligentna jakna za nadzor rada šumskih radnika, *Godišnjak Akademije tehničkih znanosti Hrvatske 2018*, Akademija tehničkih znanosti Hrvatske, ISSN 1332-3482, Zagreb, (2019) 324-326

Prvi cjeloviti višefazni elektroenergetski sustav na svijetu – Krka Šibenik

Dr. sc. **Ninoslav Holjevac**,
Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva, ninoslav.holjevac@fer.hr

Prof. dr. sc. **Igor Kuzle**, član suradnik HATZ-a,
Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva, igor.kuzle@fer.hr

Sažetak: *Značajni iskoraci u razvoju elektrotehnike učinjeni su u 19. stoljeću. To je vrijeme Tesline prve hidroelektrane Niagara Falls na rijeci Niagari te vrijeme uspostavljanja prvih električnih sustava na području Europe. Manje je poznato da se u to vrijeme veliki pothvat događao i u Hrvatskoj što je i prepoznato u međunarodnoj stručnoj javnosti 2013. godine. Hidroelektrana Krka (kasnije nazvana Jaruga I) na slapovima rijeke Krke uvrštena je na popis povijesno važnih inženjerskih iskoraka u svijetu kroz IEEE-ov program Milestone (Miljokaz) kao najstarija izmjenična hidroelektrana na ovom prostoru i sastavnica jednog od prvih cjelovitih elektroenergetskih sustava u svijetu. Ovaj rad predstavlja povijesnu pozadinu i aktivnosti vezane uz nastajanje sustava Krka-Šibenik koji su doveli do njezinog puštanja u pogon 1895. godine te kasnije promjene i rad hidroelektrana na toj lokaciji kroz preko stoljeća dug radni vijek.*

Ključne riječi: *IEEE Milestone, Krka Šibenik, prvi cjeloviti izmjenični elektroenergetski sustav*

1. Uvod i povijesni pregled

Krajem 19. stoljeća događali su se veliki iskoraci u razvoju elektrotehnike. Otvaranjem elektrane u centrali *Pearl Station* na Manhattanu 1882 *Thomas Edison* je uveo prvi komercijalni sustav javne rasvjete i opskrbe električne energije na istosmjernom naponu [1]. Slijedio je niz izgradnji istosmjernih centrala koje su električnom energijom napajale urbane sredine. Do 1887 bilo je na području SAD-a preko 120 takvih elektrana koje su se primarno koristile z napajanje javne rasvjete. Korištenje istosmjernog sustava pokazalo se neučinkovito za prijenos na veće udaljenosti zbog velikih gubitaka. Stoga se potrebe za gradnjom proizvodnih jedinica blizu centara potrošnje te korištenje značajnog presjeka vodiča ubrzo napustilo. Dodatan problem

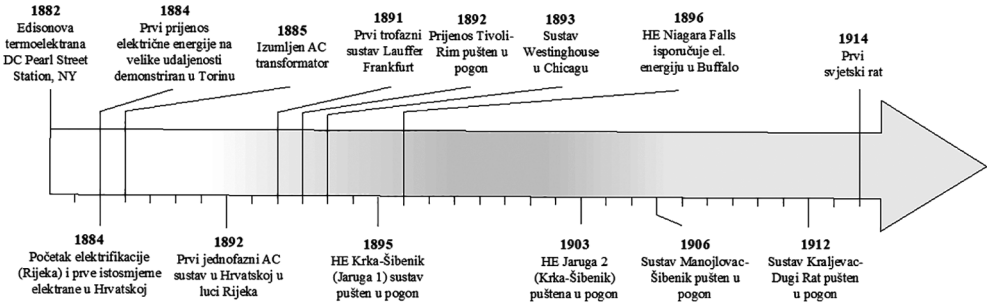
tih sustava bilo je i njihovo gotovo isključivo korištenje za rasvjetu što je zahtijevalo ugradnju akumulatorskih baterija kako bi se pokrivalo veliko noćno opterećenje. Sve ovo navodi do zaključka da se ovakvi sustavi koji nisu mogli omogućiti spajanje udaljenih korisnika i koji nisu efikasno zadovoljavali potrošnju nisu mogli smatrati cjelovitim elektroenergetskim sustavima. Cjelovitim sustavom mogu se smatrati sustavi koji efikasno integriraju proizvodnju, prijenos, distribuciju i potrošnju [2]. Rješenje za to pružili su sustavi s izmjeničnom strujom koji su koristili transformatore za promjenu naponske razine. To je prikazano na sajmu u Chicagu 1893. gdje je *Westinghouse* prikazao primjer takvog sustava. Prva elektrana *Niagara Falls* otvorena 1895. imala je 3 dvofazna generatora, svaki snage 5000 konjskih snaga i s nominalnim naponom 2200 V te nominalnom frekvencijom 25 HZ. Prijenosni sustav do grada *Buffalo* udaljenog 43 km od elektrane pušten je u pogon tek 1896.

Dva konkurentna koncepta*, Edisonom* "DC" i *Westinghouseov i Teslin* "AC", u periodu od 1885. do 1895. su se borila za prevlast [3]. Nikola Tesla je u obraćanju tadašnjem udruženju inžinjera elektrotehnike AIEE, današnjem IEEE, dokazivao dobrobiti korištenja transformacije te mogućnosti korištenja izmjeničnih motora. Tome u prilog su išli izgradnjom prvog prijenosa električne energije u Italiji "*Esposizione Generale Italiana*" koristeći alternator koji je izradio Siemens preko udaljenosti od 50 km [4]. Alternator je bio 2000 V, 133 Hz [5]. Otprilike u isto vrijeme u Torinu su *Zipernowsky*, *Deri* i *Blathy* za mađarsku kompaniju *Ganz* izradili izmjenični generator [6]. U svojim istraživanja izradili su i konstrukciju AC transformatora u izvedbi sličnoj današnjoj, "*ZBD transformator"* izvedbi, koji se koristio za transformaciju prijenose razine napona na distribucijsku razinu napona, tzv. "step-down".

Svi ovi događaji odražavali su se i na Hrvatsku koja nije nimalo zaostajala s razvojem u ovom području te je prvi cjeloviti višefazni izmjenični sustav nastao upravo ovdje. To je ujedno i glavna tema ovoga rada te će kroz nadolazeća poglavlja biti opisani povijesni događaji u Hrvatskoj koji su označili razvoj elektroenergetike s posebnim naglaskom na Krka-Šibenik sustav. Dodatan značaj i prepoznatljivost Hrvatske i Krka-Šibenik sustava ostvarena je kroz uključivanje ovog inžinjerskog dostignuća među najvažnije događaje za razvoj tehnike kroz program *Milestone* koji provodi najveća svjetska stručna udruga IEEE (eng. *Institute of Electrical and Electronics Engineers*) te će dio rada biti posvećen tome.

2. Razvoj elektroenergetike u Hrvatskoj

U vrijeme brzog razvoja elektroenergetika na kraju 19. stoljeća Hrvatska je bila dio Austro-Ugarske monarhije. Jedan od pokretača razvoja je bila mađarska kompanija *Ganz* koja je u to vrijeme gradila dvofazne sustave po Europi [7], među kojima je najvažnije za spomenuti onaj na rijeci Krki iznad Šibenika.



Sl. 1. Vremenska lenta s događajima značajnim za razvoj elektroenergetike u Europi i svijetu [8]

Značajni događaji u svijetu i u Hrvatskoj koji se odnose na razvoj elektroenergetskih sustava prikazani su na slici dolje (**Sl. 1**). S donje strane lente vidljivo je da je elektrifikacija započela DC sustavom u gradu Rijeci koji je pušten u pogon prilikom povijesnog događaja otvaranja gradskog kazališta i praizvedbe Verdijeve *"Aide"* 5. listopada 1885 [9]. Grad Rijeka dobio je i prvi jednofazni AC sustav u svojoj luci gdje je korišten za napajanje motora i dizalica. Vrlo važan događaj je izgradnje hidroelektrane Jaruga 1 na rijeci Krki i prijenosnog sustava do grada Šibenika o čemu će biti dano više detalja u slijedećem poglavlju. Nadalje, na temeljima koje je postavila HE Jaruga 1, za potrebe napajanja industrije napravljena je 1903. hidroelektrana Jaruga 2. I nju je također napravio *Ganz* te je napajala peći za crnicu ukupne snage otprilike 5000 kW (7000 HP) pogonjene s dva agregata s Francis turbinama i generatorom 42 Hz, protoka 15 m^3/s. Dodatnih 12 km voda , 360 stupova, 4×50 mm^2 Cu (2× 2-faze) i transformatorska stanica 15000/6000/3000 je napravljena.

Na području Šibenika 1906 napravljena je elektrana Manojlovac (HE Miljacka). Od 1902. do 1905. HE Jaruga 1 i HE Jaruga 2 rekonstruirane su za 3-fazni sustav te su kada je Manojlovac dovršen sve spojene u jedna sustav u paralelni rad. Manojlovac je opskrbljivao proširenu tvornicu Crnica koja je tada raspolagala s 30 peći. Imala je 4 horizontalne Francis turbine (6000 HP), 4×5200 kVA generator. Cijeli sustav radio je na nazivnom naponu od 30000 V, 42 Hz te je dodatno konstruirano 35 km dvostrukog bakrenog 30 kV voda, 2×3×62 mm^2 Cu.

Zanimljivost je da je tadašnji trofazni sustav koji je uključivao hidroelektrane Jaruga 1, Jaruga 2 i Manojlovac koristio 30 kV pogonski napon koji je u to vrijeme bio najviši napon generatora u Europi. Generatori su bili spojeni izravno na prijenosni vod te time vrlo osjetljivi na atmosferska pražnjenja koja su bila uzrok čestog pregaranja namota generatora. Njihova zamjena bila je standardna pogonska aktivnost. Nepostojanje prekidača imalo je za posljedicu nemogućnost sinkronizacije svih generatora te je održavanje približno jednakog broja okretaja ovih generatora vršio je operater elektrane temeljeno na praćenju zvuka rotacije. Prijenosni vod imao je

drvene stupove te je svaki kratki spoj sa zemljom uzrokovao njihovo izgaranje što je dovelo do njihove postupne zamjene s čeličnim stupovima. Dodatni problem bilo je često pregaranje izolatora na vodovima što je uzrokovalo često gašenje sustava. Ponovno puštanje u pogon moralo se uskladiti s tvornicom Crnica koju je ovaj prijenosni sustav elektrane Manojlovac napajao skroz do 1943.

Važno je spomenuti HE Kraljevac koja je 1912 godine izgrađena na rijeci Cetini kako bi napajala tvornicu Karbida. Imala je dvije Francis turbine snage 13500 kW koje su pogonile dva generatora 16000 kVA, $\cos\varphi=0{,}8$, nominalnog napona 4 kV i frekvencije 50 Hz. U to vrijeme s ukupnom snagom od 32 MW bila je to među najvećim hidroelektranama u Europi. Dodatno, u to vrijeme transformacija napona s 4 kV na 56 kV izvršavala se s dva uljna transformatora od 16 MVA koji su u vrijeme ugradnje 1912. godine bili najveći u Europi. Prijenos se odvijao preko vodova dugih 23 km da bi se na kraju kod tvornice napon s 51,6 kV transformirao na 15 kV. Iznos gubitaka može se procijeniti na 7-8% koliko je iznosio pad napona. Nakon prvog svjetskog rata HE Kraljevac je proširen s još dva generatora od 26000 kVA te je ta elektrana i danas u pogonu.

No bez obzira na probleme koji su bili prisutni u prvim elektroenergetskim sustavima, kako u Europi tako i u Hrvatskoj, vidljivo je da je razvoj elektroenergetike u Hrvatskoj pratio dinamiku razvoja na svjetskoj razini te da se taj trend nastavio i kroz 20. stoljeće.

3. Krka-Šibenik – prvi cjeloviti elektroenergetski sustav

Krka-Šibenik sustav može se smatrati da je prvi cjeloviti višefazni elektroenergetski sustav koji se sastojao od proizvodnje u hidroelektrani Jaruga 1, prijenosa preko 23 kilometra dugog voda, transformacije na niži napon te distribucije do nekolicine kućanstava i sustava javne rasvjete. U pogon je pušten 28. kolovoza 1895. godine.

Važno je primijetiti da je prva izmjenična proizvodnja, hidroelektrana Niagara Falls, bila spojena na prijenosni sustav i udaljenu potrošnju tek godine 1896. Dakle godinu dana nakon puštanja u pogon Krka-Šibenik sustava.

Jednako tako važno je primijetiti da *Ganzov* sustav u Torinu iz 1892. nije bio višefazni izmjenični sustav, već jednofazni sustav.

Prvi izmjenični sustav u Hrvatskoj u gradu Rijeci iz 1892. nije imao prijenosnu i distribucijsku mrežu i sva je električna energija korištena isključivo unutar luke.



Sl. 2. Ante Šupuk (1838.-1904.), gradonačelnik Šibenika od 1873. do 1903. i Vjekoslav Meichsner (1847.-1916.), gradski glavni inženjer [10]

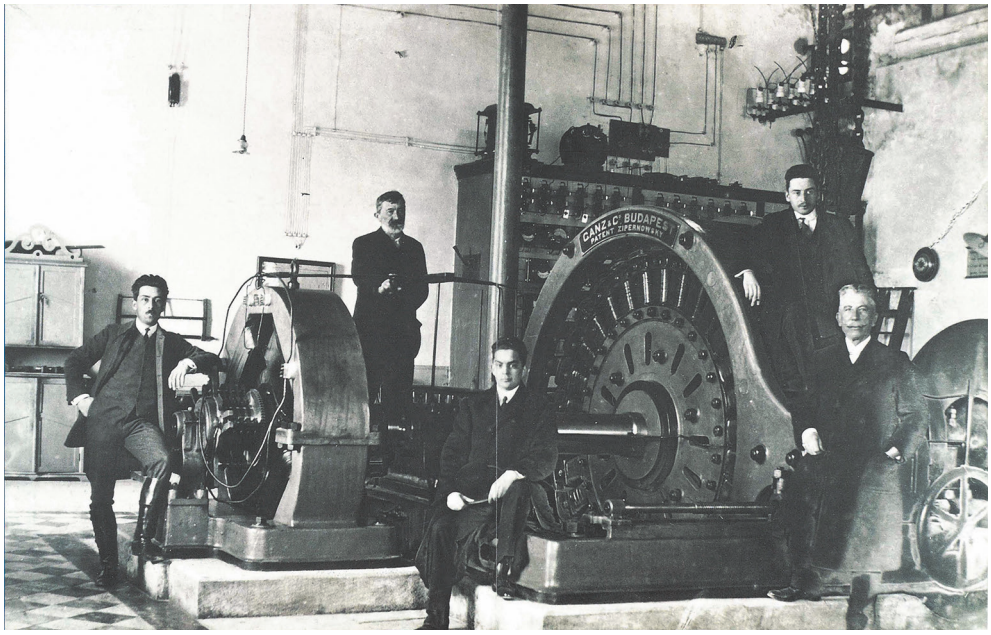
Za ovaj veliki pothvat i razvoj grada Šibenika u to vrijeme najzaslužniji su veliki poduzetnici i vizionari njegov tadašnji gradonačelnik Ante Šupuk i "gradski inženjer" Vjekoslav Meichsner (**Sl. 2**) koji je u velikoj mjeri osmislio projekt hidroelektrane Jaruga. Njihovim entuzijazmom i sposobnošću grad Šibenik je uvršten kao mjesto na kojemu su se odvijali prvi projekti izgradnje elektroenergetskog sustava kakav danas poznajemo.

To se ne može reći za svaku sredinu, jer je primjerice Nikola Tesla 1892. godine održao predavanje pred Gradskom skupštinom Zagreba gdje ih je poticao da krenu u projekt uvođenja AC sustava i proizvodnje el. energije no ta ideja nije zaživjela jer su izostali ključni vizionari i inženjeri kakve je Šibenik imao.

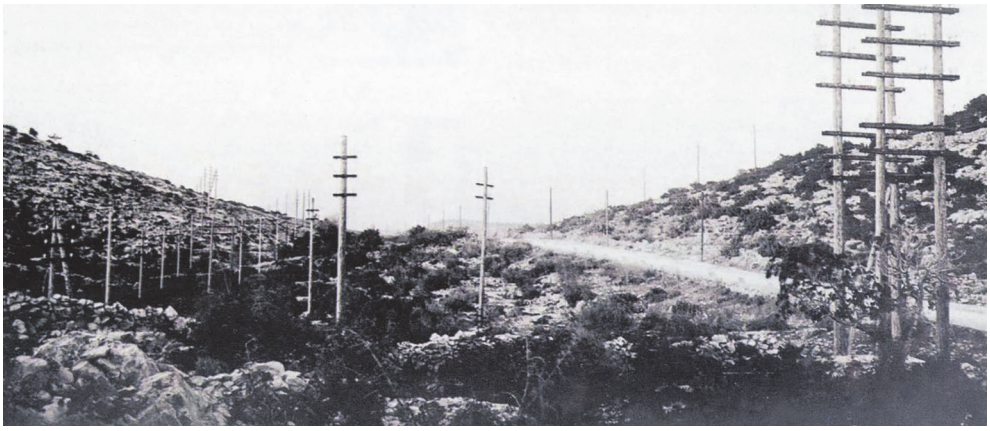
Sve je započelo 7. listopada 1892. kada je Meichsner zatražio dozvolu za izgradnju nove kuće na rijeci Krki od uprave grada Šibenika što je i dobio 2. prosinca iste godine. Meichsner je posjedovao zemlju blizu slapa Skradinskog buka te je imao namjeru unutar kuće konstruirati hidroelektranu. Meichsner je u nadolazećim godinama pripremio nacrte i projekte za izgradnju prve hidroelektrane te istodobno dalekovoda za prijenos i gradske mreže za rasvjetu. Dana 18. prosinca 1893., nakon svih očevida i javnih rasprava, Meichsneru je dodijeljena "Razsuda", odnosno koncesija za iskorištavanje vode rijeke Krke. Paralelno Meischer osniva društvo zajedno s Antom i Markom Šupukom koje započinje s radom 1. lipnja 1895. godine kada je gradnja bila u punom jeku. Čitav je sustav pušten u pogon 28. kolovoza 1895. "oko dvadesete ure i dvadeset časaka". Citat u nastavku je iz novina onoga vremena i dočarava uzbuđenje oko puštanja ovog sustava u pogon "*... Jedan, pak,*

odvojak Krke odveden je i vođen savršenom sigurnošću: raspodijeljena voda spušta se i diže prema potrebi, propušta se ili zatvara pomoću željeznih vrata. Ogromni željezni rotori vrte se velikom brzinom, a da se u toj ogromnoj zgradi ne osjeti ne jedan trzaj. Rekao bih da je to najjednostavnija stvar na svijetu: upravitelj stroja (...) telefonski razgovara sa Šibenikom, viče: "Strojevi rade odlično!" i pita: "Kako je s rasvjetom u gradu?" Dobiva odgovor: "Fantastično! Nije zakasnila! ..."

Vodna turbina hidroelektrane Krka imala je snagu 320 KS i pad 10 m te je pokretala dvofazni generator A2 firme Ganz iz Budimpešte [11]. Generator je imao nominalni napon od 3000 V i 42 Hz (**Sl. 3**) te je bio izravno spojen na 11 km dug dalekovod s 360 stupova do Šibenika (**Sl. 4**). Na svakom stupu bile su tri konzole od kojeg je najniža nosila telefonsku liniju od hidroelektrane do Vile Meichsner, dok su gornje dvije bile opremljene staklenim izolatorima za po dva vodiča. Razvod u Šibeniku sastojao se od dvije rasklopne stanice i 6 transformatorskih stanica 3000/110V (Sl. 5), a Vila Meichsner preuzela je funkciju prvog dispečerskog centra. U firmi Ganz tada je radila nekolicina poznatih inženjera među kojima su već spomenuti Károly Zipernowsky, Miksa Déri i Ottó Bláthy koji su velik broj svojih patenata instalirali upravo u sustavu Krka-Šibenik. U početku je najvažniji potrošač električne energije bila javna rasvjeta te Ante Šupuk sa svojim mlinicama. Električna energija omogućila je ostvarivanje efikasnog pogona u mlinicama obi-



Sl. 3. Obitelj Šupuk, Vjekoslav Meichsner i suradnici kod generatora u HE Krka (Jaruga 1) [7]



Sl. 4. Dalekovod od hidroelektrane Jaruga 1 do Šibenika u fazi izgradnje [9]

telji Šupuk koji je stvoreni kapital dalje ulagao te ostvarivao napredak grada Šibenika.

Kućanstva su rijetko uvodila ovu novost zbog straha pa je tek oko 1900. godine "struju", odnosno električnu energiju u svoju kuću uvelo tek desetak uglednijih šibenskih domaćinstava. No trend se tek polagano mijenjao te je energija vode korištena za proizvodnju električne energije na rijeci Krpi primarno korištena u industriji i dalje za javnu rasvjetu.



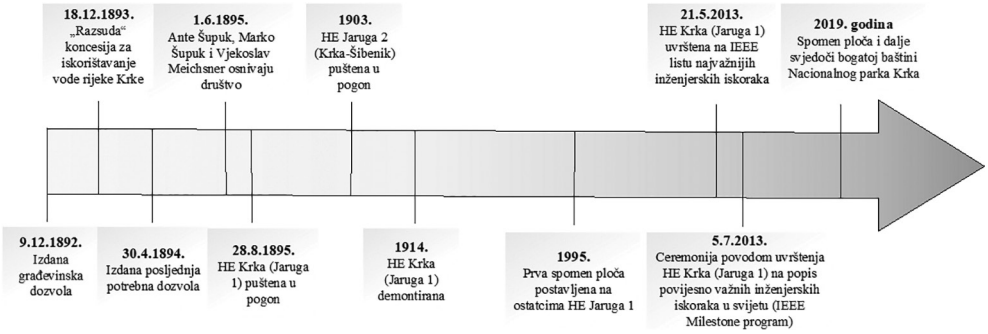
Sl. 5. Transformatorska stanica u Šibeniku [9]



Sl. 6. Hidroelektrane Jaruga 1 i Jaruga 2 nakon izgradnje 1903. [9]

Daljnji razvoj je ostvaren izgradnjom hidroelektrane Jaruga 2 koja se nalazila blizini prve elektrane te za čiju izgradnju su ponovno zaslužni isti ljudi, od gradonačelnika Ante Šupuka preko inžinjera Maichsnera i tvrtke Ganz. Hidroelektrana Jaruga 2 je zadnja hidroelektrana na području sliva rijeke Krke. Koristi konstruktivni pad vode od otprilike 26 metara, koji je dio prirodnog pada koji iznosi 45 metara, a odnosi se na vodopad Skradinski Buk. Hidroelektrana Jaruga 2 je tipična derivacijska hidroelektrana kod koje ne postoji mogućnost regulacije vode. Sustav Hidroelektrane Jaruga uključuje odvojeni dovodni kanal u međi malog zatvorenog dijela Krke, na području vodopada Skradinski Buk. Preljev brane se nalazi negdje na polovini vodopada na otprilike 25,3 metara visine. Sama dovodna građevina se sastoji od sedrenog tunela koji ima gravitacijski tok, betonskog kanala sa skoro okomitim stranicama, koji vodi u spremnik vode, te dva regulatora protoka vode (tlačni cjevovod) koji vode do vodnih turbina, uz naravno sve potrebne ventile. Duljina sedrenog tunela je 82,7 metara, betonskog kanala 78 metara, a tlačnog cjevovoda 28 metara. Strojarnica je velika zgrada od opeke, visine 14 metara i dimenzija 13 x 35 metara i u njoj se nalaze dvije Francis turbine čija je pojedinačna snaga 3,6 MW (ukupna snaga 7,2 MW), a pojedinačni protok 15,5 m3/s (ukupni volumni protok 31 m3/s). Generatori su snaga 4 MVA, te su isto kao i vodne turbine proizvedeni 1937. Vodne turbine su od austrijskog Voitha, a generatore je prvo napravio Ganz još 1903., ali su 1937. pri obnovi hidroelektrane uzeti generatori od Končara. HE Jaruga 2 je imala veći broj obnavljanja tokom svoga pogona, i to 1916., 1937., 1970. i 1995., ali je sam način rada ostao isti te je i danas u pogonu.

Prva hidroelektrana HE Krka (Jaruga 1) bila je u pogonu do 1914. godine, ukupno 19 godina, kada ju je razmontirala austro-ugarska vojska. Sve iskoristile dijelove prebacili su u HE Jaruga 2 dok su sve ostale dijelove, uključujući vodiče dalekovoda prema Šibeniku rastopili i iskoristili radi ratnih potreba Austro-Ugarske Monarhije u Prvom svjetskom ratu (**Sl. 7**).



Sl. 7. Vremenska lenta s važnim povijenim događajima koji su doveli do uvrštavanje sustava Krka-Šibenik u IEEE Milestone spomenike tehničke baštine

Sve aktivnosti gradonačelnika Šupuka i ulaganja u energetiku dodatno su potaknula razvoj grada Šibenika a prekretnici krajem 19. stoljeća. U Šibeniku te se grade vodovod, željeznica, gradska vijećnica, srednja škola te prva u svijetu bolnica paviljonskog tipa. Sve ovo čini Šibenik gradom s visokom kvalitetom života.

Zanimljivo je spomenuti da je tvrtka “Šupuk i sin” bila uključena u osnivanje stručnog udruženja CIGRE 1921. godine te da je godinama uspješno djelovala na području Europe.

4. Krka Šibenik – *IEEE Milestone*

Iako danas postoji samo HE Jaruga 2 (**Sl. 9**) dok su u njenoj neposrednoj blizini ostatci nekadašnje HE Krka gdje je postavljena originalna turbina i na ostatku zida ploča u spomen ove prve hidroelektrane, godinu 1895. doista možemo uzeti kao prekretnicu u razvoju, što je prepoznao i IEEE uvrstivši ju na svoju listu najvažnijih inženjerskih iskoraka (IEEE Milestone program). Spomen-ploča postavljena je na ostatcima HE Jaruga 1 u srpnju 2013. godine. Hidroelektrana Krka (kasnije nazvana Jaruga 1) na slapovima rijeke Krke uvrštena je u popis povijesno važnih inženjerskih iskoraka u svijetu, kao najstarija izmjenična hidroelektrana našeg prostora i kao sastavnica prvog cjelovitog elektroenergetskih sustava u svijetu. Svi važni događaji prikazani su na vremenskoj lenti ispod.

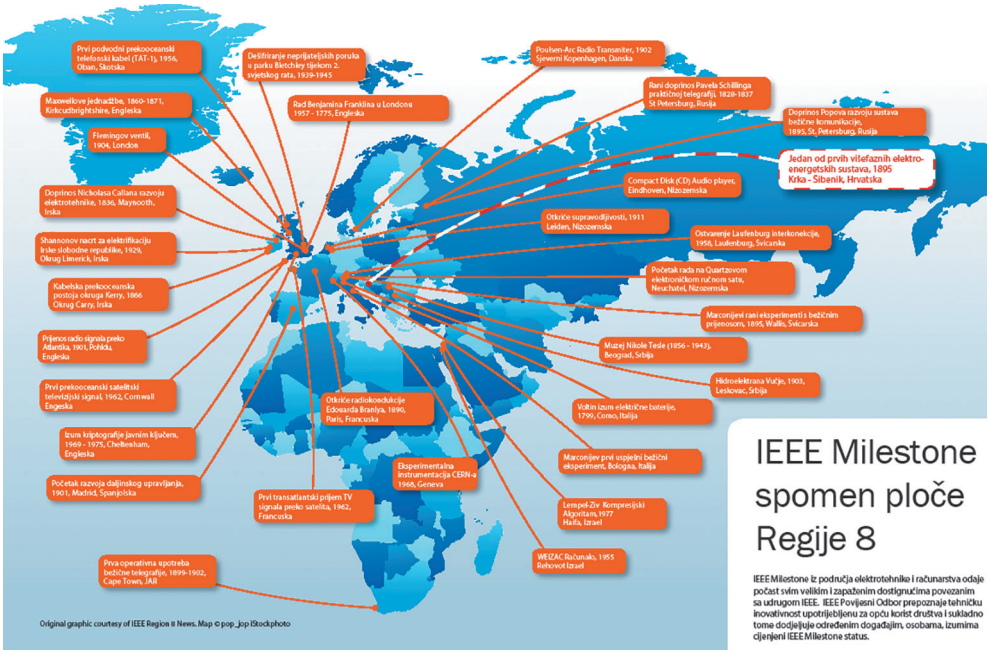
IEEE je neprofitna stručna udruga i puni joj je naziv *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (Institut inženjera elektrotehnike i elektronike). Posredstvom svojih članova, IEEE je vodeće institucija na širokom tehničkom području od računalnih znanosti, biomedicinske tehnike i telekomunikacija, preko električne energije, potrošačke elektronike te mnogih drugih područja. IEEE je najveća svjetska stručna udruga. IEEE je nastao 1884. godine utemeljen na idejama nekolicine znanstvenika s ciljem praćenja razvoja elektrotehnike.

IEEE nastoji poticati, organizirati i pomagati tehničke aktivnosti širom svijeta. Glavni mu cilj je unaprijediti teorijska i praktična znanja u području elektrotehnike i računarstva. IEEE je pokrovitelj stručnih i znanstvenih skupova i aktivnosti u mnogim zemljama širom svijeta usmjerenih ka napretku elektrotehnike i računarstva. IEEE omogućuje članovima praćenje najnovijih dostignuća u spomenutim područjima. Preko IEEE udruge objavljuje se više od četvrtine svih publikacija vezanih za elektrotehniku i računarstvo putem svojih znanstvenih i stručnih publikacija, skupova i normi. Na području bivše Jugoslavije organizirana je IEEE sekcija još 1971. godine. Hrvatska Sekcija nastavlja sa radom kao posebna sekcija od 1992. godine. Broj članova hrvatske sekcije je oko 700.

Od samog osnutka IEEE udruge uspostavljen je njezin Povijesni odbor, zadužen za očuvanje i promicanje povijesnog nasljeđa iz područja elektrotehnike i računarstva. *IEEE Global History Network* (IEEE GHN) je platforma unutar IEEE posvećena očuvanju i promicanju povijesno važnih inovacija u području elektrotehnike, posebno unutar programa *IEEE Milestone*. Program *IEEE Milestone* utemeljen je 1983. godine te je započeo s radom 1984. godine, obilježavajući stoljeće postojanja IEEE. IEEE GHN priznaje značajna tehnička dostignuća iz područja elektrotehnike i računarstva stara najmanje 25 godina koja su imala izniman opći i/ili regionalni značaj među kojima se mogu izdvojiti primjerice *Voltina* elektrokemijska baterija 1799. godine, otkriće prvog tranzistora u *Bellovom* laboratoriju 1947. ili prva *Sharpova* industrijalizacija i komercijalizacija fotonaponskih panela 1959. godine i među koje od 2013. spada i sustav Krka-Šibenik (**Sl. 8**).

Dana 20. svibnja 2013. godine, na sastanku direktora IEEE (eng. *Board of Directors*), i službeno je potvrđeno da je sustav na rijeci Krki od velikoga značaja za cijelu inženjersku zajednicu i društvo u cjelini. Samo dva dana nakon puštanja u pogon višefazne hidroelektrane na Nijagarinim slapovima Šibenik je dobio svoj višefazni sustav.

Pri tome je ponovno bitno spomenuti da je sustav u Šibeniku bio cjelovit te je uz proizvodnju hidroelektrani sadržavao i prijenos preko 11,5 kilometara dugačkog dalekovoda distribuciju preko 6 transformatora do velikog broja javnih svjetiljki i. Sustav na Nijagarinim slapovima energiju je počeo isporučivati do obližnjeg grada Buffaloa tek 1896. godine.



Sl. 8. Karta s popisom najvažnijih "IEEE Milstonova"

Značaj ovoga čina obilježen je postavljanjem dviju spomen ploča, na hrvatskom i engleskom jeziku (**Sl. 10**), te prigodnom ceremonijom na lokaciji ostataka hidroelektrane Jaruga 1. u petak 5. srpnja 2013. godine s početkom u 18:00 sati. Prije



Sl. 9. Današnji izgled slapa Skradinski buk na rijeci Krki te elektrane HE Jaruga 2



Sl. 10. Spomen ploča "IEEE Milestone Krka-Šibenik 1895."

same ceremonije čelni ljudi IEEE-a obišli su Nacionalni park Krka, a sa uzbudljivom poviješću nastanka i izgradnje HE Krka upoznao ih je rukovoditelj HE Jaruga Dario Miorin te prof. Marko Delimar, tajnik IEEE i profesor na zagrebačkom Fakultetu elektrotehnike i računarstva (FER) (**Sl. 11**).

Svečanost postavljanja spomen-ploče otvorio je profesor Igor Kuzle s FER-a, kao glavni organizator cijelog događaja, uz naglasak da je na ovome mjestu nastao začetak hrvatskog elektroenergetskog sustava. U ime obitelji Šupuk kratki i zanimljivi govor održao je Dražen Šupuk, praunuk Ante Šupuka i službeni vlasnik zemljišta na kojem se nalazi elektrana Jaruga I. Okupljenima su se obratili predsjednik Uprave HEP-a Tomislav Šerić i tadašnji predsjednik Hrvatske sekcije IEEE, Mislav Grgić, također profesor na FER-u.

Spomen ploče, na hrvatskom i engleskom jeziku otkrili su predsjednik IEEE-a Peter Steacker te direktor IEEE Regije 8 Martin Bastiaans uz tajnika IEEE-a Marka Delimara.





Sl. 11. Fotografija ceremonije otkrivanja spomen ploče [12]; lijevo: Marko Delimar drži govor, u pozadini Peter Steacker i Martin Baastijans: desno: grupna slika gdje se prvi dolje desno vidi gospodin Ante Šupuk te ostali uzvanici

Sukladni tekst ploče na engleskom jeziku glasi: *"On 28 August 1895 electricity generated at this location was transmitted to the city of Šibenik, where six power transformers supplied a large number of street lamps. This early system of power generation, transmission and distribution was one of the fisrst complete multiphase alternating current systems in the world and it remained in operation until World War I."*

5. Zaključak

Hrvatska je kroz povijest imala nekoliko pionira i velikih imena koja su doprinijela razvoju elektrotehnike. Vrijedno je ovdje spomenuti recimo Franju Hanamana čiji je izum Njegov izum volframove žarne niti upotrijebljen je i u unaprjeđivanju ranih dioda i trioda te neizostavnog Nikolu Teslu koji je rođen u Smiljanu, udaljenom 100 km od Šibenika. Njima svakako treba pridodati vizionare Vjekoslava Maichsnera i Antu Šupika koji su osmislili i izgradili prvi cjeloviti elektroenergetski sustav na ovim prostorima te time značajno pridonijeli razvoju elektrotehnike. Taj je značaj prepoznat uvrštavanjem sustava Krka-Šibenik u popis povijesno važnih inženjerskih iskoraka u svijetu kroz *IEEE Milestone* program.

Literatura

[1] "Pearl Street Station", [Online], dostupno na: https://ethw.org/Pearl_Street_Station, [05 Veljače 2020]

[2] B. Bowers, "Roman engineering (overhead power line history)", Proceedings of the IEEE, Feb 2003, Vol. 91, Issue 2, pp. 357– 359

[3] T. McNichol, "AC/DC: The Savage Tale of the First Standards War", Jossey-Bass, San Francisco, 2006

[4] U. Levra, R. Roccia, "Le esposizioni torinesi 1805 – 1911. Specchio del progresso e macchina del consenso", Torino City Archive, Torino, 2003.

[5] F. Steinle, "Theorienantagonismus, Elektrotechnik, Gasentladungen, das Elektron", Universität Bern, Bern, 27 June 2002.

[6] Ganz Transelektro Electric Co. Ltd., "History of the company", [Online], available at: http://www.ganztrans.hu, [05 Veljače 2020]

[7] B. Markovčić, I. Prpić, F. Plic, A. Busatto: "Razvoj elektrifikacije Hrvatske", Part I, Institut za elektroprivredu, Zagreb, 1984

[8] M. Delimar, A. Szabo and L. Lugaric, "First Integrated Electric Power System in Croatia," EUROCON 2007 – The International Conference on "Computer as a Tool", Warsaw, 2007, pp. 2648-2651

[9] Hrvatska Elektroprivreda, "Stoljeće hrvatske elektroprivrede", Zagreb, 1995

[10] J. Moser, "Šibensko Munjivo", Juraj Sizgoric City Library, Šibenik, 1998.

[11] Z. Sever, B. Franković, Ž. Pavlin, V Stanković, "Hydro power plants in Croatia", Hrvatska elektroprivreda, Zagreb, 2000.

[12] "Milestone", [Online], dostupno na: https://www.ieee.hr/ieeesection/sekcija/milestone [10 veljače 2020]

Neka iskustva u razvoju informacijskih sustava

Prof. dr. sc. **Damir Kalpić**, član emeritus HATZ-a,
Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva, damir.kalpic@fer.hr

Prof. dr. sc. **Mirta Baranović**, član suradnik HATZ-a,
Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva, mirta.baranovic@fer.hr

Prof. dr. sc. **Vedran Mornar**, redoviti član HATZ-a,
Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva, vedran.mornar@fer.hr

Prof. dr. sc. **Krešimir Fertalj**, član suradnik HATZ-a,
Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva, kresimir.fertalj@fer.hr

Sažetak: *Tematika informacijskih sustava je široka i multidisciplinarna. Autori opisuju prvenstveno osobna iskustva od razdoblja početka informacijskih sustava u Hrvatskoj 70.-ih godina prošlog stoljeća do danas, tj. početka 2020. godine. Članak nema ambicije faktografski niti iscrpno opisati to razdoblje. Ograničili smo se na dio vlastitih iskustava i iznijeli stavove i sjećanja. Očekujemo neke kritike i neslaganja te ne pretendiramo na univerzalno prihvaćanje. Predlažemo izradu portala gdje bi dionici mogli neanonimno iznositi svoja iskustva i stavove. Materijal bi trebalo moderirati i ažurirati pa bi mogao poslužiti i kao aktualni promidžbeni materijal naših tvrtki i stručnjaka koji u tom području djeluju.*

Ključne riječi: *razvoj informacijskih sustava, Fakultet elektrotehnike i računarstva, problemi kod razvoja informacijskih sustava, primjer uspješnog informacijskog sustava*

1. Uvod

Tema informacijskih sustava i njihova razvitka u Hrvatskoj je široka, interdisciplinarna, kontroverzna, nedovoljno dokumentirana, oslanja se na sjećanje na vlastita iskustva i kazivanja starijih kolega i podložna je subjektivnim ocjenama i informiranosti dionika tog procesa. Ovaj pokušaj pregleda događanja u tom području je nužno pristran i nehotice neobjektivan jer potječe od članova HATZ sa Zavoda za primijenjeno računarstvo Sveučilišta u Zagrebu Fakulteta elektrotehnike i računarstva (FER), nekadašnji Elektrotehnički fakultet (ETF). Želimo se ograditi od pretenzija da smo najpozvaniji da o tome

pišemo. Prihvatili smo se zadatka zato jer ako bismo insistirali na osiguranoj korektnosti i potpunoj objektivnosti i kompletnosti, vjerojatno ne bi nikakav tekst niti nastao. Smatrali smo manjom štetom da nešto pokušamo napisati, dakako iz vlastitog kuta viđenja koji se zacijelo nekima ne treba svidjeti. Htjeli bismo predložiti da ukoliko neka od institucija za to nađe interes i motive, priđe izradi portala za koji bi pisali, moderirali i održavali ga imenovani autori i koji bi trebao osim povijesnog dijela, sadržavati stalno dorađivane dijelove kao odraz trenutnog stanja razvoja, a ujedno bi bili i promidžbom institucija, tvrtki, programskih proizvoda, pojedinca i grupa koje su na tom polju nešto uradile. Takav pristup smatramo pogodnim u području koje je još uvijek u razvoju, u kojem su uključeni heterogeni profili dionika, po formalnom obrazovanju, kompetencijama, iskustvu, referencijama te utjecaju na znanost, obrazovanje, gospodarstvo i opću kvalitetu života u Hrvatskoj. To bi trebalo proći u atmosferi tolerancije i razumijevanja. Možda bi takav moderirani tematski portal mogao biti korisnim, ako postoji netko da ga podrži i organizira. Nakon ovih ograda, bili bismo slobodni prijeći na naše viđenje tematike informacijskih sustava u Hrvatskoj od početaka do danas.

2. Razdoblje do 1968. godine

Osobnih iskustava iz tog razdoblja nemamo pa možemo prenijeti po sjećanju kazivanja starijih i nažalost većinom pokojnih kolega. Bilo je iskustava na pojedinačnim pokušajima programiranja na ekskluzivno raspoloživim, za današnje pojmove vrlo malim računalima, na kojima se rješavalo pojedinačne tehničke ili znanstvene probleme i stjecalo prva iskustva u radu s računalima.

Ključnim trenutkom za autore, ali ne samo za njih, smatramo nabavku elektroničkog računala IBM 1130 na Elektrotehničkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu (ETF). Vrijedno je spomenuti način na koji je bilo nabavljeno jer je karakterističan odraz tadašnjeg stanja u Hrvatskoj i Jugoslaviji. Poslužit ćemo se sjećanjima na kazivanje pokojnog profesora ETF-a Božidara Stefaninija koji je imao zasluga za nabavku tog računala. Bio je raspisan natječaj za nabavku računala namijenjenih fakultetima na razini Jugoslavije. Da bi se odobrila sredstva i tada deficitarne devize, trebalo je pripremiti opsežnu tehničku dokumentaciju i ostale uvjete nabavke i korištenja i to sve u izuzetno kratkom roku koji je uz tadašnju klasičnu tehnologiju pisanja i komuniciranja, te probleme vezane uz kontaktiranje i poslovanje s inozemstvom, bilo nemoguće ispuniti. Takva je bila situacija u Zagrebu, Hrvatskoj i vjerojatno većem dijelu Jugoslavije. U Beogradu nije bilo tako. Beogradski ETF je o tome bio obaviješten mjesecima unaprijed i stigli su pripremiti sve potrebito. U to vrijeme je profesionalna solidarnost u borbi protiv državne birokratske samovolje i neznanja bila visoko izražena. Odnosi nastavnika zagrebačkog i beogradskog ETF-a su bili na zavidnoj razini i premašivali su čak i očekivanja tadašnje državne promidžbe. Kolege iz Beograda dali su nam na korištenje sve materijale koje su bili prikupili i Savjet ETF-a u Zagre-

bu pod predsjedavanjem akademika Danila Blanuše je donio odluku da treba i želi sve isto kao i beogradski ETF. Akcija je uspjela i na ETF je stiglo za ono vrijeme računalo srednje veličine koje je uskoro nadograđeno na puni kapacitet od 64 kBy središnje memorije, izmjenjivi magnetski disk od 1 MBy, linijski štampač, čitač bušenih kartica, konzolnu tipkovnicu i pisač te inkrementalni crtač krivulja (plotter). Postojao je jednokorisnički operacijski sustav Monitor, programski jezik FORTRAN IV te jezik assembler za to računalo. Cijena bi bila blizu vrijednosti današnjih milijun dolara. Tada je zbog enormne nabavne cijene vladalo pravilo da računalo mora biti stalno korišteno jer "kad ne radi, gubi". Pravilnik o korištenju tog računala na ETF-u je bio izuzetno kvalitetno izrađen zahvaljujući profesorima Stefaniniju i Hrvoju Požaru. Omogućio je pristup računalu djelatnicima ETF-a, Sveučilišta i gospodarstva. Od nastavnog osoblja najizravnije su za rad na računalu bili angažirani dotadašnji predavač nacrtne geometrije, Alfred Žepić i novo zaposleni asistent Petar Maćašović.

3. Razdoblje nakon 1968. godine

Početkom 1971. godine pridružili su im se upravo završeni inženjeri elektronike-automatike Marijan Đurek i Damir Kalpić. Tako je nastala grupa računaraca na Zavodu za primijenjenu matematiku koja je postepeno rasla. Osim nastave iz programiranja koju su pružali raznim fakultetima i korisnicima, započeo je rad na projektima za namjene izvan ETF-a, u gospodarstvu, državnoj administraciji i visokom obrazovanju. Od toga je bila višestruka korist – rješenja su bila potrebna korisnicima, a u pravilu su ih dobivali pravovremeno i kvalitetno, osoblje ETF-a je stjecalo vrijedna iskustva i praktična znanja, od dijela prihoda iz projekata zapošljavani su neki od najboljih završenih studenata i aktivnost grupe se širila. Primjenjiva znanja privlačila su studente koji su se izvrsno zapošljavali i tako je bez pomoći državnih institucija, ali uz dobru organizaciju i povremenu podršku uprave Fakulteta, formiran novi Zavod za primijenjeno računarstvo 2005. godine koji je preuzeo svoju ulogu na studiju računarstva, usmjerenju Informacijski sustavi i programsko inženjerstvo.

4. Prve primjene računala u Hrvatskoj

Za prve primjene bilo je karakteristično da su se izrađivali programi za rješavanje određenog konkretnog problema, ponekad i za jednokratnu uporabu. Tako je barem bilo na ETF-u s internim i vanjskim korisnicima računala IBM 1130. Ulaznih podataka obično nije bilo mnogo, ali ni rezultati nisu tražili opsežne ispise. Najzahtjevniji dio bio je često matematički postupak kojim su se ulazni podaci transformirali u izlazne.

Postojalo je u Zagrebu tada i nekoliko "velikih" računala smještenih u posebnim klimatiziranim prostorijama pa i zgradama. Njih su karakterizirale masovne obrade po-

dataka, s puno ulaznih podataka i mnogo ispisa, ali relativno jednostavnim postupkom transformacije podataka. To su najčešće bila sortiranja po različitim obilježjima, oblikovanje tabličnih izvješća i opsežni ispisi. Zato su imali brze čitače kartica, linijske štampače, veće diskovne memorije i magnetske trake za arhivu i sigurnosne kopije. Nije bila rijetkost da se ispisani izlazni rezultati neke obrade unose ručno kako bi postali ulaznim podacima za neku drugu obradu. Prvi korak u izbjegavanju tog mukotrpnog posla, koji je ujedno bio i stalnim izvorom pogrešaka u prepisivanju, bilo je rješenje da se na izlaznoj jedinici računala buše kartice koje su onda pohranjivane i u odgovarajućem trenutku korištene kao ulazni podaci za neku drugu aplikaciju. Kad su kapaciteti vanjskih memorija to omogućili, umjesto bušenja na kartice, podaci su pohranjivani najprije na magnetske trake kao slijedni memorijski medij, a zatim na mnogo skuplje, ali i brže magnetske diskove uz izravni pristup do potrebnog zapisa.

Za poslovne i administrativne primjene koji najčešće uključuju podatke o fizičkim osobama bilo je neophodno uvesti jednoznačnu šifru svake fizičke osobe. Godine 1977. uveden je jedinstveni matični broj građana (JMBG) od 13 znamenki, temeljem rednih brojeva iz područnih matičnih knjiga građana, šifrom područja, datumom rođenja, oznakom spola, rednim brojem i kontrolnom znamenkom izračunatom po modulu 11. Uveden je u punu uporabu i unesen na identifikacijske dokumente građana. Rješenje je bilo kvalitetno i opće prihvaćeno. Sve to nije bilo preprekom da 2002. godine Hrvatski Sabor izglasa ukidanje JMBG-a i Vlada je sprovede. Mjera je uzrokovala znatne štete zbog poteškoća u jednoznačnom identificiranju građana. Bila je formirana i Vladina komisija za matični broj koja je trebala predlagati rješenja [1]. Već na prvoj radnoj sjednici je usuglašeno mišljenje svih dionika da je najbolje rješenje zadržati JMBG. Nakon toga ta komisija više nije bila sazivana. Predložili smo da ako se ukida JMBG, da ga se odmah zamijeni nekom negovorećom šifrom. Bilo bi zanimljivo znati zašto je na uvođenje OIB kao zamjene trebalo čekati nekih 7 godina. Da li je trebalo toliko čekati da bi se prestalo misliti kako "čovjek nije broj"? Tu je ujedno zabrinjavajuća prisutnost tehnofobije i populističkih tlapnji ("to je broj koji otkriva sve o vama"), a koji nam može naškoditi isto kao što nas danas neki plaše cijepljenjem.

Ima možda smisla o tome i danas pisati jer smo svjedoci recidiva takvog ponašanja, ne samo u Hrvatskoj. Nažalost ovaj puta na razini EU je zavladala histerija ugroženosti privatnosti najčešće irelevantnih osobnih podataka koja komplicira, otežava i poskupljuje poslovanje. Mnogi korisnici Interneta svakodnevno pristaju na uvjete koje niti čitaju, a možda ih ne bi potpuno niti razumjeli, a sve kako bi se mogli koristiti nekom aplikacijom. Primjetni je efekt da mnoge američke tvrtke odustaju od internetskog poslovanja u EU jer im je preskupo svladavati nametnute restrikcije. Svaka veća tvrtka ili organizacija mora zaposliti svog "komesara" za privatnost podataka. Prednost tog radnog mjesta jest u tome da je najbolje ako ništa ni ne rade!

Očekujemo negativne reakcije nekih od eventualnih čitatelja pa bi to bio primjer za razlog organiziranja prije spomenutog portala.

5. Početci informacijskih sustava u Hrvatskoj

Iako informacijski sustav može postojati i bez računala pa bi se u to mogle uvrstiti i kamene tablice pisane klinastim pismom iz pradavnih vremena, ovdje ćemo se baviti isključivo informacijskim sustavima potpomognutima računalima. Oni su omogućeni kad su porasli memorijski kapaciteti i brzine obrade na računalima. Podaci obrađeni nekom aplikacijom mogli su se pohraniti na masovne memorije, prvenstveno na one s izravnim pristupom. Podaci se ne pripremaju samo za određenu aplikaciju nego za sve one svrhe za koje se uoči potreba i koje je moguće držati u nužnoj mjeri ažurnima. Ova ograda iz prethodne rečenice je neophodna jer se valjda nikada neće moći pohraniti "svi" podaci. Realni je svijet beskonačno složen i pohranjivani podaci o njemu su nužno simplifikacija. Zamislimo samo ambiciju da se pohrane "svi" podaci o nekoj osobi. To bi trebalo sadržavati i DNK i stanje u vremenu svake stanice organizma, sadržaj informacija u mozgu sa svim znanjima i proživljenim iskustvima, emocije itd. Dio toga je dakako podložan nekontroliranim promjenama u svakom trenutku.

Prvi informacijski sustavi razvijani su za potrebe masovne obrade podataka. Njima se autori ovog teksta nisu izravno bavili pa bi se vrijedno proširenje tih sadržaja moglo očekivati na predloženom portalu.

6. Karakteristike razvoja informacijskih sustava

U vrijeme prije opće pojave mikroračunala, postojali su računski centri sa za ono vrijeme velikim centralnim računalima na koje su spajani alfanumerički terminali. Razvoj informacijskih sustava je najčešće bio popraćen velikim poteškoćama. Treba imati u vidu i društveni sustav u Jugoslaviji koji je svoje nedostatke tu najočitije pokazivao. Školovanog kadra za taj tek stvoreni posao praktički nije bilo, ali se pokazivalo da su inženjeri elektrotehnike, ali i neki matematičari i fizičari koji nisu zazirali od primjena, najpogodniji. Nedostatak kadrova su iskoristili neki od bistrijih pojedinaca da se sami dodatno obrazuju i uspješno uključe u konjunkturno područje.

6.1 Problemi u razvoju informacijskih sustava

Često su projekti izrade informacijskih sustava završavali neuspješno. Neki od razloga su ilustrirani primjerima u poglavljima koja slijede.

6.1.1 Nedovoljna stručnost izvoditelja

Dio tadašnjih "informatičara" bili su samouci ili ih je nagli razvoj računarstva pretekao. U vrijeme kad su performanse računala to omogućile, koristile su se prvo hijerarhijske, pa zatim mrežne baze podataka koje su zamijenjene relacijskim bazama podataka kao prvim zaista prikladnim rješenjem. Već letimičnim pogledom na izvorni programski kôd, moglo se tada detektirati fatalnu nestručnost pojedinih izvoditelja. Oni obično nisu imali neka sustavna saznanja o relacijskim bazama podataka pa su ih koristili na način kao što je do tada bilo uobičajeno u radu s datotekama, oslanjajući se samo na vlastitu domišljatost. Brzo se moglo provjeriti je li baza barem u 3. normalnoj formi, odnosno postoji li valjan razlog zašto nije. Novi programski alati omogućavali su brže programiranje, ali često nisu mogli uočavati nenormaliziranost. Tako su aplikacije razvijane relativno brzo, početno korištenje je teklo glatko, korisnici su često bili oduševljeni time da "imaju sve u istoj tablici", a tek s vremenom i porastom broja podataka i transakcija uočile bi se fatalne pogreške. Primjer može biti gubitak podataka o neplaćenim računima, odnosno dužnicima. Nastupili bi problemi i kad je nekih podataka bilo više nego što su izvoditelji u svojoj nenormaliziranoj bazi stavili kao maksimum. Primjerice, predvidjeli bi da račun kupcu može imati maksimalno 10 stavki jer su na uzorku vidjeli da nema većih. Kreirali bi tablicu Racun s predviđenim mjestima za 10 artikala. Najčešće je to bilo nepotrebno zauzimanje memorijskog prostora, ali je aplikacija već pala ako bi se pojavio račun s 11 artikala.

6.1.2 Nedovoljna podrška rukovoditelja korisnika

Razvoj informacijskog sustava je zahtjevna aktivnost i traži veliku angažiranost na strani korisnika, najčešće dodatno uz redoviti posao, a angažirani su obično najkvalitetniji i najstručniji djelatnici koji su zbog svojih kvaliteta bili prepoznati, ali možda ne adekvatno nagrađivani, nego su u pravilu bivali preopterećivani poslom koji obavljaju umjesto nekog suvišnog zaposlenika "kojemu nitko ništa ne može" (nekad je takav bio "politički jak", a danas je poznat pod terminom "uhljeb"). Kad bi direktor tvrtke odbio razgovarati sa stručnjacima, izvoditeljima informacijskog sustava jer "za to nema vremena" i uputio ih na svoje lokalne informatičare za koje bi prije toga rekao da "ništa ne valjaju", onda je bilo najpametnije napustiti projekt prije negoli uopće započne.

6.1.3 Pogrešni zahtjevi korisnika

Postoji krilatica o ulogama dionika informatizacije "Korisnik zna što treba, a informatičar zna kako to riješiti". Nažalost to je obično daleko od istine. Korisnik dosta

često ne zna što treba, a informatičaru je često njegovo znanje zastarjelo jer je razvoj u računarstvu izrazito dinamičan. Nije neobično, nego je čak poželjno da informatičar, odnosno računarac koji projektira i izrađuje informacijski sustav kritički analizira zatečeno stanje rada kod korisnika, osmisli promjene, ponekad i radikalne i na vješt i neagresivan način uvjeri korisnika u poželjnost promjena koje predlaže i koje će podržati novim informacijskim sustavom.

Primjer za pogrešan i nepotreban zahtjev koji nije jedini, je raspodjela fiksnih troškova po artiklima iz optimalnog asortimana. Linearnim programiranjem izrađivao se optimalni asortiman finalnih proizvoda [2] i to se pokazalo uspješnim. Korisnik je tada poželio da se fiksni troškovi po nekom kriteriju raspodijele po finalnom proizvodnom asortimanu. Predloženi kriteriji su bili: varijabilni troškovi, prodajna cijena finalnih artikala, vrijeme rada strojeva, troškovi sirovina itd.. Kod optimiranja je funkcijom cilja bio doprinos za pokriće fiksnih troškova ili kontribucija, koja se računa kao prodajna cijena umanjena za varijabilne troškove izrade. S obzirom da je u optimalnom rješenju dobivena kontribucija premašivala ukupne fiksne troškove, bilo je odmah vidljivo da je proizvodnja ukupno isplativa. Korisnika smo upozorili da zatraženi izračun nema smisla, ali su insistirali. Rezultat je bio očekivan – korisnik je bio zadovoljan kad su fiksni troškovi bili podijeljeni proporcionalno kontribuciji jer mu je tada djelovalo da je dokazano kako su svi proizvodi rentabilni. Nije se radilo samo o lokalnom neznanju našeg tadašnjeg korisnika. Prezentirali smo članak o tome na tada uglednom simpoziju *Informatica* na Bledu [3]. Iako je izlagač odmah naglasio da cijeli posao nema smisla, interes je bio iznad svakog očekivanja; prezentaciju je trebalo ponoviti jer svi zainteresirani nisu uspjeli ući u dvoranu. Izlagač je kasnije nastupao s raznim radovima na desecima konferencija u svim dijelovima svijeta i ne pamti da mu se to ikad ponovilo. Rekordno zanimanje za potpuno irelevantnu temu!

6.1.4 Nerazumijevanje između izvoditelja i korisnika

Izvoditelj mora biti adekvatno motiviran za uspjeh projekta informatizacije, imati dovoljno široko obrazovanje i dijapazon barem osnovnih multidisciplinarnih znanja (računarstvo, ekonomija, pravo, psihologija itd.) i nužnu dozu empatije prema korisniku. Ovo zadnje bi se moglo usporediti sa zahtjevima na liječnika u odnosu na pacijente. Ako se izvoditelj postavi birokratski i neelastično, neuspjeh informatizacije je najčešće osiguran. Primjer može biti neuspješna informatizacija velikog osiguravajućeg društva. Rješenje je projektom inicijalno bilo dobro koncipirano, ali izvoditelji programskog rješenja nisu imali iskustva. Uzaludne su bile primjedbe korisnika tijekom razvoja informacijskog sustava. Neiskusnim izvoditeljima programske potpore nije bilo dopušteno osvrtati se na primjedbe korisnika, već su se isključivo oslonili na CASE (*Computer Aided Software Engineering*) alat pa je projekt propao [4].

6.1.5 Pretjerana birokratiziranost

Izrada informacijskog sustava je dinamičan posao. Zahtjevi se često javljaju i modificiraju tijekom izrade. U drugim inženjerskim strukama to nije tako često ni radikalno. Koji puta nije pretjerana usporedba da je izrađen projekt recimo za izradu osobnog automobila, a zatim zbog niza izmjena koje se događaju na tržištu, kod korisnika, na tehnologijama itd. proizlazi da zapravo treba napraviti bager. Izvoditelj mora biti jako motiviran i elastičan da bi to pratio.

Neki se pokušavaju braniti od složenosti striktnim propisivanjem i hijerarhijom odlučivanja i postupanja. Za primjer može poslužiti slučaj kad je nakon što su nabavili bitno jače računalo od našeg IBM 1130, poslove izrade mjesečnih planova proizvodnje zasnovanih na uporabi linearnog programiranja [2] od nas preuzela kućna informatika korisnika. Organizacija poslovanja u njihovom računskom centru je bila takva da su mjesečni plan proizvodnje uspijevali dovršiti tek po isteku mjeseca za koji je trebao biti izrađen. Nezadovoljstvo radom računskih centara i kućnih informatika bilo je tada vrlo često.

6.1.6 Slijepa vjera izvoditelja u metodologije

U vrijeme postojanja velikih centraliziranih računskih centara, što je bilo uvjetovano stanjem računalne tehnologije, organizacija posla je također bila centralizirana i hijerarhijski organizirana. Prevladavala je metoda slijednog modela (*waterfall*) u razvoju informacijskih sustava. Pretpostavka je bila da se analizom može točno i precizno utvrditi potrebna funkcionalnost i ergonomija aplikacijske programske podrške. Zato je uvođenje bilo skokovito (*big bang*) jer se smatralo da je sve dobro predviđeno. Bezbrojni su primjeri pogrešaka koje su tako nastajale, a neke bile i fatalne za korisnika. Po sjećanju na kazivanje kolege koji je tada radio u jednoj razvijenoj zemlji, možemo za ilustraciju spomenuti slučaj veće industrije u čije novo paletno skladište su po tom načelu jednog dana uvedeni računalno upravljani viljuškari. Komercijalisti su najprije upisali identifikacijske oznake paketa iz skladišta koje treba poslati kojim kupcima. Viljuškari su automatizirano pronalazili i preuzimali pakete i oblikovali pošiljke po kupcima. Kako paketi u skladištu stoje naslagani jedni na drugima, trebalo je dosta vremena da se preuzme traženi paket. Došlo je do potpunog zagušenja u obavljanju tog posla i proizvodi nisu stizali do kupaca. Apsurd je u tome što se najvećim dijelom na skladištu radilo o istovrsnoj robi i mogao je biti preuziman najdostupniji paket na vrhu, a ne da se obavljalo silno nepotrebno preslagivanje. Dakle, umjesto de se ide po točno određeni paket, trebalo je programski predvidjeti da se preuzme najdostupniji paket koji sadrži tražene artikle. Tako je jednostavni previd projektanata informacijskog sustava i skokoviti način uvođenja izazvao bankrot tvrtke.

S druge strane, u strahu od takvih pogrešaka, znalo se prijeći u drugu krajnost. Želeći sve točno predvidjeti prije nego što se prijeđe na realizaciju, a pogotovo u uvjetima stalnih promjena u zahtjevima, nije se izlazilo iz faze projektiranja (*analysis – paralysis*). Kako je u tom poslu bilo i mnogo nedovoljno stručnih ljudi, njima je odgovaralo da do faze programiranja nikad niti ne dođe jer programirati nisu znali već su bili isključivo "crtači kućica" i još su pri tome pretendirali kako vrhunski slijede tzv. "metodologije" i "pravila struke", dakako ona koja su tada bila u modi ili za koja su mislili da su ih donekle naučili.

6.1.7 Slijepa vjera izvoditelja u CASE alate

Pojava CASE alata koncem 80.-ih godina prošlog stoljeća i etabliranje programskog inženjerstva kao struke bilo je popraćeno mnogim pogreškama. Izrada informacijskog sustava nije potpuno analogna projektiranju neke zgrade ili tehničkog uređaja. Izmjenjivao se niz metoda, ili kako ih neki vole nazivati "metodologija", ali niti jedna nije mogla kompenzirati nekompetentnost izvoditelja. U novije vrijeme "ozakonjene" su tzv. agilne metode kojima smo se u nekom obliku uvijek služili, ali se nažalost nismo tada bili dosjetili da ih opišemo i proglasimo metodom.

Problem su bili prvi vrlo skupi CASE alati. Izrađivali su izvedbeni kôd koji obično nije bio ergonomski, niti prilagođen stvarnim potrebama korisnika. Programski proizvod iz tadašnjih CASE alata mogao bi se usporediti s rajčicom uzgojenom u stakleniku. Lijepo izgleda i sve izgledaju jednako, ali nemaju ni okusa ni mirisa. Posebno štetnima su bili alati koji su snimali procese korisnika i onda ih pokušavali doslovce pretočiti u programski kôd. Dobra informatizacija je međutim uvijek i reorganizacija radnih procesa, dok njihovo doslovno preslikavanje u programski kôd fiksira postojeće u stanju koje je najčešće pogrešno i tako odmah predstavlja kočnicu napretku.

6.1.8 Nemotiviranost izvoditelja

Hijerarhijski organizirane razvojne ekipe, možda pogodne za neke druge djelatnosti, bile su promašeni tip organizacije u razvoju informacijskih sustava. Došlo bi do gubitka ili distorzije informacije na putu kroz hijerarhijske razine, a povratne informacije su se također gubile ili iskrivljavale. Bilo je jednako loše ako bi djelatnici imali fiksno utvrđene plaće ili ako bi bili plaćeni po linijama programskog koda. Ovo zadnje bi dovodilo do izrazito štetnog kopiranja sličnog ili identičnog programskog kôda umjesto da se koriste potprogrami. Nagrađivanje je trebalo biti uvjetovano uspjehom projekta, te eventualno koristiti fraktalno rukovođenje, što nije jednostavno organizirati [5], a često je zahvaljujući birokraciji bilo i nemoguće.

6.1.9 Nemotiviranost korisnika da projekt uspije

Sredinom 80.-ih godina prošlog stoljeća stvorena je svijest da je informatizacija nužna i da je to nešto što se mora imati ako se želi izbjeći optužbe za nemar, nerad, nesvjesno poslovanje i sl. Korisnik bi naručio izradu informacijskog sustava, a zatim se potrudio da dokaže kako "je to možda i dobro, ali nije pogodno za njih". Na primjer, ako je neposredni korisnik informatizaciju doživljavao kao dodatni nadzor nad sobom, učestalim paljenjem i gašenjem monitora uspjelo se postići njihovo kvarenje i tako onemogućiti rad.

Nije bio rijedak slučaj da državne i javne tvrtke koncem godine raspišu natječaj za projekte informatizacije kako bi pravovremeno utrošile dodijeljena im sredstva iz proračuna. Nakon projekta ne bi slijedila informatizacija, već se čekala prilika za ponovno raspisivanje projekta. Ako bi očekivali da podijelimo prihod od nepotrebnog projekta s dionicima naručitelja, doživjeli bi razočaranje jer to nije bio naš način poslovanja i to je srećom bilo donekle poznato. Da za primjer ipak ne navodimo domaće aktere takve prakse, navest ćemo primjer projekta informatizacije izdavanja osobnih iskaznica za jednu nama tada prijateljsku nesvrstanu zemlju. Posao je ugovorio konzorcij jugoslavenskih tvrtki u kojem smo bili vanjski suradnici. Na tom se poslu neko vrijeme intenzivno radilo. Pred završetkom projekta, tamo su se dogodili izbori i cijela je dotadašnja tamošnja ekipa smijenjena. To je njima bilo predvidivo i projekt je služio da im se osigura "otpremnina" od prodaje skupog tendera. Naknadno smo saznali da je prethodnih godina već bilo niz prodavanja istovrsnog skupog tendera koji su podjednako završavali.

6.1.10 Odraz pogrešnog društvenog uređenja u vrijeme Jugoslavije

Informatizacija bi mogla poslužiti kao dobro dijagnostičko sredstvo za bolesni društveni sustav. Imamo niz primjera toga, ali nismo to pravovremeno javno publicirali jer vremena nisu bila pogodna za izražavanje mišljenja kako je samoupravni socijalizam osuđen na propast. Navest ćemo nekoliko primjera za ilustraciju inherentnih pogrešaka u društvenom uređenju i zakonodavstvu:

- Plaćanje uvezene robe dobavljaču što brže, a naplata od kupca što kasnije: Među prvima smo izradili na mreži mikroračunala i relacijskoj bazi podataka informacijski sustav, a služio je za poslovanje uvoza knjiga i časopisa [6]. Korisnik je nastojao što prije platiti dobavljaču, a što kasnije naplatiti od kupca. Razlog je knjiženje u inflatornim dinarima, čime je stvaran privid profitabilnosti.
- Želja za što većim otpadom kod rezanja skupe uvozne sirovine: Iz sličnog razloga kao u gornjem primjeru, najviše se "zaradilo" reeksportom otpada od skupe uvozne sirovine. Devize dobivene od toga, po inflatornom tečaju premašuju iznos u dinarima koji je prethodno bio plaćen za cijelu količinu uvozne sirovine. Bila je izrađen vrlo uspješna aplikacija za minimizaciju otpada pri rezanju sirovine [7]. Program nam je bio uredno plaćen, ali nije bio nikad upotrjebljen.

- U nekom poduzeću su radnici imali male plaće. Radnici su nevoljko dočekali prijedlog rješenja koje umanjuje otpad sirovine. Oni su od tvrtke dobivali povoljno taj otpad i zapravo su živjeli od izrade na tržištu traženih artikala od tog otpada. Tako su kompenzirali male plaće koje su imali zbog velikog otpada!
- Želja za što većim transportnim troškovima na putu do kupaca: Planirao se mjesečni razvoz finalnih proizvoda velikog poduzeća do raznih lokacija korisnika, raznim vidovima prijevoza [8]. Korisnik se cijelo vrijeme žalio da rezultati "nisu realni" i da moraju poduzimati posebne mjere da to poprave, ali to nisu željeli detaljnije opisati jer "mi to ne bismo razumjeli". Kad je istekao ugovor, nisu ga produljili jer im je u složenoj tvrtki ugovorena plaća bila proporcionalna troškovima do dostave robe kupcu. Namjerno su kvarili optimalno rješenje kako bi podigli troškove prijevoza. Aplikaciju su naručili samo zato da bi se u poduzeću mislilo da rade optimalno.
- Želja da se radi suboptimalno: Zbog tzv. granskog sporazuma, poduzeću koje je proizvodilo određene smjese bilo je pogodno da to ne bude optimalno kako bi spriječili da im se pojave neke poteškoće zbog njihove natprosječne profitabilnosti.

6.1.11 Manjkavosti računalne i programske opreme

Najveći pobornici najnovijih, a to najčešće znači i neprovjerenih i nedorađenih programski alata i sustava, bili su naši ne baš adekvatno obrazovani kolege koji su budno pratili najnoviju literaturu i učili sve pomodne kratice. Takvi proizvodi su bili u načelu vrlo skupi, a u eksploataciji nepouzdani ili nedopustivo spori jer je kod nas bio problem kupiti dovoljno snažnu računalnu opremu. Kad smo u velikoj tvrtki uživo dokazali prednosti bitno jeftinijeg i prikladnijeg sustava za upravljanje bazama podataka, a u odnosu na onaj koji su namjeravali kupiti, odgovorna osoba, inače po svemu sudeći adekvatne naobrazbe, inteligencije i ostalih kvaliteta, rekla je kako je za nju bolje da se kupi skuplje jer će onda ona biti važniji šef. S obzirom na našu procjenu osobe, to nije bio njen hir, nego odraz stvarne žalosne stvarnosti.

Nepovoljni aranžmani kupovine skupih licenci inozemnog ERP (*enterprise resource planning*) sustava uz plaćanje konzultanata na realizaciji po satu, odnosno danu angažmana, smatrali su se za ključne tvrtke neminovnima. Naš pokušaj da jedan takav sustav upotrijebimo na matičnom fakultetu je uspio jer smo insistirali da se ne plaća po satu već po ostvarenoj ponuđenoj funkcionalnosti. Plan da se sustav proširi za vođenje poslovanja ostalih fakulteta ipak nije uspio, zbog skupoće, ali i nedostatka motivacije korisnika [9]. Naša očekivanja da će se moći egzaktno dokazati pogrešnost postojećeg načina financiranja visokog obrazovanja se nisu ispunila, možda prije zbog nevoljkosti korisnika negoli nedostataka ERP sustava. Htjeli smo dovesti u pitanje jednake plaće bez obzira na struku, na potrebu vrednovanja zapošljavanja alumna i njihovih plaća, provjeriti napredovanje zasnovano gotovo isključivo na scientometrijskim kriterijima, preispitati neovisnost plaće o kvaliteti i kvantiteti nastave itd.

6.1.12 Slijepa vjera rukovodstva u stranu ekspertizu

Neke od najvećih hrvatskih tvrtki uzdale su se na prijelazu stoljeća samo u inozemne konzultante i strane programske proizvode. Ništa domaćega nije moglo biti dovoljno dobrim. Strana programska rješenja su često bila skuplja nego u domicilnim zemljama s bitno većim BDP-om. Strani konzultanti su bili skupo plaćeni, često nekompetentni, a došli su s pretpostavkom da je u manje razvijenoj zemlji sve jednostavnije. Istina je dakako bila obratna.

Nismo nažalost našli priliku predložiti našim managerima koji vjeruju i traže samo "sve najbolje svjetsko" da se prije svega njih zamijeni "najboljim svjetskima".

6.1.13 Slabosti javne nabave

Jedna od rijetkih pozitivnih strana u vrijeme Jugoslavije jest da ne pamtimo teror pogrešno koncipirane javne nabave. Kod nas je uobičajena javna nabava koja preferira minimalnu cijenu, minimalno kažnjava odabrane nekvalitetne ponuđače, a izazvala je niz gubitaka i kriminala. Slijede neki primeri.

Za automatsko kodiranje popisnih listića kod popisa stanovništva 2000. godine kupljen je kanadski program jer je bio nešto jeftiniji od naše ponude. Traženi posao smo već bili obavljali za popis stanovništva 1990. godine, vodeći računa o flektivnosti i karakteristikama hrvatskog jezika. Dobili smo najbolju predviđenu ocjenu, a obrada je bila dovršena u roku od 3 mjeseca [10]. Godine 2000. uz mnogo naprednju računalnu opremu, kanadski program koji nije bio podešen za prepoznavanje hrvatskih tekstova je zakazao i cijela je obrada rađena ručno kroz tri godine i velike troškove honorarne radne snage.

Kroz nekoliko godina smo surađivali s velikom javnom tvrtkom koja je imala vlastite informatičare koji su izradili neka korisna i tvrtkinoj djelatnosti prilagođena programska rješenja. Trebalo je izraditi integrirano rješenje na suvremenoj platformi. Utrošili smo vremena i truda da podučimo djelatnike kućne informatike novim tehnologijama i nekim našim vlastitim, dokazano uspješnim alatima [11]. Konačni posao je zbog niže cijene dobila nekompetentna tvrtka. Koliko znamo, posao je propao.

Interesantno je spomenuti kako nam se tijekom opisane suradnje jednom prilikom neka nekompetentna tvrtka nudila za nepotrebnog podugovarača, tražeći za sebe udjel od 10% ponuđene cijene kako bi oni odustali od žalbe na javnu nabavu, čime se inče rutinski bave. Nismo se odlučili na kaznenu prijavu jer bi ucjenu bilo teško dokazati.

Jednom prilikom na stručnom skupu smo predložili da osoba koja je osmislila javnu nabavu, kupuje po njoj sebi vino ako je imalo sklona piću. Publika je ideju dobro prihvatila, ali onih koji odlučuju, više tada nije bilo u dvorani.

6.2 Odabrani primjer uspješnog informacijskog sustava

Odabrano je jedno od naših najuspješnijih rješenja koje sadrži paradigme poželjne za uspjeh i zato smatramo dopustivim navesti ime tvrtke. To je bio zaista uspješan program transfera znanja i tehnologije iz akademije u industriju. Početkom 90.-ih godina prošlog stoljeća tvornica Autodijelovi iz Solina (u tekstu ćemo koristiti današnje ime AD Plastik) se našla u velikim poteškoćama zbog okolnosti tik pred rat i za vrijeme rata. Glavni kupac njihovih proizvoda je do tada bila tvornica automobila "Crvena zastava" iz Kragujevca, Srbija. Zbog rata su svi kontakti prekinuti i trebalo je pronaći alternativne kupce, pri čemu izloženost ratnoj opasnosti nije nimalo pogodovala sklapanju dugoročnijih ugovora, uobičajenih u automobilskoj industriji. Alternative za zaposlene nije bilo jer ni turizma u ratu nije bilo, a prometna blokada je otežavala svako poslovanje i egzistenciju. Rukovodstvo tvrtke je pravovremeno sklopilo ugovore s francuskim proizvođačima automobila (*Renault, Citroën*) i znali su da će za Francuze kod procjene kvalitete njihove tvrtke važna stavka biti informatika. Pomogli smo im da dobiju najbolju ocjenu.

U projektnom timu kućne informatike je bilo 6 osoba s kojima smo mjesecima zajedno radili. Kad smo se uključili, oni su projektirali sastavnice materijala i sastavnice vremena. Umjesto tih sastavnica, projektirali smo sustav zasnovan na procesima uz koje se vežu ulazni i izlazni materijali, strojevi i pribor i zahtijevane osposobljenosti. Postojale su različite varijante procesa u kojima su se varirale različite sirovine, strojevi i pribor. Proizvodnja je bila višefazna i poluproizvodi iz jednog procesa su ulazili u sljedeće procese. Kako bi se znalo što je pojedini proces stvorio, bilo je potrebno organizirati priručna skladišta. Priručna skladišta su organizirana u roku od 2 tjedna – sljedeći put kad smo došli, skladišta su funkcionirala i točno se znalo čime se u međufazama raspolaže.

Svaki puta bismo obišli po jedan pogon, a na sastanak su dolazili, osim direktora i šefovi pogona, šef alatnice, šef održavanja, tehnolozi. Kad smo izgradili sustav, tehnolozi su opisivali procese uz pomoć projektnog tima – nisu trebali našu pomoć, jer su članovi projektnog tima dubinski poznavali sustav, a tehnolozi su povremeno sudjelovali na našim sastancima s projektnim timom. Važna motivacija je bila zadržavanje posla – s obzirom na enormni gubitak tržišta za Crvenu Zastavu, prijetila su otpuštanja.

U Tablici 1 navedeni su mogući problemi u razvoju informacijskih sustava iz poglavlja 6.1. kao i opis kako su ovdje bili rješavani.

Tablica 1. Pojava i rješavanje mogućih problema u izgradnji informacijskih sustava planiranja proizvodnje u tvornici AD Plastik

Mogući problem	Opis stanja i eventualnog otklanjanja
Nedovoljna stručnost izvoditelja	Vjerujemo da smo dokazali svoju stručnost.
Nedovoljna podrška rukovoditelja korisnika	Imali smo izrazitu podršku glavnog direktora i direktorice kućne informatike. Svaki naš posjet tvornici započeo bi sastankom kraćim od sat vremena u kojem nas je glavni direktor tvornice obavijestio o trenutnom stanju i planiranim aktivnostima rukovodstva. Sastancima su prisustvovali svi učesnici projekta i izravno se uvjerili u važnost koju se pridaje uspjehu projekta.
Pogrešni zahtjevi korisnika	Do upoznavanja s nama je došlo zahvaljujući našoj podršci i propagiranju programskog sustava ZIM i tečaju iz baza podataka koji su pohađali djelatnici informatike AD Plastika. Temeljem toga, AD Plastik je cedirao na nas ugovor s čijim dotadašnjim izvoditeljima nisu bili zadovoljni. Ugovor je predviđao rješavanje raspodjele fiksnih troškova na finalne artikle. Imali smo već iskustva s takvim pogrešnim zahtjevima i relativno lako smo uvjerili djelatnike AD Plastika da se radi o besmislici i da je bolje da planiramo proizvodnju. Radi se višefaznoj masovnoj proizvodnji. Oni su poželjeli odabirati interaktivno strojeve i količine artikala. Mi smo im umjesto toga predložili linearno programiranje s optimiranjem doprinosa za pokriće fiksnih troškova (*direct costing*), koristeći vlastito programsko rješenje [12]. Podatci o proizvodnji opisani kroz industrijske procese. su olakšali izradu modela linearnog programiranja koji je uslijedio programski. Detaljniji opis se može naći u [13].
Nerazumijevanje između izvoditelja i korisnika	S obzirom da je kućna informatika dobro poznavala problematiku tvornice, dio problema je otpao. Ostala je potreba objašnjavanja korisniku da je optimiranje kontribucije najpoželjniji i najopravdaniji kriterij. Trebalo je uvjeriti korisnika da se nekom proizvodnjom može i gubiti te da nekurentna roba na skladištu koja se može reciklirati, treba imati ulaznu cijenu nula. Uspjeh tih uvjeravanja je bio presudnim za daljnje odvijanje projekta.
Pretjerana birokratiziranost	S obzirom na računalnu platformu i izrazito sposobnu direktoricu kućne informatike, taj problem nije postojao.
Slijepa vjera izvoditelja u metodologije	Nije se robovalo tome. Postupali smo na način budućih agilnih metoda, kasnije popularizirani u svjetskoj literaturi.
Slijepa vjera izvoditelja u CASE alate	Vrlo uspješno je za generiranje inicijalne verzije velikog dijela programskog koda korišten programski alat koji je izradio član naše ekipe [14]. Dodatnim programiranjem se kasnije postizala ergonomičnost.
Nemotiviranost izvoditelja	Naša ekipa je bila visokomotivirana s obzirom da se radilo o spašavanju tvornice u teškim ratnim okolnostima, a posao je bio zanimljiv i izazovan.

Mogući problem	Opis stanja i eventualnog otklanjanja
Nemotiviranost korisnika da projekt uspije	Korisnici su bili vrhunski motivirani jer im je o uspjehu projekta u prilično mjeri ovisila egzistencija.
Odraz pogrešnog društvenog uređenja u vrijeme Jugoslavije	To se više nije osjećalo jer je bilo očito da ga se napušta.
Manjkavosti računalne i programske opreme	Mreža mikroračunala i sustav ZIM za upravljanje bazama podataka su u ono vrijeme za nas bili vrlo prikladnima.
Slijepa vjera rukovodstva u stranu ekspertizu	U vrijeme ratnih okolnosti ta opasnost nije postojala jer si ju tvornica nije niti mogla financijski dopustiti. Nakon završetka rata i uspješnog razvitka tvornice AD Plastik, ta se tendencija pojavila, ali je navodno naše rješenje još uvijek u funkciji.
Slabosti javne nabave	Sustav javne nabave tada nije niti postojao.

37. Zaključak

Mnogo toga nismo uspjeli obuhvatiti ovim člankom. Samo manji dio članaka koje smo o tome bili objavili se nalazi u popisu literature. Ograničili smo se na tematiku izgradnje konkretnih informacijskih sustava i složenijih programskih sustava, a nismo obuhvatili, metodološke ni znanstvene radove. Na kraju kronološkim redom navodimo članke o još nekoliko naših uspješnih informacijskih i programskih sustava [15][16][17][18][19][20][21][23], koliko nam je dopuštao ograničeni broj stranica ovog teksta.

Literatura

[1] Kalpić, D.; Širanović, V.: I vladina grupa za matični broj. Večernji list, 22.1.2003., https://www.vecernji.hr/vijesti/i-vladina-grupa-za-maticni-broj-729794

[2] Đurek, M.; Kalpić, D.; Karin, R; Maćašović, P.; Žepić, A.: Određivanje optimalnog programa proizvodnje uz pomoć elektroničkog računala, Informatica ‘74, Bled

[3] K. Janković, A. Žepić, M. Đurek, D. Kalpić: Model proizvodnje i raspored fiksnih troškova po proizvodima optimalnog programa, Informatica ‘76, Bled

[4] Kalpić, D.; Fertalj, K.; Mornar, V.: Analysis of Reasons for Failure of a Major Information System Project // BITWorld 2001 Conference Proceedings, Kamel, S. (ur.). Kairo: The American University in Cairo, 2001. 1-8

[5] Kalpić, D.; Baranović, M.; Fertalj, K.: How to Organise a University Based R&D and Teaching Group in Computing? A Case Study // World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics / Callaos, N. ; Khoong C., M. ; Cohen, E. (ur.). : International Institute of Informatics and Systemics, 1997. 174-181

[6] Kalpić, D.; Popović, K.: Obrada informacija o uvoznim časopisima na mikroračunalu, 8. međunarodni simpozij "Kompjuter na sveučilištu", Cavtat, 1986.

[7] Mornar, V.; Kalpić, D.: Two stage two-dimensional cutting stock problem, 11. međunarodni simpozij "Kompjuter na sveučilištu", Cavtat, 1989.

[8] Kalpić, D.; Kenda S.; Mornar V.: Microcomputer multicriteria transportation system, EURO TIMS, Joint International Conference, Abstracts, pp 218-219, Paris, 1988.

[9] Mornar, V.; Fertalj, K.; Kalpić, D.: Introduction of SAP ERP System into a Heterogeneous Academic Community // The Third Global Conference on Power Control and Optimization / Barsoum, N. (ur.). Gold Coast, Australia, 2010, pp 1-8

[10] Kalpić D.: Automated Coding of Census Data, Journal of Official Statistics, Statistics Sweden, Vol. 10, No. 4, 1994, pp 449-463

[11] Kalpić, D.; Fertalj, K.: Development of a new information system for Croatian forestry // ISOne World 2007 – Engaging Academia and Enterprise Agendas / McGarry, N. (ed.). Las Vegas: The Information Institute, 2007. 23_1-23_9

[12] Kalpić, D.; Mornar, V.: Interactive Multicriterial Linear Programming System, EURO VIII, Lisabon, Portugal, 1986.

[13] Kalpić, D.; Mornar, V.; Baranović, M.: Case study based on a multi-period multi-criteria production planning model. // European journal of operational research. 87(3) (1995) ; 658-669

[14] Fertalj K.; Kalpić, D.; Mornar, V.: Source Code Generator Based on a Proprietary Specification Language // Proceedings of the 35th Hawaii International Conference on System Sciences, 2002, ISBN 0-7695-1435-9 / Sprague Ralph (ed.)./ Los Alamitos, California : IEEE Computer Society, pp 1-9

[15] Kalpić, D.; Đurek, M.; Kenda, S.: Programski sustav za proračun ventilacije rudničkih mreža, IV Bosanskohercegovački simpozijum iz informatike, Jahorina, 1980.

[16] Kalpić, D.; Fertalj, Krešimir; Hadjina, N.; Lalić, M.: Idejno rješenje informacijskog sustava Personalne uprave MORH-a, 1996.

[17] Fertalj, K.; Helman, T.; Mornar, V.: Development of a Complex Web-Based Advertising System // CIT, 8 (2000), 4; 277-283

[18] Kalpić, D.; Baranović, M. ; Mornar, V. ; Krajcar, S.: Development of an Integral University Management System // ICSECIT 2001 / Magaš, B. (ur.). Punta Arenas, Chile, Universidad de Magallanes, 2001.

[19] Nikolić, T.; Fertalj, K.; Helman, T.; Mornar, V.; Kalpić, D.: CROFlora, a Database Application to Handle Croatian Vascular Flora, Acta Botanica Croatica, 60 (2001),1;31-48

[20] Mornar, V.; Fertalj, K.; Kalpić, D.; Krajcar S: Credit Card System for Subsidized Nourishment of University Students (2002), Khosrow-Pour, M., (ur.), Annals of Cases on Information Technology 2002/4, Idea Group Publishing, Hershey, PA, USA, ISBN 1-930708-40-8, pp. 468-486

[21] Baranović, M.; Hebel, Z.; Zakošek, S.: ISOHEP – Intelligent Maintenance Management System // Proceedings of the 1st World Congress on Maintenance / Kardec Pinto, Alan (ur.), Salvador, Bahia, Brazil: Abraman, 2002.

[22] Pavlek, S.; Kalpić, D; Observability of Information in Databases – New Spins in Data Warehousing for Credit Risk Management // ICSOFT 2008, Third International Conference on Software and Data Technologies, Volume ISDM-ABF / Cordeiro, Jose ; Ranchordas, AlpeshKumar (ur.), Porto : INSTICC, 2008. 361-368

[23] Budišćak, I.; Mornar, V.; Kalpić, D.; Tonković, F.; Mlinarić, D.; Rajnović, T.: State Matura Exam Processing System // DAAD Workshop in software engineering / Bothe, Klaus (ur.), Berlin: Humboldt Universität, 2015. str. 1-20

Kontinuitet kamenarstva i života s kamenom u Hrvatskoj

Prof. dr. sc. **Biljana Kovačević Zelić**, redoviti član HATZ-a,
Sveučilište u Zagrebu Rudarsko-geološko-naftni fakultet,
biljana.kovacevic-zelic@rgn.unizg.hr

doc. dr. sc. **Ana Maričić**, dipl. ing.,
Sveučilište u Zagrebu Rudarsko-geološko-naftni fakultet, ana.marici@rgn.hr

Mirela **Burečić Šafran**, mag. ing. min.,
Sveučilište u Zagrebu Rudarsko-geološko-naftni fakultet, mburecic@rgn.hr

izv. prof. dr. sc. **Petar Hrženjak**, dipl. ing.,
Sveučilište u Zagrebu Rudarsko-geološko-naftni fakultet, petar.hrzenjak@rgn.hr

Sažetak: *U članku je prikazan povijesni razvoj eksploatacije arhitektonsko-građevnog ili prirodnog kamena od antičkih vremena do danas na prostorima Republike Hrvatske. Odabrana ležišta prirodnog kamena prikazana su na geološkoj podlozi Istarskog poluotoka i otoka Brača, dva geografska područja iznimno bogate kamenarske baštine. Također, navedeni su varijeteti prirodnog kamena koji su se koristili za izgradnju graditeljskih i arhitektonskih objekata, izradu klesarskih i skulptorskih djela kako u Hrvatskoj tako i u brojnim dugim državama u Europi i svijetu. Opisana je i tradicija obrazovanja u Pučišćima na otoku Braču. U zaključku se daje osvrt na budućnost kamenarstva i razvoj drugih djelatnosti povezanih s kamenom, kamenarstvom i umjetničkim izričajem u kamenu.*

Ključne riječi: *arhitektonsko-građevni kamen, Istarski kamenolomi, Brački kamenolomi, tradicionalne metode eksploatacije i obrade kamena, arhitektura i umjetnost u kamenu*

1. Uvod

Od predhistorijskih vremena kada je prirodni kamen korišten za izradu oruđa i oružja, kasnije kao materijal za gradnju pa sve do danas, vađenje i upotreba kamena smatra se jednom od najstarijih ljudskih djelatnosti. O tome svjedoče brojni historijski artefakti i spomenici posvuda u svijetu. Na prostorima su današnje Hrvatske također pronađeni materijalni dokazi o korištenju kamena. Klesarstvo i kamenoklesar-

stvo razvijalo se u Hrvatskoj u Grčko-Ilirskom i Rimskom dobu. Najstarije poznate kamene građevine su ilirske gomile, pa zidine grčkih kolonija na otocima Visu i Hvaru. Prvi kamenolomi na Braču iz Rimskog doba su Plate, Rasohe i Stražišća u blizini Škripa i Splitske. Ti su kamenolomi korišteni za izgradnju Salone i Dioklecijanove palače. Iz tog je vremena i nalaz halštatske kulture u Vivači na Istarskom poluotoku s kamenim skulpturama. Gotovo u cijeloj Hrvatskoj, a naročito u njezinom priobalnom dijelu, pronađeni su brojni nalazi rimskih fragmenata: sarkofaga, kolona i kapitela, te starih alata za vađenje kamenih blokova [1]. Kameni suhozidi izgrađeni slaganjem kamena jedan na drugi, bez korištenja vezivnog materijala, upisani su 2018. godine na UNESCO-ov popis nematerijalne baštine čovječanstva.

Tijekom povijesti na prostorima današnje Hrvatske, visokokvalitetni sedimentni varijeteti kamena, po sastavu pretežno vapnenci, eksploatirani su i korišteni kao prirodni ili arhitektonsko-građevni kamen. U današnje se vrijeme eksploatira 44 različita varijeteta prirodnoga kamena [2] u obliku blokova odnosno monolita koji se na tržištu svrstavaju u skupinu "mramora". Blokovi se zatim prerađuju i dodatno obrađuju da bi se mogli koristiti u graditeljstvu, arhitekturi ili za izradu mnogih uporabnih i ukrasnih predmeta.

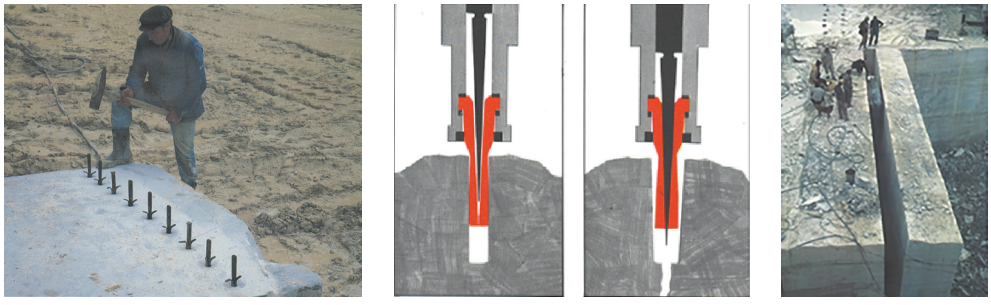
Mnogi su naši varijeteti prirodnoga kamena: Kirmenjak avorio, Kanfanar, Adria grigio ili sivac, Veselje s varijetetima unito i fiorito, Benkovački pločasti i Vrnik, korišteni za izgradnju brojnih spomenika kulture te starih gradova poput Dubrovnika, Splita, Solina, Zadra, Trogira, Šibenika, Pule, Poreča, Raba, Korčule i Hvara. Treba naglasiti da su neki od tih varijeteta korišteni i u gradovima izvan granica Hrvatske kao što su Venecija, Beč, Budimpešta i drugi [3].

Većina navedenih varijeteta kredne su starosti, a eksploatiraju se duž obale Jadrana, posebice u Istri i Dalmaciji, te na otocima Braču i Korčuli [4, 5]. Upravo zbog navedenoga u radu će biti prikazana tradicija istraživanja, vađenja i uporabe prirodnoga ili arhitektonsko-građevnog kamena na prostorima Republike Hrvatske od antičkih vremena do danas. Naglasak će biti na prikazu tradicije vađenja – "*branja*" kamena na područjima Istre i otoka Brača, kao dvaju prostora s iznimno vrijednim povijesnim nasljeđem i običajima vezanim za kamen, te kulturnom baštinom asociranom upravo na kamen.

2. Povijesni pregled metoda dobivanja kamena

Metode vađenja kamena iz prirodnih ležišta mijenjale su se kroz povijest prateći razvitak alatki za kopanje, rezanje, bušenje i odvaljivanje kamena (Slika 1). Iz doba Ilira na našim područjima nalazimo građevine s velikim pločastim blokovima kamena koji odgovaraju debljinama slojeva vapnenaca. Takvi su se blokovi odvajali polugama duž prirodnih diskontinuiteta, što je bilo lako primjenjivo u naslagama

vapnenaca s horizontalno ili blago nagnutim slojevima. U antici su se za odvajanje kamena samaca rabile različite vrste dlijeta i čekića. U Rimskim su kamenolomima očuvani brojni ostaci tehnologije vađenja kamena, a posebno je značajna bila tehnika izrade do 5 m dubokih uskih (40 – 50 cm) ručno rađenih zasjeka tzv. "*pašarina*" kojima je pripremana stijenska masa za vađenje velikih blokova. Za rezanje kamena služile su najprije različite alatke od tvrđeg kamena, a potom od metala uz dodavanje abrazivnog praha. Cijepanje kamena je postupak kojim se od stijenske mase odvajaju veliki blokovi koji se naknadno obrađuju. Za cijepanje su se rabili suhi drveni klinovi utisnuti u prirodne pukotine ili izdubljene rupe, koji su se nakon toga polijevali vodom. Natopljeno drvo je bubrilo, čime se povećavao tlak koji je uzrokovao cijepanje kamena. Poluga kao alatka primjenjivala se u vrlo ranoj povijesti. Koristila se za dobivanje blokova kamena, za njihovo odvajanje i dizanje. Pojavom kovanih željeznih alatki počele su se izrađivati rupe u stijeni, ručnim dlijetom i čekićem. Ukoliko su samci bili veći tada se izvodilo bušenje, kalanje, a nakon toga vađenje blokova pomoću poluge i vitla. Ovakav način se koristio sve do druge polovine 19. st. kada počinje bušenje zračnim bušačim čekićem. Povećanjem potražnje u kamenolome je probno uvedena metoda eksploatacije kamenih blokova kontroliranim miniranjem crnim barutom, ali je ubrzo napuštena zbog oštećenja korisne stijenske mase uslijed otpucavanja. Helikoidalna žična pila počinje se koristiti sredinom 20 st. Njezinom uporabom zanatska proizvodnja kamena prelazi u industrijsku. Helikoidalna žična pila radi na principu abrazije kvarcnim pijeskom koji se nalazi u utorima, čija zrnca režu mekšu matičnu stijenu. Pojavom lančanih sjekačica i dijamantnih žičnih pila u drugoj polovini 20. st. u kamenolomima započinje nova tehnološka era. Novi strojevi su radili puno brže uz značajno manji utrošak vode. Od 1995. godine u kamenolomu Kanfanar Jug uvedena je podzemna otkopno-stupna metodom (eng. "*room and pillar*"). Metoda se pokazala uspješnom i upotrebljava se u svim kamenolomima koji imaju visoku otkrivku [6].



a) b) c)

Sl. 1. Povijesni razvitak metoda vađenja prirodnog kamena iz ležišta: **a)** metalni klin, **b)** hidraulički klin, **c)** prevrtanje blokova pomoću zračnih jastuka [1]

3. Ležišta prirodnoga ili arhitektonsko-građevnoga kamena u Hrvatskoj

Kamen kao mineralna sirovina se klasificira prema primjeni na dvije grupe i to: prirodni ili arhitektonsko-građevni i tehničko-građevni kamen odnosno kameni agregat. U Republici Hrvatskoj te dvije grupe predstavljaju najvažnije nemetalne mineralne sirovine koje se eksploatiraju. Prirodni kamen se eksploatira u obliku pravilnih i "zdravih" kamenih blokova odnosno monolita te se koristi za kiparstvo, klesarstvo, arhitekturu groblja kao i za horizontalna i vertikalna vanjska i unutarnja oblaganja raznih građevinskih objekata.

Prema popisu aktivnih eksploatacijskih polja u Republici Hrvatskoj iz 2019. [7] varijeteti prirodnoga kamena se eksploatiraju na 91 aktivnom ležištu. Od spomenutog broja ležišta iz njih 69 se vade varijeteti u obliku kamenih blokova, dok se iz 22 polja eksploatiraju varijeteti u obliku tankih ploča koje mogu biti debele nekoliko centimetara.

Prema podacima iz hrvatske i europske norme HRN EN 12440 [2], na tržištu se danas može prepoznati 44 različita "domaća" varijeteta prirodnoga kamena. Naši "domaći" varijeteti se na tržištu svrstavaju u skupinu "mramora" iako prema postanku pripadaju sedimentnim stijenama. Stijene magmatskog i metamorfnog postanka (amfiboliti, andeziti, bazalti, dijabazi, graniti) se u Hrvatskoj eksploatiraju samo kao tehničko-građevni kamen. Među našim varijetetima "mramora" koji se mogu pronaći na tržištu najzastupljeniji su vapnenci – ukupno 31 varijetet. U manjem broju zastupljeni su dolomitizirani vapnenci (sedam varijeteta), vapnenački konglomerati (tri varijeteta), vapnenačke breče (dva varijeteta) i dolomitna breča (samo jedan varijetet).

Ležišta naših varijeteta nalaze se uglavnom u primorskom dijelu na području Istre, Dalmacije, te otoka Brača i Korčule. Na području Istre i otoka Brača (Slika 2) eksploatira se 26 varijeteta kamena, koja će biti opisana u sljedećim poglavljima. Na području Dalmaciji se eksploatira 15 varijeteta (Alkasin, Benkovački pločasti, Dolit, Fantazija, Jadran zeleni, Marići, Mironja, Multikolor, Negris fiorito, Plano, Ro-



a) b)

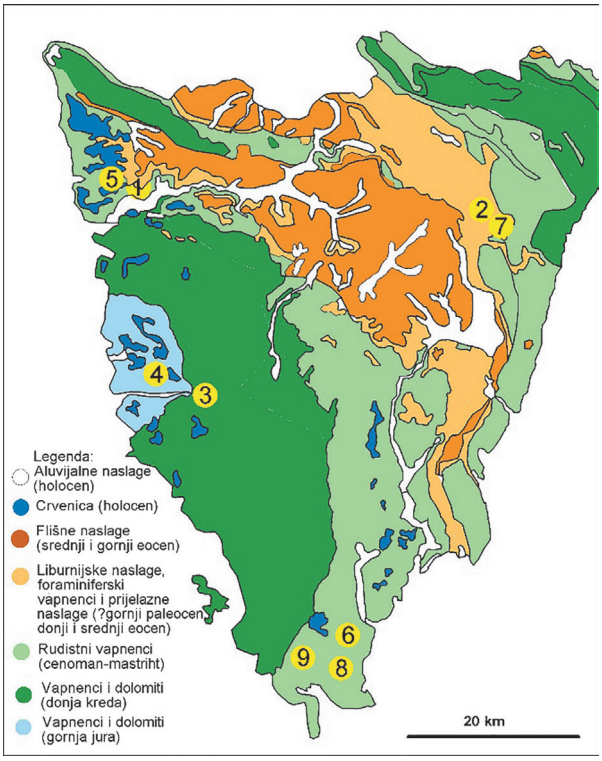
Sl. 2. Pogled na ležišta prirodnog kamena: a) Kanfanar – Istra, b) Pučišća – Brač

manovac, Rozalit, Seget, Visočani, Vrsine). Na otoku Korčuli se eksploatiraju vapnenci San Antonio i Vrnik, dok se samo jedan varijetet – porozni vapnenac Vinicit eksploatira u kontinentalnom dijelu Hrvatske pored Varaždina. Treba naglasiti da popis varijeteta prirodnoga kamena u gore navedenoj normi [2] nije konačan, jer se osim Benkovačkog pločastog ne navode drugi pločasti varijeteti poput Lipovečkog vapnenca, koji se vadi u obliku tankih ploča iz ležišta u blizini grada Samobora.

4. Kamenarstvo na Istarskom poluotoku

4.1. Istarski varijeteti kamena

Istra je regija koja je poznata po svojim brojnim kamenolomima u kojima su se tijekom prošlosti vadili, a i danas se vade iznimno kvalitetni varijeteti prirodnoga kamena. Istarski varijeteti su zbog svoje dugotrajne upotrebe poznati ne samo kod nas, nego i u svijetu jer su upotrijebljeni u mnogim znamenitim spomenicima. Komercijalni varijeteti [2] koji se eksploatiraju su: Grožnjan, Istranka, Istarski žuti s inačicama Kanfanar,



Sl. 3. Geološka karta Republike Hrvatske mjerilo 1:300000 (HGI, 2009) – Istarski poluotok. Modificirana karta s dodanim lokalitetima kamenoloma – 1. Grožnjan, 2. Istranka, 3. Istarski žuti, 4. Kirmenjak, 5. Lucija, 6. Marčana, 7. Planik, 8. Valtura, 9. Vinkuran [9]

Selina i Korenići, Kirmenjak, Lucija, Marčana, Planik te Valtura s inačicama unito i fiorito i Vinkuran s inačicama fiorito i statuario. Svi navedeni varijeteti su determinirani kao vapnenci različite starosti od jurske (Kirmenjak), preko kredne (Grožnjan, Istarski žuti, Lucija, Marčana, Valtura i Vinkuran) do eocenske (Istranka, Planik).

Najpoznatiji varijetet iz Istre je Kirmenjak ili *Pietra d'Istria* koji je određen kao stilolitizirani mikritni vapnenac gornjojurske starosti boje slonovače. Upravo zbog svoje boje često se naziva i ivorio ili avorio. Kamen pokazuje iznimnu postojanost čak i u posebno nepovoljnim uvjetima kao na primjer prilikom djelovanja morske soli. Ovaj gusti kamen je iznimne čvrstoće i otpornosti na habanje, te male poroznosti i malog upijanja vode [3]. Kirmenjak se koristio kao građevni kamen u brojnim konstrukcijama u Veneciji (*Ponte di Rialto*, Duždeva palača), obično u osjetljivim dijelovima gdje je stalno izložen plimi i oseki te naizmjeničnom vlaženju i sušenju. Do danas je sačuvao dobar izgled što dokazuje njegovu iznimnu postojanost [8].

Drugi najpoznatiji varijetet iz Istre je Istarski žuti/*Giallo d'Istria*/Kanfanar koji se eksploatira u kamenolomima Kanfanar, Selina i Korenići, te se prema kamenolomima i nazivaju različite inačice tog kamena. Bitno je napomenuti da se u tim kamenolomima obavlja jedina podzemna eksploatacija u Republici Hrvatskoj. Poznato je da se ovaj tip kamena u 15. stoljeću s otočića Sv. Jerolim (Brijunski otoci) prevozio u Ankonu po preporuci Jurja Dalmatinca. Kanfanar je vapnenac žute boje po kojoj je dobio i ime, s time da je prepoznat po uočljivoj izmjeni svjetlijih i tamnijih dijelova. Svjetliji dio stijene čini mikrit, dok tamniji dio čine nepravilno obavijena zrna onkoida nastala djelovanjem "mikroproblematike" *Bacinella irregularis* RADOIČIĆ pa se nazivaju baćinelski onkoidi [10, 11]. Istarski žuti je klasificiran kao vapnenac tipa onkoidni floutston.

4.2. Vađenje kamena u Istri

Kamen je u Istri stoljećima eksploatiran radi dvije osnovne svrhe. Prva je proizvodnja tehničko-građevnog kamena za izgradnju cesta i saniranje obala, a druga eksploatacija arhitektonsko-građevnog kamena pogodnog za izradu elemenata za gradnju kuća, sakralnih i drugih građevina. Najstarije poznate kamene građevine su istarski kažuni zidani neobrađenim prirodnim kamenom bez uporabe vezivnog materijala tzv. tehnikom suhozida. Kažuni su svjedoci prošlih vremena kada su se stanovnici bavili poljoprivredom, posebice maslinarstvom i vinogradarstvom.

Antičko je razdoblje poznato po upotrebi kamena za građenje monumentalnih rimskih građevina, akvadukata, mostova i skulptura. Najpoznatije antičke kave su "*Cava Romana*", odnosno kamenolomi Vinkuran i Vintijan u Istri, južno od Pule, gdje su se vadili kredni vapnenci. Najpoznatiji objekt tog doba je amfiteatar, popularno nazvan Arena u Puli, koja je građena u 1. st. za vrijeme rimskog cara Vespa-

zijana [12]. Kamen je dopreman iz Brijunskih otoka, odnosno otoka sv. Jerolima u Fažanskom zaljevu i iz zaljeva Saline, južno od Rovinja. Od značajnijih spomenika još se ističe i Sergejev slavoluk u Puli. Jurski vapnenci koji se pojavljuju u obliku ploča i tanjih ploča eksploatirali su se u blizini Poreča i njime je građen Teodorov mauzolej u Raveni. Prvi podaci o prijevozu kamena datiraju iz 812. godine i govore kako se kamen u blokovima prevozio brodovima iz Istre u rimske luke Akvileju i Ravenu za izgradnju grobnice vladara Teodorika.

Prvi zabilježeni podaci eksploatacije, i danas aktivnog, kamenoloma Kirmenjak, tada zvanog *Orsera* (*Montraker*), datiraju još od 568. godine. Tada je započela gradnja Venecije, koja svoju ljepotu najviše duguje kamenu, njegovim karakteristikama, kvaliteti i boji. Prema nekim zapisima vjeruje se da je čak 80% grada Venecije izgrađeno kamenom iz kamenoloma kod Vrsara i Zlatnog rata kod Rovinja. Zbog svojih izvanrednih fizičko-mehaničkih karakteristika te otpornosti na djelovanje morske vode ovaj je kamen postao jedini materijal koji je bilo dopušteno ugrađivati u pročelja crkvi, palača, civilnih, vjerskih i vojnih građevina [6]. Duždeva palača u Veneciji velikim dijelom izgrađena je od istarskog kamena. Kamen Kirmenjak, kao i kamen iz okolice Buja korišten je pri gradnji starokršćanske Eufrazijeve bazilike u Poreču koja datira iz 6. stoljeća. Trgovina istarskim kamenom već je u to doba bila regulirana Statutima, na temelju kojih je bio kažnjen svatko tko taj kamen zamjeni sličnim kamenom [1]. Tijekom godina vrijednost istarskog kamena je rasla. Rimljani su slali svoje klesare u Vrsar kako bi eksploatirali kamen koji je kasnije služio za izgradnju Venecije. Tijekom stoljeća intenzitet vađenja kamena raste kako su se povećavale potrebe Rimskog carstva. Prva zabilježena podjela istarskog kamena veže se za 1615. godinu na: *Bianca fine, Bianca cinerina, Bianca fumicata*.

Odlaskom Rimljana upotreba prirodnog kamena znatno je smanjena u svim dijelovima Hrvatske. U predromanskom i romanskom razdoblju, prihvaćanjem kršćanstva, kamen je korišten za gradnju sakralnih građevina i crkvenog namještaja, a uglavnom se radilo o autohtonom kamenu uzimanom iz antičkih građevina. U doba gotike po istarskim selima su se gradile male crkvice u kojima se romanika povezivana s gotičkim dekorativnim elementima.

Podzemna eksploatacija kamena, prema zapisima, odvijala se oko 1600. godine u unutrašnjosti Istre na području Buzeštine. Vjeruje se kako se ovaj podatak odnosi na današnji podzemni kamenolom Sveti Stjepan, a kamen iz tog kamenoloma zbog svoje teksture naziva se "*granit iz Istre*".

Početkom 19. stoljeća i dominacijom Austro-Ugarske monarhije dolazi do otvaranja kamenoloma Marčane, Planika i drugih, a kamen vađen na tim lokalitetima često je korišten pri gradnji raznih objekata u Monarhiji. U drugoj polovici 19. stoljeća u okolici Žminja vadio se kamen pogodan za gradnju zgrada, arhitektonskih detalja i spomenika. Otvoreno je deset kamenoloma, a kamen se izvozio u

Ameriku, Italiju, pa čak i Perziju i druge daleke zemlje. U razdoblju do kraja 1945. godine u Istri djeluju kamenolomi: Valkarin, Žminj, Turska vala, Montraker, Sv. Stjepan, Bale, Kirmenjak, Kloštar, Valtura, Vinkuran, Funtana, Negrin, Grožnjan i mnogi drugi. Nakon 1. svjetskog rata od ukupno 20 tvrtki registriranih za eksploataciju kamena ostale su djelovati su samo tri koje su ujedinjene 1954. godine u tvrtku Kamen d.d. Pazin koja djeluje i danas.

4.3. Klesarstvo u Istri

Klesarstvo je zanimanje koje je u svim povijesnim i stilskim razdobljima imalo isti cilj: vještinom kamenu udahnuti život. Počevši od samoukih kamenara i klesara stekli su se postupno uvjeti za organizirano i svestrano učenje ovog zanata. U raznim krajevima i kulturama, ovisno o tvrdoći, čvrstoći i boji, kamen se obrađivao različitim načinima koji su prerasli u tradicije po načinu obrade. Mnogi dokumenti svjedoče razvijenom kamenoklesarskom obrtu u doba Rimskog Carstva, a u Hrvatskoj još u grčko-ilirsko doba. O tome svjedoče veliki klesanci ugrađivani u obrambene zidove. Iz tog je vremena i nalaz halštatske kulture u Vivači u Istri, iz 6. st. pr. n. e. s kamenim skulpturama, vjerojatno iz svetišta i očuvanim dijelom skulpture konjanika [1]. U doba Rimskog Carstva, kada kamenarstvo doživljava svoj procvat, klesarska su djela rijetka. Obrađeni kamen koji se tada nalazio na građevinama je vjerojatno potjecao od antičkih građevina. Vrlo je teško razdvojiti kiparstvo i upotrebu kamena u građevinarstvu s obzirom da se istarski kamen prvobitno upotrebljavao za oblaganja površina na građevinama uz rijetke dekoracije. U blizini romaničke bazilike Sv. Marije, na otočiću pred Vrsarom, vide se tragovi napuštenih kamenoloma (na vrhu otočića Sv. Jurja). Neki povjesničari umjetnosti iznose pretpostavku da je monumentalna i monolitna kupola kasnoantičkog mauzoleja istočno-gotskog kralja Teodorika Velikog (493. – 526.) u Raveni napravljena od istarskog vapnenca iz kamenoloma sv. Nikola kod Poreča, u kojem se vadio kamen u doba antike i kasne antike. U doba svoje pune aktivnosti u Veneciji, u Rovinj i Vrsar dolazio je renesansni kipar Antonio Rizzo (1467. – 1498. g.) iz Verone, koji je Veneciji ostavio svoja najvažnija djela kao što su radovi na Duždevoj palači i nadgrobni spomenik duždu Tronu. U 15. stoljeću klesari Zuanne i Bartolomeo Bon su za 1700 dukata u rovinjskoj kavi isklesali kip "*San Marco in forma di Leon*" [6].

Počeci klesarstva, kakvo danas poznajemo u Istri datiraju iz 1723. godine, kada se prvi put odvajaju klesari od rudara. Javlja se umijeće dekoriranja klesarskom tehnikom crkvenih ciborija, oltarnih pregrada i propovjedaonica na kojima pretežu motivi pletera. Prva kamenoklesarska zadruga Istre osnovana je 1905. godine u Tarskoj vali pokraj Novigrada. U sklopu nje su djelovali klesari koji su svoj zanat izučavali u kolijevki klesarstva, Italiji. Počinju se javljati različiti pravci u svim dijelovima Istre i takav trend se zadržao do danas. Vrsar s ponosom nosi ime "kiparski grad". Posebno je važna kiparska škola *Montraker*, koja je dobila ime po

istoimenom starom kamenolomu. Prema nekim podacima, rovinjsko-vrsarskim kamenom služili su se i istaknuti firentinski kipari i graditelji. U današnje vrijeme, u revitaliziranom kamenolomu *Montraker*, tijekom ljetnih mjeseci održava se internacionalna kiparska škola. Mladi kipari iz Hrvatske i svijeta od 1991. godine nastavljaju vrsarsku tradiciju, pretačući je u originalnu i svježu umjetnost. Na otvorenom prostoru kiparska klesarska škola, pod vodstvom mentora kipara, pruža turistima jedinstveni uvid u obradu kamena koji iz forme bloka postaju neobične umjetničke forme. Skulpture iz prijašnjih radionica često se mogu vidjeti na plažama, auto-kampovima, vrsarskoj rivi i u gradskim parkovima.

5. Kamenarstvo otoka Brača

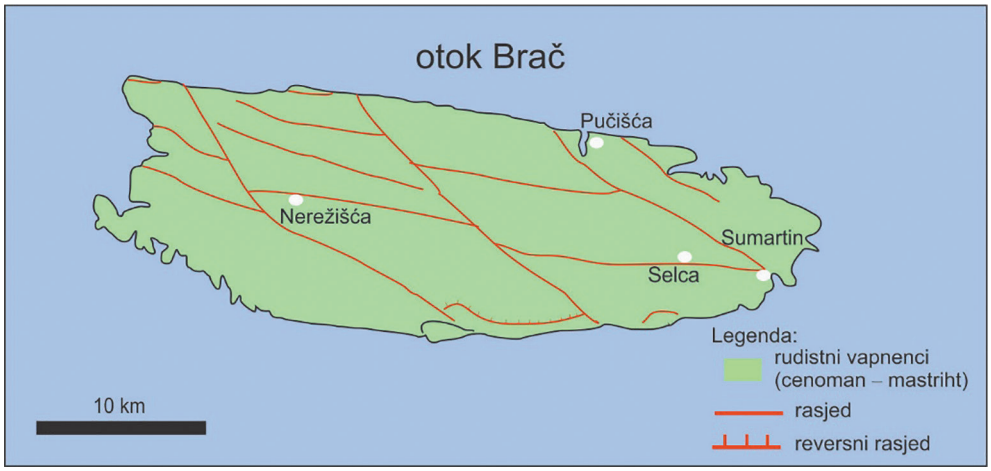
5.1. Brački varijeteti kamena

Na Braču se eksploatira čak trinaest različitih varijeteta kamena (Tablica 1), a mnogi od njih su poznati ne samo u Hrvatskoj, nego i diljem svijeta, zbog dugotrajne tradicije eksploatacije i upotrebe kamena, ali i njihove kvalitete. Prema Geološkoj karti Republike Hrvatske M 1:300000 (Slika 4) sve naslage u kojima se eksploatiraju varijeteti na otoku Braču pripadaju gornjoj kredi – rudistni vapnenci (cenoman – mastriht).

Tablica 1. Varijeteti kamena koji se eksploatiraju na Braču [2]

Komercijalni naziv	Vrsta stijene	Eksploatacijsko polje
Adria grigio ili sivac s tri inačice machiatto, unito i venato	vapnenac	Sivac i Milovica (Pučišća)
Dračevica	dolomitizirani vapnenac	Dračevica (Nerežišća)
Oklad	dolomitna breča	Oklad (Selce)
Rasotica s inačicama B i C	vapnenac	Žaganj Dolac (Sumartin)
San Giorgio s inačicama E i W	dolomitizirani vapnenac	Glave (Selca)
Zečevo	dolomitizirani vapnenac	Zečevo (Selca)
Veselje s inačicama unito, fiorito i unito A	vapnenac	Veselje, Punta, Kupinovo, Barbakan (Pučišća)

Najpoznatiji varijetet od svih svakako je bijeli brački vapnenac, koji se komercijalno naziva Veselje s inačicama unito i fiorito, a "*bere*" se u kamenolomima kraj Pučišća. Na tržištu se pojavljuje pod grupom "mramora", te se često pogrešno naziva "bijeli brački mramor" iako se ne radi o metamorfnoj, već o sedimentnoj stijeni. Veselje je gornjokredni organogeni vapnenac koji sadrži fragmente rudista. Veselje i Kupinovo su imena uvala gdje se kamen "*bere*", a unito i fiorito predstavljaju varijetete u građi. Inačica unito podrazumijeva da su u građi kamena skeletni fragmenti relativno ujednačenih veličina do 2 mm homogeno raspoređeni, a petrografski odgovara bio-



Sl. 4. Geološka karta Republike Hrvatske M 1:300000 (HGI, 2009) – otok Brač. Modificirana karta s dodanim mjestima u kojima se nalaze kamenolomi [9].

klastičnom vapnencu tipa pekston. Upravo zbog toga ovaj varijetet je iznimno pogodan za obradu klesarskim alatima, te je to materijal koji najčešće koriste učenici Klesarske škole u Pučišćima. Inačica fiorito je varijetet u kojem su u osnovi tipa unito razbacani krupni (veći od 2 mm) smeđi fragmenti rudista odnosno cijeli skeleti, te odgovara tipu floutston. Zbog svoje nehomogene građe i većih fragmenata manje je pogodan za obradu klesarskim alatima u odnosu na inačicu unito.

5.2. Graditeljstvo i kiparstvo u Bračkom kamenu

Na otoku Braču kao i drugim hrvatskim otocima nalazimo različite spomenike života na kamenu od pradavnih vremena do danas (Slika 5): zidovi ili "*gomile*", utvrde ili "*gradine*", zatim poseban oblik nastambi "*bunje*", koje se još uvijek koriste kao poljske kućice.



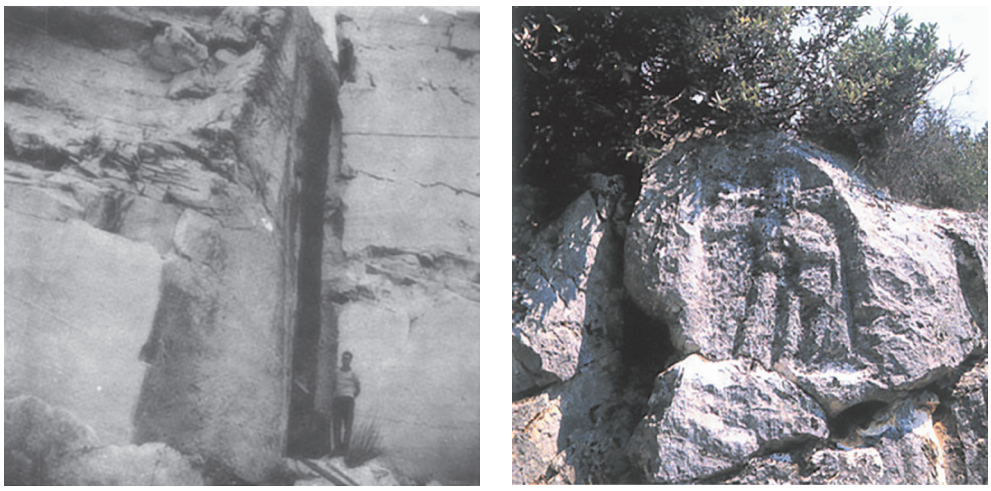
a) b)

Sl. 5. Graditeljska tradicija Brača: **a)** gradine, **b)** bunja [1]

Bijeli bračk kamen graditeljima je poznat već u antičko doba o čemu su pisali mnogi autori [13]. O tome svjedoče brojni ostaci rimskih napuštenih površinskih kopova, monolita, te klesanih komada, koji se nalaze u području današnjih naselja Splitska, odnosno Škrip. Iz tog doba svakako je najznačajnija izgradnja Dioklecijanove palače i Salone korištenjem bračkog kamena. Na otoku Braču gradili su rimski velikodostojnici svoje "*villae rusticae*".

Kako su kod Rimljana kamenolomi bili posvećeni zaštiti bogova, bračk kamenolomi za vrijeme Dioklecijana bili su pod zaštitom boga Herakla. Upravo stoga je u kamenolomu Rasohe lik Herakla (Herkula) uklesan u živu stijenu u obliku reljefa (Slika 6), a u kamenolomu Plate nađen je zavjetni žrtvenik kojega je podigao nadzornik kamenoloma Valerius Valerianus [14]. Herakla su kamenari smatrali zaštitnikom, radi opasnosti kojima su svakodnevno bili izloženi pri obaranju blokova u kamenolomima, transportu klizanjem po strmim rampama do mora, ukrcaju na galije i opasnoj plovidbi ćudljivim Jadranom.

Prvi kamenolomi na Braču bili su Plate, Rasohe i Stražišća, u neposrednoj blizini naselja Škrip i Splitska. Naselje Škrip (*Skripea*), spominje se kao "*civitas*" i "*oppidium*", vjerojatno je prvo veće naselje na otoku Braču, a predstavlja pravi spomenik kamenarske baštine [15]. Bračk kamenolomi nisu ulazili u red zloglasnih rimskih kažnjeničkih kamenoloma – "*latomiae"* već u red običnih kamenoloma – "*lapidicinae"*. U tim kamenolomima očuvani su ostaci rimske tehnologije vađenja blokova. I danas zadivljuju ručno izrađeni usjeci tzv. "*pašarini*" čije su dimenzije bile 0,5×4×15 m (Slika 6). Time se otvarala i pripremala stijenska masa za vađenje velikih blokova tzv. "*feta*". Kamen se lomio tako da je su u prethodno is-



a) b)

Sl. 6. Baština otoka Brača: **a)** Reljef Herakla (Rasohe), **b)** "*pašarin*" [1]

klesane žljebove utisnuti drveni klinovi, koji su zalijevani vodom bubrili i odvaljivali kamen. Dalje su blokove kamena na valjcima, te pomoću poluge, kolotura i konopa, donosili klesarima na obradu, te konačno na utovar u luku.

Od 9. do 12. st. grade se na Braču predromaničke crkve, od kojih je do danas sačuvano čak njih 19 od kojih je možda najpoznatija crkvica sv. Nikole (Sv. Mikule) u blizini Selca.

Nakon toga je sve do početka 14. stoljeća vladalo određeno zatišje u graditeljstvu, kada se ono ponovo počinje jače razvijati, a time se obnavlja i kamenarstvo. U to doba, odjeci rane renesanse pristižu i na ove prostore, a Dalmacija daje tri znamenita kipara i graditelja: Jurja Dalmatinca, Andriju Alešija i Nikolu Firentinca. Oni su, naravno, radili u bračkom kamenu, zbog čega i kamenolomi doživljavaju novi procvat. Iz tog doba, najznačajnija građevina je svakako šibenska katedrala za čiju je gradnju korišten bračk kamen iz kamenoloma Veselje. Bračk kamen korišten je i u brojnim drugim dalmatinskim gradovima poput Trogira, Zadra ili Raba, kao i talijanskim gradovima Ancona, Mantova, Tremiti i Rimini. Otvaraju se nove "*kave"* i "*petrare"* u Selcima, Pučišćima, Sutivanu, Nerežišćima, Povljima i Dračevici.

Na otoku Braču, nalazi se i iznimno poznati glagoljaški samostan Blaca, izgrađen također od lokalnog bračkog kamena. Posvuda po otoku nalaze se ostaci kasnoantičkih starokršćanskih samostana i ranoromaničkih crkvica. Nemoguće je nabrojati sve spomenike i građevine izgrađene u bračkom kamenu od pradavnih vremena pa sve do modernih majstora od kojih ipak treba spomenuti Ivan Rendića i Ivana Meštrovića koji su također radili skulpture od bračkog kamena. Djevice Ivana Rendića od bračkog kamena nalaze se po grobljima i perivojima Trsta, Zagreba (Zrinjevac, Mirogoj) i Dubrovnika. Među pučiškim klesarima odrastao je i kipar Branko Dešković.

Od druge polovica 19. st. kamen se s Brača izvozio u Italiju, Njemačku, Englesku, Egipat, Ameriku, Mađarsku i Austriju. Od bračkog kamena načinjena su velebna zdanja od kojih izdvajamo samo neka: palače u Budimpešti i Beču, Parlament i Novi dvori u Beču, unutrašnjost Parlamenta u Budimpešti, Namjesnička palača u Trstu, predvorje zgrade Ujedinjenih naroda u New Yorku. Suvremena arhitektura također rado koristi bračk kamen, pa je on ugrađen i u zgradu Hrvatske narodne banke u Zagrebu, Račićev mauzolej u Cavtatu, palaču Meštrović u Splitu, Hrvatski dom likovnih umjetnika (Meštrovićev paviljon) u Zagrebu i mnoge druge objekte.

O suvremenom dobu i značaju kamenarstva na otoku Braču govore i podaci o gospodarskoj djelatnosti na otoku. Tijekom 2006. godine svaki je peti zaposlenik na otoku bio zaposlen u kamenarstvu, a u nekim je naseljima poput Nerežiča, Pučišća i Selca gotovo 60% zaposlenika radilo u toj djelatnosti. Podaci iz Rudarsko-geološke studije pokazuje da čak 14% površine otoka Brača predstavljaju potencijalne

površine za dobivanje arhitektonsko-građevnog kamena (usporedno za poljoprivredu 6% površine). Dakle, podaci o potencijalu korištenja prostora i zaposlenosti lokalnog stanovništva govore o tome da je kamenarstvo za otok Brač i neke njegove općine najznačajnija djelatnost, značajnija čak i od poljoprivrede ili turizma, kako u prošlosti tako i danas [16].

5.3. Klesarska škola u Pučišćima

Na otoku Braču osnovana je Prva dalmatinska klesarska zadruga u Pučišćima 1902. godine, a u Selcima 1905. s namjerom okupljanja zanatlija i kamenoloma, te razvitka kamenarstva i klesarstva. Prva pilana s dva gatera izgrađena je 1903. u predjelu uvale Luke u Pučišćima, a zatim 1928. godine u Selcima. Razvitkom zadruga pojavila se potreba za organiziranim školovanjem klesara. Već 1906. godine u suradnji s Obrtničkom školom u Splitu organizirani su tečajevi klesarstva i polažu se ispiti za klesare u Pučišćima. Do tada se klesarski zanat prenosio s majstora klesara na njegove učenike zvane *kalfe*. Takav način poučavanja nije mogao zadovoljiti potražnju, koja je nastala pojavom mehanizacije, te se 2. siječnja 1909. godine otvara Škola usavršavanja za šegrte u Pučišćima. Obrtnička škola u Selcima započinje s radom 1907. godine, te s prekidom tijekom 1. svjetskog rata radi do 1943. godine. Nakon 2. svjetskog rata kamenarstvo se opet pokreće, pa se kamenolomi 1947. godine objedinjuju u poduzeće "Brač", kasnije poznato pod nazivom "Jadrankamen". Iste godine započinje s radom Klesarska škola u Pučišćima.

Prvi prostori škole bili su smješteni na lokaciji u vlasništvu Prve dalmatinske klesarske zadruge (današnja Storo pilana), a nakon toga bliže centru mjesta i crkvi, na lokaciji pod nazivom "*Granier*". Današnja školska zgrada prepoznatljiva je po svom ulazu (Sl 7), i brojnim vrijednim predmetima od kamena koje su izradili učenici uz vodstvo svojih mentora [17] .

U školi se od njezinih početaka, pa sve do danas njeguje tradicionalna ručna obrada kamena starim rimskim alatom, koriste se tzv. "*zubati*" alati. Danas je Klesarska škola poznata ne samo u Hrvatskoj nego i Europi. Učenici ove škole već su imali samostalne izložba učeničkih radova (Zagreb, 1994., Pariz, 1995.). Sudjelovali su na sajmu kamena (Verona, 1998. i Nurenberg, 1999.). Radionicu Klesarske škole godišnje posjeti do 9000 posjetitelja tijekom turističke sezone.

Klesarska škola u Pučišćima obilježila je 110. godišnjicu postojanja 2019. godine. Na portalu škole stoji uklesan tekst:

"Moje je posol častan i fin
Mene zovu škarpelin".





a) b)

Sl. 7. Klesarska škola u Pučišćima: **a)** ulaz u školu, **b)** kamena vaza

Zbog svoje bogate prošlosti i očuvanja kamenarske i klesarske baštine otoka Brača, te ljubavi otočana prema "*branju*" i klesanju kamena sigurno će jednako uspješno djelovati i u budućnosti.

6. Zaključak

Na prostorima današnje Hrvatske "*bere*" se i koristi prirodni kamen u raznim graditeljskim, arhitektonskim, klesarskim i kiparskim zahvatima i izričajima od antičkih vremena do danas. Južna Dalmacija s otocima i Istarski poluotok bogati su kvalitetnim arhitektonsko-građevnim kamenom i rezervama koje unatoč stoljetnoj eksploataciji još nisu iscrpljene. Pored toga, na istim geografskim prostorima postoji i kontinuirana tradicija obrazovanja odgovarajućih profesionalaca i umjetnika. Ne treba uopće dvojiti, da kamenarstvo ima svoju perspektivu i u budućnosti, te da će predstavljati vrlo važan gospodarski segment u gradovima koji žive za kamen i od kamena stoljećima, a ljubav prema tome prenose na sljedeće naraštaje kroz posao, umjetnost i očuvanje tradicije.

Neki od kamenoloma, iako već zatvoreni, imaju vrlo konkretne oblike prenamjene, zbog čega se koriste u turističke i druge svrhe. Primjerice, najstariji kamenolom

istarskog poluotoka, Vinkuran koristi se za održavanja raznih događanja poput izložbi, kazališnih predstava i drugih sličnih događanja. Zbog svoje izvanredne akustičnosti "*Cavae Romane"* su postale prostor za održavanje vrhunskih koncerata. U kamenolomu Kirmenjak, čiji se kamen i dalje zbog svoje iznimne ljepote i svojstava koristi za obnovu Venecije, održavaju se međunarodne kiparske radionice, a najpoznatija je pod vodstvom kiparske škole *Montraker*. U kamenolomu Grožnjan-Kornerija dobiva se podatan kamen i mjesto je održavanja kiparskih simpozija. U kamenolomu Kanfanar imaju također vrlo ozbiljne planove o budućoj namjeni podzemnih prostorija, koje će ostati nakon vađenja kamena podzemnom metodom.

Može se, dakle, zaključiti da će kamen i kamenarstvo, kako su oduvijek predstavljali izvor i radost života u svim područjima bogatih ležišta prirodnog kamena, to isto predstavljati i u budućnosti bilo kroz eksploataciju i preradu kamena bilo razvojem drugih djelatnosti, a ponad svega njegujući tradiciju umjetničkog izražavanja u kamenu i o kamenu.

Literatura

[1] Dunda, S., Kujundžić, T., Globan, M. & Matošin, V.: Eksploatacija arhitektonsko-građevnog kamena – Digitalni udžbenik (2001), *Dostupan na* http://rgn.hr/~tkorman/nids_tkorman/Kamen/knjiga.html *Pristupljeno*: 2020-02-10

[2] HRN EN 12440 Natural stone – Denomination criteria. *European Standard* (2017)

[3] Tomašić, I.; Lukić, D.; Peček, N.; Kršinić, A.: Dynamics of capillary water absorption in natural stone, *Bulletin of Engineering Geology and the Environment,* **Vol.** 70 (2011) 4., str. 673–680

[4] Crnković, B. i Jovičić, D.: Dimension stone deposits in Croatia. *Rudarsko-geološko-naftni zbornik,* **Vol**. 5 (1993), str. 139-163

[5] Crnković, B.: Hrvatski prirodni kamen na tržištu u okviru europskih normi. *Rudarsko-geološko-naftni zbornik*, **Vol. 11** (1999), str. 61-72, ISSN 0353-4529

[6] Cotman, I.: Kamenolomi – jučer, danas, sutra. U *"Kamen" Pazin : Spomen knjiga o 50. godišnjici rada 1954. – 2004.* "Kamen" d.d. Pazin, ISBN 953-99760-3-0, Pazin (2006), str. 114-159

[7] Ministarstvo gospodarstva, poduzetništva i obrta: *Popis aktivnih eksploatacijskih polja u Republici Hrvatskoj, Dostupno na*: https://gospodarstvo.gov.hr/UserDocsImages/public/documents/Popis%20aktivnih%20eksploatacijskih%20polja%20mineralnih%20sirovina.pdf, *Pristupljeno:* 2020-02-10

[8] Šimunić Buršić, M., Aljinović, D., Cancelliere, S.: Kirmenjak-Pietra d'Istria: a preliminary investigation of its use in Venetian architectural heritage, U *Building stone decay: From Diagnosis to Conservation,* Geological Society, London, 2007, Special Publications 271, str. 63–68

[9] Hrvatski geološki Institut (HGI): Geološka karta Republike Hrvatske M 1:300000 (2009) – Zavod za geologiju. *Dostupno na:* http://webgis.hgi-cgs.hr/gk300/default.aspx, *Pristupljeno*: 2020-02-10

[10] Tišljar, J.: Onkolitni i stromatolitni vapnenci u donjokrednim sedimentima Istre (Oncolites and stromatolites in Lower Cretaceous carbonate sediments in Istria (Croatia, Yugoslavia). *Geološki vjesnik*, **Vol.** 30 (1978) Br. 2, str. 363–382

[11] Tišljar, J., Vlahović, I., Matičec, D., Velić, I.: Platformni facijesi od gornjeg titona do gornjega alba u zapadnoj Istri i prijelaz u tempestitne, klinoformne i rudistne biolititne facijese donjega cenomana u južnoj Istri, ekskurzija B (Platform Facies from the Upper Tithonian to Upper Albian in Western Istria and Transition into Tempestite, Clinoform and Rudist Biolithite facies of the Lower Cenomanian in Southern Istria, Excursion B), *1st Croatian Geological Congress, Excursion Guide-Book*, *Vlahović I, Velić I , str. 67-110, 1995*

[12] Crnković, B.: The origin of the dimension stone of the Arena in Pula, *Rudarsko-geološko-naftni zbornik*, **Vol**. 3 (1991), str. 63-67

[13] Russell, B. i Glicksman, K.: Noviji radovi na rimskim kamenolomima blizu Korčule i na Braču, *Vjesnik za arheologiju i historiju dalmatinsku*, **Vol**. 108 (2015), str. 223-144

[14] Cambi, N.: Herkul na Braču, *Klesarstvo i graditeljstvo*, **Vol**. 1-2 (2013),str. 5-19

[15] Didolić, P.: Historijski bračkі kamenolomi, U *KAMEN: Brač Jadrankamen,* Jadrankamen, ISBN 953-98913-0-2, Brač, Pučišća (2002), str. 249-267

[16] Plastić, T., Ribarović, D., Ribarović, Z.: Elaborat ekoloških i gospodarskih mjera održivog razvoja kamenarstva otoka Brača, 2006.

[17] Plastić, T.: Godišnje aktivnosti u Klesarskoj školi u Pučišćima na otoku Braču – Pripreme za obilježavanje 110. godišnjice škole i XXIII. Simpozija kamenara, *Vijesti Hrvatskoga geološkog društva*, **Vol.** 55/2 (XLV), str. 4-13, ISSN 1330-1357.

Razvoj studija elektroenergetike na Sveučilištu u Zagrebu

Prof. dr. sc. **Igor Kuzle**, član suradnik HATZ-a,
Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva, igor.kuzle@fer.hr

Sažetak: *Zavod za visoki napon i energetiku Fakulteta elektrotehnike i računarstva u Zagrebu osnovan je 1934. godine, a u 2019. godini proslavio je 85 godina postojanja. U svojoj dugogodišnjoj povijesti iznjedrio je mnoge poznate stručnjake koji su ostavili neizbrisiv trag u elektroprivrednoj djelatnosti. Na zavodu se izučavaju i unapređuju područja proizvodnje, prijenosa, razdiobe i uporabe električne energije, obnovljivi izvori energije, napredne elektroenergetske mreže, problemi gospodarenja i trgovanja električnom energijom te područje nuklearnog inženjerstva. Zavod je vodeća institucija iz područja elektroenergetike u široj regiji, ima dugotrajnu suradnju s gospodarstvom, a prepoznatljiv je po znanstvenoj djelatnosti. Na zavodu se provode istraživanja u skladu s najvišim međunarodnim standardima što je rezultiralo s velikim brojem objavljenih radova u svjetski relevantnim časopisima, mnogobrojnim znanstvenim projektima te suradnjom s mnogim poznatim institucijama i sveučilištima.*

Ključne riječi: *Zavod za visoki napon i energetiku, elektrotehnika, elektroenergetika.*

1. Uvod

Na Zavodu za visoki napon i energetiku istražuju se i unaprjeđuju područja proizvodnje, prijenosa, distribucije i uporabe električne energije, energetske učinkovitosti, visokonaponskog inženjerstva, obnovljivih izvora energije, naprednih mreža, problema upravljanja elektroenergetskim sustavima, nuklearnog inženjerstva i sigurnosti i električne energije trgovanje. Zavod je vodeća institucija u području elektroenergetike u regiji, ima dugotrajnu suradnju s elektroprivrednim i industrijskim poduzećima, a prepoznat je po svojim znanstvenim aktivnostima i velikom broju objavljenih znanstvenih radova u svjetski relevantnim časopisima, kao i brojni domaći i međunarodni znanstveni projekti. Tijekom godina Zavod je nastavio svoj razvoj posvetivši se trajnom unapređenju kurikula elektroenergetike.

2. Povijest zavoda

2.1 Tehnički fakultet, osnutak Zavoda i studij Jake struje

Kraljevska Visoka tehnička škola, iz koje je kasnije nastao Tehnički fakultet, utemeljena je odlukom Povjereničkog vijeća Kraljevstva SHS 10. prosinca 1918., a svoje prve studente prihvatila je 1. listopada 1919. Bila je jedna od prvih visokih tehničkih škola u jugoistočnoj Europi. Uz ostale odjele, škola je imala i Elektroinženjerski odjel te se 1919. godina može smatrati početkom nastave i studija elektrotehnike u Hrvatskoj. Dana 31. ožujka 1926. kr. Visoka tehnička škola transformirana je u sveučilišni fakultet koji je pridružen Sveučilištu u Zagrebu i preimenovan u Tehnički fakultet [1]. Već se u ak. g. 1921/22. pojavljuju prvi predmeti iz područja elektroenergetike kada honorarni nastavnik **ing. Edgar Montina** predaje predmet Uredba električnih centrala i mreža, a u ak. g. 1926/27. **ing. Miroslav Plohl** predaje predmete Prijenos i razdioba električne energije, Jaka struja te Jaka struja, vježbe u laboratoriju. Zanimljivo je spomenuti da se od početka studija pa do ranih 60-tih godina 20. stoljeća, pod utjecajem njemačkog načina studija zadržala podjela studija i nastave na dva osnovna smjera: jaka i slaba struja.

Kao prvi stalni nastavnik iz područja elektroenergetike zaposlen je istaknuti **ing. Juro Horvat**, izvanredni profesor na Univerzitetu u Ljubljani, koji dolazi na Tehnički fakultet u Zagrebu u ljetnom semestru ak. g. 1932/33., gdje je izabran za redovitoga profesora. Nakon dolaska Juro Horvat u ak. g. 1933/1934. preuzima predavanja iz kolegija Prijenos i razdioba električne energije te uvodi nove predmete Proizvodnja električne energije i u ak. g. 1936/1937. Prolazni pojavi u električnim napravama. Iste ak. godine kolegij Prijenos i razdioba električne energije razdvaja



Juro Horvat, dipl. ing., rodio se 17. travnja 1882. u Gospiću, gdje je završio pučku školu. Gimnaziju je završio u Vinkovcima 1900. godine. Elektrostrojarstvo je diplomirao u Grazu na Tehničkoj visokoj školi 1904. Nakon diplomiranja radio je u tvornicama oko Stutgarta, Ženevi, i kao ravnatelj društva "Energos" u Beču. Radio i na prvoj slovenskoj HE "Fala" na Dravi. Od 1924. je predavač na Tehničkom fakultetu u Ljubljani, a od 1932. na Tehničkom fakultetu u Zagrebu. Osnivač je Zavoda za visoki napon 1934. godine, istraživao je problemima vezane za elektrifikaciju i elektrane, a objavio je radove u časopisu Electrotechnik und Maschinenbau. Jedan je od utemeljivača Banovinskog elektrotehničkog poduzeća 1937. u Zagrebu. Umirovljen je 1947., a preminuo je u Zagrebu 18. travnja 1954. godine.

se na dva kolegija; Prijenos električne energije i Razdioba električne energije. Nakon smrti profesora Miroslava Plohla 1939. godine, na predmetu Jaka struja se kao honorarni predavač angažira **ing. Anton Dolenc**.

Dolaskom prof. Horvata ispunjeni su preduvjeti za osnivanje Zavoda. Zavod za visoki napon i energetiku osnovan je odlukom Fakultetskog vijeća Tehničkog fakulteta na 129. redovitoj sjednici održanoj 26.06.1934. Pod točkom 13 dnevnog reda sjednice (Sl 1) je prijedlog prof. ing. Jure Horvata za osnivanje Laboratorija za visoki napon iz kojeg je nastao današnji Zavod za visoki napon i energetiku. Kao predstojnik katedre za proizvodnju, prijenos i razdiobu električne energije prof. Horvat osniva Zavod, kako bi omogućio laboratorijski rad u nastavi za studente, kao i znanstveno-istraživački i stručni rad djelatnika. On je postao prvi predstojnik Zavoda (Tablica 1). Njegovim djelovanjem prikupljeno je nešto instrumentacije i opreme te časopisa i knjiga što je bila preteča osnivanju zavodskih laboratorija i knjižnice.

Tablica 1. Predstojnici Zavoda za visoki napon i energetiku

	Predstojnik zavoda	**Mandat**	
1.	Prof. ing. Juro Horvat	1934.-1943.	– Od njegovog osnutka Zavod je vodilo 14 predstojnika. – Osnivač Zavoda i njegov prvi predstojnik bio je prof. ing. Juro Horvat. – Najduži mandat kao predstojnik je obnašao prof. dr. sc. Božidar Stefanini koji je vodio zavod pune 24 godine, a u ak. g. 1958/59. istovremeno je obnašao dužnost dekana Fakulteta i predstojnika Zavoda. – U ak. g. 2002/03. uvodi se i funkcija zamjenika predstojnika zavoda.
2.	Prof. ing. Vladimir Žepić	1948.-1952.	
3.	Prof. dr. sc. Božidar Stefanini	1952.-1976.	
4.	Akademik prof. dr. sc. Hrvoje Požar	1976.-1978.	
5.	Prof. dr. sc. Mario Padelin	1978.-1982.	
6.	Doc. Željko Zlatar	1982.-1986.	
7.	Prof. dr. sc. Danilo Feretić	1986.-1990.	
8.	Prof. dr. sc. Vladimir Mikuličić	1990.-1994.	
9.	Prof. dr. sc. Vjekoslav Filipović	1994.-1998.	
10.	Prof. dr. sc. Zdravko Hebel	1998.-2002.	**Zamjenik predstojnika zavoda**
11.	Prof. dr. sc. Slavko Krajcar	2002.-2006.	Prof. dr. sc. Nenad Debrecin
12.	Prof. dr. sc. Nenad Debrecin	2006.-2010.	Prof. dr. sc. Tomislav Tomiša
13.	Prof. dr. sc. Tomislav Tomiša	2010.-2014.	Prof. dr. sc. Igor Kuzle
14.	Prof. dr. sc. Igor Kuzle	2014.-	Prof. dr. sc. Davor Grgić

Broj:3877-1934

P O Z I V

na 129 redovnu sjednicu Savjeta Tehničkog fakulteta Univerziteta Kraljevine Jugoslavije u Zagrebu za utorak dne 26 juna 1934 u 16 sati.

Dnevni red:

1/ Čitanje zapisnika 128 redovne sjednice.

2/ Izvještaj dekana.

3/ Izvještaji starješina.

4/ Izbor dekana za 1934/35 školsku godinu.

5/ Predlog prof.dra Njegovana i dra ing.Hanamana da se univ.docent dr ing.Krajčinović Matija postavi za vanrednog profesora za katedru za Organsku kemijsku tehnologiju / II čitanje/.

6/ Predlog prof.ing.Plohla i ing.Horvat Jure,da se univ.docent Dr Lončar Josip postavi za vanrednog profesora za katedru za Osnove elektrotehnike i električna mjerenja /Teorijsku elektrotehniku i električna mjerenja/ /II čitanje/.

7/ Predlog prof.dra Njegovana i dra Plotnikova da se dr.ing.Prelog Vladimir postavi za univerzitetskog docenta za katedru za Organske hemiju. /II čitanje/.

8/ Predlog Arhitektonsko-inženjerskog otsjeka,da se predavanja iz Uredjenja gradova /Urbanizma/ 2 § 2 u zimskom semestru i 2 + 4 u ljetnom semestru povjere arh.Hribar Stjepanu kao honorarnom nastavniku uz propisani honorar po održanom času /II čitanje/.

9/ Predlog Gradjevno-inženjerskog otsjeka da se predavanja iz Arhitekture za gradjevinare 2 + 0 u zimskom i 2 + 2 u ljetnom semestru povjere ing.Denzler Juraju kao honorarnom nastavniku uz propisani honorar po održanom času /II čitanje/.

10/ Predlog prof.dr ing.Hanamana i prof.ing.Stipetića da se vanredni profesor ing.Sahnazarov Artemij izabere i postavi za redovnog profesora na katedri za Mehaničku tehnologiju /I čitanje/.

11/ Predlog Arhitektonsko-inž.otsjeka i Gradjevno-inž.otsjeka da se raspiše Stečaj za popunjenje jednog mjesta vanrednog profesora na katedri za Statiku konstrukcija.

12/ Predlog prof.ing.Plohla da se osnuje Laboratorij za slabu struju.

13/ Predlog prof.ing.Horvat Juze,da se osnuje Laboratorij za visoki napon.

14/ Izvještaj Kuratorija, izbor članova Kuratorija zaklada Dra Jurja Žerjavića i za unutarnje uredjenje.

15/ Izbor pretstavnika Tehničkog fakulteta u Odbor Univerzitetske biblioteke.

16/ Eventualija.

U Zagrebu,dne [illegible] juna 1934

Prodekan:

Dr.Njegovan,v.r.

Sl. 1. Dnevni red 129. redovite sjednice Fakultetskog vijeća Tehničkog fakulteta

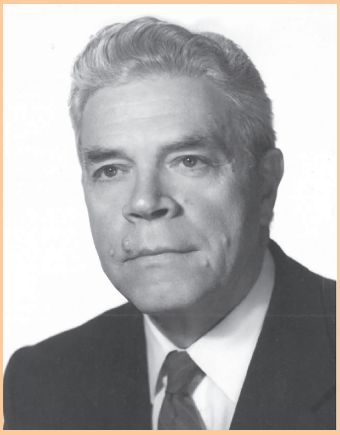
Ubrzo počinje Drugi svjetski rat tijekom kojeg djelatnost Zavoda stagnira, prof. Horvat odlazi u inozemstvo, radi čega je prisilno umirovljen 1943. godine. Nakon svršetka rata vraća se u Zagreb, pokušava se ponovo aktivirati na fakultetu ali ne nastupa na dužnost, već početkom 1947. godine konačno odlazi u mirovinu.

Nakon svršetka drugog svjetskog rata djelatnost Zavoda se ponovno budi, najprije uz pomoć honorarnih nastavnika **Mladena Dokmanića, dipl. ing.**, od ljetnog semestra 1945/46, koji je poslije postao stalnim nastavnikom; i **Fedora Jelušića, dipl. ing.** od zimskog semestra ak. g. 1946/47. do kraja zimskog semestra ak. g. 1947/48. U to vrijeme je veliki broj studenata upisao Sveučilište jer se potreba zemlje za inženjerima brzo povećavala. U ak. g. 1948/49. za stalnog nastavnika u zvanju izvanrednog profesora dolazi **Vladimir Žepić, dipl. ing.** koji tada postaje i predstojnikom Zavoda. Prof. Žepić je istovremeno bio i dekan elektrotehničkog odsjeka Tehničkog fakulteta.

Vladimir Žepić rodio se 1894. godine u Osijeku, a prije dolaska na Zavod radio je kao inženjer u gradskoj električnoj centrali i bio ugledni redoviti član Rotary Club Zagreb. Godine 1945. postaje prvi tehnički rukovodilac Električnog poduzeća Hrvatske (ELPOH). Bio je prvi podpredsjednik komiteta JUKO CIGRE osnovanog 1949 godine. S Fakulteta odlazi kao politički nepodoban prisilom tadašnje vlasti potkraj zimskog semestra 1951/52. Preminuo je 1971. godine.

Uskoro potom dolaze u Zavod novi nastavnici, koji će za dulje razdoblje biti nositelji razvoja Zavoda i Fakulteta i koji će dati pečat ugledu Zavoda u širim razmjerima. U početku ljetnog semestva ak. g. 1949/50. mjesto docenta u Zavodu dobiva **Božidar Stefanini, dipl. ing.**, a 1951. godine za asistenta i honorarnog nastavnika izabran je **Hrvoje Požar, dipl. ing.** Nakon prisilnog odlaska prof. Žepića s Fakulteta predstojnik Zavoda početkom šk. g. 1952/53. postaje Božidar Stefanini.

Od početka pedesetih godina počinje intenzivan razvoj Zavoda, što su omogućili bolji prostorni uvjeti. Zavod je u prvo vrijeme bio smješten u jednu, a poslije u dvije prostorije na Roosweltovom trgu br. 6. Godine 1950. preseljen je u prvi kat zgrade u Vukotinovićevoj ulici br. 2, gdje dobiva dovoljno prostora pa su osim ureda za djelatnike i predavaonica uređeni i laboratoriji, od kojih je najznačajniji Laboratorij za tehniku visokog napona instaliran 1954. godine, za čije postavljanje ima velike zasluge honorarni nastavnik **Boris Markovčić, dipl. ing.** Odmah se uvodi praktikum koji studenti obavljaju u 6 eksperimentalnih vježbi. U Zavodu je 1953. instaliran i foto-laboratorij za izradu dijapozitiva, koji se koriste kao projekcije na predavanjima. Studij Jake struje je bio devet semestralni, a uvode se i izborni predmeti sa svrhom usmjerenja studenata.



Dr. sc. Božidar Stefanini rodio se u Splitu 18. listopada 1913. Diplomirao je 1937. na Tehničkom fakultetu u Zagrebu. Do 1950. radio na uvođenju visokonaponske mreže od 110 kV u elektroprivredi Jugoslavije, a potom je prešao na Tehnički fakultet u Zagrebu, gdje je 1954. doktorirao. Za redovitoga profesora na Elektrotehničkom fakultetu (ETF) u Zagrebu izabran je 1959. Bio je predstojnik Zavoda za visoki napon (1952–76) i dekan 1958/59. Jedan je od utemeljitelja Sveučilišnoga računskog centra (SRCE) i jedna od najzaslužnijih osoba za nabavu, instaliranje i uvođenje u nastavu elektroničke računalne opreme, prvoga računala IBM1130 na ETF-u u Zagrebu. Predavao je kolegije Prijenos električne energije, Tehnika visokog napona i Stabilnost prijenosa električne energije. Autor je prvih knjiga o programiranju u Fortranu IV. Dobio je Nagradu za znanstveni rad »Nikola Tesla« (1972). Profesor Stefanini preminuo je u Zagrebu 2. ožujka 1991.

U sklopu studija Jaka struja u ak. g. 1950/51. osnovana su dva smjera: Elektroindustrijski i Elektroprivredni. Zavod za visoki napon postaje nosilac nastave u Elektroprivrednom smjeru. Posebna pozornost posvećuje se i stručnom radu, što se provodi uz sve opsežniju suradnju s privredom. U to doba oživljava znanstveni rad, i to ne samo pojedinih članova Zavoda, nego i Zavoda kao cjeline uz korištenje sve bogatije laboratorijske opreme i knjižnice. U to se vrijeme u rad Zavoda, kao vanjski nastavnik, uključuje i **Branko Jemrić, dipl. ing.** dugogodišnji tehnički direktor tvornice TEŽ iz Zagreba, ali kasnije i dugogodišnji honorarni nastavnik na Fakultetu, koji predaje predmet Električna rasvjeta.

Dr. sc. Hrvoje Požar, rodio se u Kninu 5. srpnja 1916. godine. Diplomirao 1939. na Tehničkom fakultetu u Zagrebu. Radio je kao projektant i elektroenergetski dispečer (1946–51), a zatim na Elektrotehničkom odjelu Tehničkoga fakulteta (poslije Elektrotehnički fakultet), na kojem je doktorirao 1955. te postao redoviti profesor 1960. i dekan (1960/62. i 1968/70). Bio je i predstojnik Zavoda za visoki napon i energetiku, utemeljio je Zagrebačku energetsku školu. Od 1965. izvanredni, od 1975. redoviti član te od 1978. glavni tajnik JAZU (danas HAZU). G. 1970–72. prorektor Sveučilišta u Zagrebu, od 1976. glavni urednik Tehničke enciklopedije (od V. do XII. sv.). Djelovao je i u Institutu za elektroprivredu, iz kojega se 1994. izdvojio današnji Energetski institut »Hrvoje Požar«. Član Ustavne komisije RH 1990. Dobio je mnoge nagrade, odlikovanja i priznanja, među ostalim i Nagradu za znanstveni rad »Nikola Tesla« (1963). Profesor Požar preminuo je u Zagrebu 30. lipnja 1991.



2.2 Elektrotehnički fakultet – ETF, 1956. g.

Odlukom Sabora Narodne Republike Hrvatske, 26. travnja 1956., nekadašnji Tehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu podijeljen je na četiri nova fakulteta, a samostalno djelovanje Elektrotehničkog fakulteta započelo 1. srpnja 1956. godine. To je bio početak treće, moderne faze u razvoju elektrotehnike u Hrvatskoj, koju je karakterizirao burni razvoj elektronike, elektroenergetike, elektroprivrednih postrojenja, automatizaciju, komunikacije i računarstvo. Prvi samostalni nastavni plan **ETF-1** počeo se na Fakultetu primjenjivati od ak. g. 1959/60. u predmetnom nastavnom planu i dalje postoje usmjerenja Jaka struja i Slaba struja. Najznačajnija promjena je smanjenje satnice koja je smanjena na prosječnih 30 sati tjedno s obzirom na 40 sati tjedno koliko je iznosila prema nastavnom planu iz 1950/51. Prosječno opterećenje studenata izravnom nastavom od 30 sati tjedno održalo se do današnjih dana pa se možemo diviti vizionarstvu tadašnjih nastavnika koji su prepoznali pravu mjeru opterećenja studenata još prije skoro 60 godina.

Da bi odgovorio temeljnim ciljevima obrazovanja, zahtjevima vremena i potrebama društva, Fakultet je do danas sedam puta mijenjao svoj nastavni plan i program. Osma promjena plana i programa je u tijeku, uvedena u ak. g. 2018/19. na preddiplomskom studiju, a uvođenje na diplomskom studiju je planirano u ak. g. 2021/2022.

Nakon osamostaljenja fakulteta uvjeti za rad Zavoda značajno se poboljšavaju, posebice nakon preseljenja u novoizgrađenu zgradu C na šesti kat 1963. godine. Fakultetske zgrade na današnjoj lokaciji (Unska 3, Zagreb) završene su i opremljene zgrada A 1961. g., C 1963. g. i B 1965. g. U to doba Zavod, uz već spomenuti Laboratorij visokog napona ima i laboratorije za električna postrojenja za prijenos električne energije, za električnu rasvjetu i za relejnu zaštitu. Posebice su dobro opremljeni Laboratorij za visoki napon (300 m^2) i Laboratorij za električna postrojenja (200 m^2) koji su dobili odgovarajući prostor u novoizgrađenoj zgradi B. Raspoloživi prostor u zgradi C omogućio je uređenje dobro opskrbljene knjižnice Zavoda koja je potkraj šezdesetih godina raspolagala s oko 2000 knjiga, a godišnje primala oko 40 različitih časopisa. Značajno je naglasiti da već na početku šezdesetih godina počinje u Zavodu korištenje digitalnih elektroničkih računala za rješavanje problema u elektroenergetici, pa se instaliranjem računala IBM 1130 u fakultetskom Računskom centru to odmah odrazilo na širokoj primjeni računala u nastavi te stručnoj i znanstvenoj djelatnosti Zavoda. Za sve to naročite zasluge imaju profesori Božidar Stefanini i Hrvoje Požar, čijom se zaslugom i nastava stalno osuvremenjuje prateći svjetska dostignuća.

Poslijediplomska nastava za stjecanje znanstvenog stupnja magistar znanosti započeta je u Zavodu u ak. g. 1964/65. U usmjeravajućem dijelu poslijediplomskog studija Jaka struja Zavod vodi nastavu iz predmeta: Vladanje generatora u pogonu,

Regulacija frekvencije i napona, Raspodjela opterećenja u elektroenergetskim sistemima, Izgradnja elektroenergetskog sistema, Zasnivanje visokonaponskih mreža, Metode proračuna mreža, Relejna zaštita, Stabilnost prijenosa električne energije, Nadzemni vodovi, Prenaponi u električnim mrežama, Ispitivanje udarnim naponima, Pogon hidroelektrana i Pogon termoelektrana.

U ak. g. 1967/68. na Fakultetu novim nastavnim planom **ETF-2** uveden je studij s tri smjera: elektroenergetika, elektronika te elektrostrojarstvo i automatizacija. Studij je i dalje četverogodišnji u prve dvije zajedničke godine za sve studente. Prema planu ETF-1 smanjen je broj predmeta koje drže nastavnici s Fakulteta strojarstva i brodogradnje, a povećan je broj elektrotehničkih predmeta (uvode se predmeti Prenaponska zaštita i Relejna zaštita, dok predmet Mreže i instalacije postaje Razdioba električne energije) također značajno se povećao broj izbornih predmeta nastavi sudjeluju novi nastavnici **Mario Padelin**, **Milan Šodan** i Željko Zlatar. Nastava se dijeli na predavanja i vježbe.

Nako samo tri godine uslijedila je sljedeća promjena nastavnog plana provedena u ak. g. 1970/71. kada je prihvaćen **ETF-3**. Elektroenergetika opet jedan od triju smjerova. Promatrano u cjelini opaža se jačanje temeljnih predmeta kojih je nositelj Zavod za visoki napon. Novi su predmeti: Osnove energetike i Elektroenergetski sistemi. Od dvosemestralnog predmeta Prijenos električne energije postali su predmeti Električni vodovi i Visokonaponske mreže, a redovnim postaje predmet Niskonaponske mreže i instalacije. Izborni predmeti se popunjavaju predmetom Nuklearna energetika, a iz tog područja se na popisu nalaze još tri predmeta, što daje naslutiti da se javlja zametak budućeg smjera Nuklearne energetike. Također, se znatno povećava broj izbornih predmeta iz područja elektroenergetskih mreža. U sedamdesetim godinama provedena je smjena nastavnika na temeljnim predmetima Zavoda, pa od tada obavezne predmete predaje nova generacija nastavnika. Uz prethodno spomenute nastavnike, to su **Vjekoslav Filipović**, **Srđan Babić**, **Mirjana Urbiha-Feuerbach** i **Vjekoslav Srb** (honorarni nastavnik). Uvođenjem plana ETF-3 počelo se razlikovati auditorne vježbe od laboratorijskih vježbi, a uvode se i konstrukcijske vježbe kojima je za cilj bila izrada jednostavnijih stručnih projekata od strane studenata.

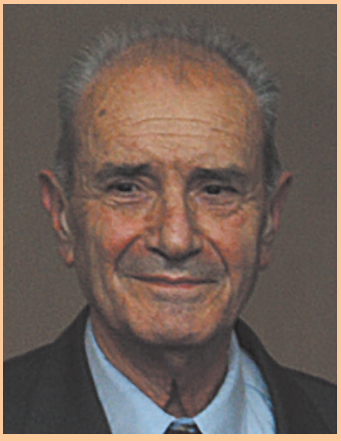
2.3 Zavod za visoki napon i energetiku, 1978. g.

Godine 1978. Zavod mijenja dotadašnji naziv Zavod za visoki napon u Zavod za visoki napon i energetiku. Istraživački rad na Zavodu se značajno unaprijedio nabavkom elektroničkog računala 1980. godine. Predmetno računalo se koristilo u tri smjene i redovito se pravio raspored njegovog korištenja. U ak. g. 1978/79. uveden je novi nastavni program, **ETF-4**, u kojem je Elektroenergetika jedan od osam smjerova. Važno je naglasiti da je u nastavni program ETF-a uveden i smjer Nukle-

arna energetika radi obrazovanja elektrotehničkih inženjera iz nuklearne problematike, za čim se ukazala potreba zbog gradnje NE Krško. Za razvoj smjera osobito je zaslužan **Prof. dr. sc. Danilo Feretić**. Na smjeru elektroenergetika uvodi se novi predmet Energetski procesi.

Elektroenergetika se u četvrtoj nastavnoj godini grana u tri usmjerenja: Izgradnja i pogon elektroenergetskih sustava; Upravljanje elektroenergetskim sustavom te Opća energetika.

Usmjerenje Izgradnja i pogon elektroenergetskog sustava najmanje se razlikuje od prethodnog programa ETF-3. U usmjerenje Upravljanje elektroenergetskim sistemom uvedeno je nekoliko predmeta iz područja regulacije, automatizacije i digitalne elektronike: Regulacija u elektroenergetskom sistemu, Upravljanje u elektroenergetskom sistemu, Digitalno upravljanje. U usmjerenje Opća energetika uvedeni su predmeti koji obrađuju materiju koja se ne odnosi samo na probleme električne energije već i na sve oblike energije: Energetski izvori, Energetski sistemi i bilance, Ekonomika u energetici. Smjer Nuklearna energetika se od ak. g. 1990/91. transformira u smjer Energetske tehnologije.



Dr. sc. Danilo Feretić rodio se u Omišlju, 13. listopada 1930. Diplomirao 1954. na Tehničkom fakultetu u Zagrebu, poslijediplomski studij završio u Engleskoj, doktorirao je 1967. na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu. Radio u Institutu za elektroprivredu u Zagrebu 1954–55., Institutu za nuklearne nauke »Boris Kidrič« u Vinči 1959–63., Energoinvestu u Sarajevu 1963–67., Institutu za nuklearna ispitivanja u Egiptu 1967–74., u zagrebačkoj Elektroprivredi 1974–82. bio je tehnički ravnatelj nuklearne elektrane Krško u izgradnji. U Zagrebu se 1968. zaposlio na Fakultetu strojarstva i brodogradnje gdje je 1979. postao redoviti profesor. Iste godine prelazi na Elektrotehnički fakultet gdje u mandatu 1992–94 obnaša dužnost dekana, a profesor emeritus postaje 2002. Objavio je više knjiga. Dobitnik je nagrada je »Nikola Tesla« (1991), »Fran Bošnjaković« (1997) i »Ruđer Bošković« (1998), te Državne nagrade za životno djelo (2007). Profesor Feretić preminuo je u Zagrebu 22. rujna 2019.

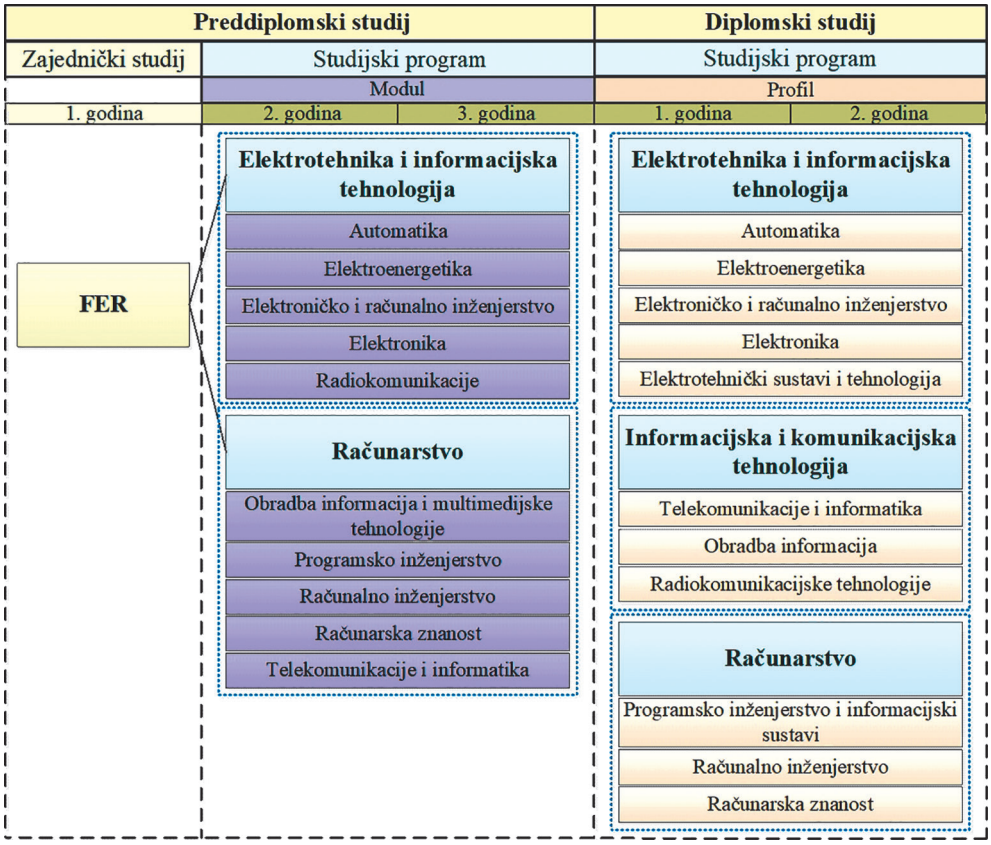
Tijekom osamdesetih godina Zavod se razvija povećanjem broja mladih nastavnika koji su preuzeli novije kolegije: **Zdravko Hebel**, **Vladimir Tuk**, **Vladimir Mikuličić**, **Sejid Tešnjak**, **Slavko Krajcar**, **Nikola Čavlina** i **Ivo Uglešić**. Razvoj Zavoda se prepoznaje kroz opsežniju suradnju s gospodarstvom te u međunarodnoj stručnoj i znanstvenoj suradnji te razmjeni i posjetima eksperata i stručnjaka, posebice s obzirom na proširenje djelatnosti na područje nuklearne energetike. Sve je to uvjetovalo i znatno povećanje broja zavodskih suradnika.

Nova fakultetska zgrada D, izgrađena je uz potporu industrije i vlade SFRJ 1989. godine gdje se Zavod preseljava na drugi kat i djeluje do današnjih dana. Izgradnju D zgrade vodio je bivši dekan ETF i djelatnik Zavoda, profesor Milan Šodan. Tijekom 1991. godine obnovljena je mjerna i računarska oprema čime je značajno unaprijeđen znanstveno istraživački rad na zavodu, uvedeni su i suvremeni načini izvođenja nastave, a nabavljen je i veći broja suvremenih programskih paketa za elektroenergetske analize. Od tada svaki član Zavoda raspolaže s računalom, a zahvaljujući tome kasnija, sve razgranatija suradnja s gospodarstvom, omogućuje daljnju nabavu novih, sve suvremenijih računala, što pridonosi daljnjem unapređenju rada u Zavodu. Tijekom domovinskog rata bilo je poteškoća u radu i izvođenju nastave, prvenstveno zbog učestalih uzbuna, no tijekom tog perioda sastavljen novi nastavni programa koji dobiva naziv **FER-1** nakon preimenovanja fakulteta.

2.4 Fakultet elektrotehnike i računarstva – FER, 1995. g.

Elektrotehnički fakultet je 7. ožujka 1995. godine preimenovan u Fakultet elektrotehnike i računarstva. Razlog promjene naziva je ubrzani razvoj računarstva. Prvo godište studenata započinje nastavu po FER-1 u ak.g. 1994./95. Općenita je karakteristika toga nastavnog programa znatno veća izbornost nastave (na smjeru Elektroenergetika studenti umjesto dotadašnjih 13 sati upisuju 40 sati izbornih predmeta) kako bi se studentima omogućila bolja prilagodba zahtjevima tržišta rada. Određeni broj izbornih predmeta je s drugih smjerova. U organizacijskom smislu provedena je sljedeća promjena: umjesto dotadašnjih smjerova Elektroenergetika i Energetske tehnologije, uveden je jedinstveni smjer Elektroenergetika s dva usmjerenja: Energetski sustavi i Energetske tehnologije, dok su usmjerenja iz ETF-4 ukinuta. Zavod se kadrovski znatno širi zapošljavanjem novih suradnika, kao nositelji predmeta pojavljuju se **Ante Marušić**, **Tomislav Tomiša**, **Davor Škrlec**, **Nenad Debrecin** i **Ivica Pavić**.

Fakultet je nastavio razvoj posvetivši se trajnom unapređenju kurikula. Ubrzo je uslijedila i druga promjena nastavnog plana (**FER-2**) uvjetovana Bolonjskom deklaracijom. Bolonjsku deklaraciju potpisalo je 1999. godine 29 europskih država, usvojivši novi sveučilišni obrazovni sustav kroz tri studija: preddiplomski (prvostupnici), diplomski (magistri struke u slučaju inženjerstva) i doktorski studij (doktori znanosti). Danas se Bolonjski proces provodi u nacionalnim kvalifikacijskim okvirima 47 europskih zemalja, uključujući Hrvatsku. Na Fakultetu elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu, to uključuje trogodišnji preddiplomski, a zatim dvogodišnji diplomski program i trogodišnji doktorski studij [8]. Preddiplomski program se izvodi kroz dva studija podijeljena na module, a diplomski program kroz tri studija podijeljena na profile. Elektroenergetika je modul na preddiplomskom i profil na diplomskom studiju Elektrotehnike i informacijske tehnologije. Struktura programa FER-2 predočena je na Sl 2.



Sl. 2. Nastavni program FER-2

Budući da je individualizacija nastave koju polaznici pohađaju jedan od glavnih ciljeva Bolonjske reforme, svaki se profil sastoji od pet obaveznih kolegija, dva laboratorijska kolegija i najmanje 13 izbornih predmeta. Dodatna motivacija za uvođenje laboratorijskih kolegija, npr. Laboratorij Elektroenergetike 1 i 2, jest povećati važnost laboratorijskih vježbi u diplomskim studijima. Kad su laboratorijske vježbe bile samo dio teorijskih predmeta, studenti su se uglavnom usredotočili na teorijski dio ispita, jer su ti dijelovi donosili najviše bodova u ukupnoj ocjeni predmeta. Mali broj bodova koje su studenti mogli skupiti na laboratorijskim vježbama marginalizirao je njihov značaj. Uvođenjem laboratorijskih kolegija otklonilo je taj nedostatak prethodnog diplomskog programa FER-1 budući da su se prepoznala tri nedostatka inženjerskog obrazovanja: potrebu za općim tehničkim znanjem, potrebu za praktičnijim iskustvom i višu razinu profesionalne svijesti. Glavni je cilj laboratorijski usmjerene nastave omogućiti studentima primjenu i testiranje teorijskih znanja koja su savladali u prethodnim godinama studija. Laboratorijski kolegiji omogućuje im razvoj praktičnih vještina iz različitih područja energetike u kontroliranom okruženju. Nadalje, studentima se pruža mogućnost izvođenja eksperime-

nata i testova koji bi u protivnom bili preskupi ili gotovo nemogući u stvarnom elektroenergetskom sustavu.

Zavod je u okviru nastavnog plana FER-2, uveo mnoštvo novih predmeta, stručnih za modul i profil Elektroenergetika, ali i transverzalnih za potrebe cijelog fakulteta. Transverzalni su predmeti: Okoliš i održivi razvoj i Upravljanje rizicima. Za sve studente elektrotehnike i informacijske tehnologije to je i stručni predmet Energijske tehnologije.

3. Zavod danas

Nakon 2000. godine nastavlja se kadrovsko širenje Zavoda, a kao mladi nastavnici nastupaju **Zdenko Šimić**, Željko Tomšić, **Davor Grgić**, **Igor Kuzle**, **Marko Delimar**, **Viktor Milardić** i **Juraj Havelka** koji su i danas njegova okosnica. Svi navedeni nastavnici nositelji se razvoja u nastavnom, stručnom i znanstvenom dijelu unaprijedili su i suradnju s gospodarstvom i međunarodnu suradnju. Zavod se kontinuirano osuvremenjuje opremom i programskom potporom ulaganjem vlastitih sredstva, zarađenih suradnjom s gospodarstvom ili iz domaćih i međunarodnih znanstvenih projekata. Tim se projektima omogućio i kadrovski rast Zavoda zapošljavanjem doktoranada, poslijedoktoranada i stručnih suradnika. Od 2014. godine počela je smjena generacija na Zavodu koja traje i danas, u posljednjih nekoliko godina zaposleni su mladi docenti **Hrvoje Pandžić**, **Siniša Šadek**, **Tomislav Capuder**, **Ivan Rajšl** i **Božidar Filipović-Grčić**. Predmetno pomlađivanje donijelo je pregršt novih ideja i značajno otvaranje prema europskoj i svjetskoj znanosti što je rezultiralo velikim brojem znanstvenih projekata, velikim ulaganjima u laboratorijsku infrastrukturu, unaprjeđenjem nastave kao i održanjem stručne aktivnosti kroz suradnju s gospodarstvom.

Na Zavodu su tijeku **24 znanstvena projekta** i to: 10 međunarodnih (5 H2020, 4 Bilat, 1 Erasmus+) i 14 nacionalnih (8 HRZZ, 4 EFRR, 2 ESF) te veliki broj projekata s gospodarstvom (više od 30 projekata). Na zavodu je ustrojeno pet istraživačkih laboratorija:

- **Laboratorij za napredne elektroenergetske mreže** (engl. Smart Grid Laboratory – SGLab), voditelj prof. dr. sc. Igor Kuzle;
- **Laboratorij za tržišta i burze energije i emisija** (engl. Laboratory for Energy and Environmental Markets and Exchanges – LEEMaE), voditelj prof. dr. sc. Željko Tomšić
- **Laboratorij za atmosferska pražnjenja** (engl. Atmospheric Phenomena Laboratory – APPLY), voditelj prof. dr. sc. Ivo Uglešić

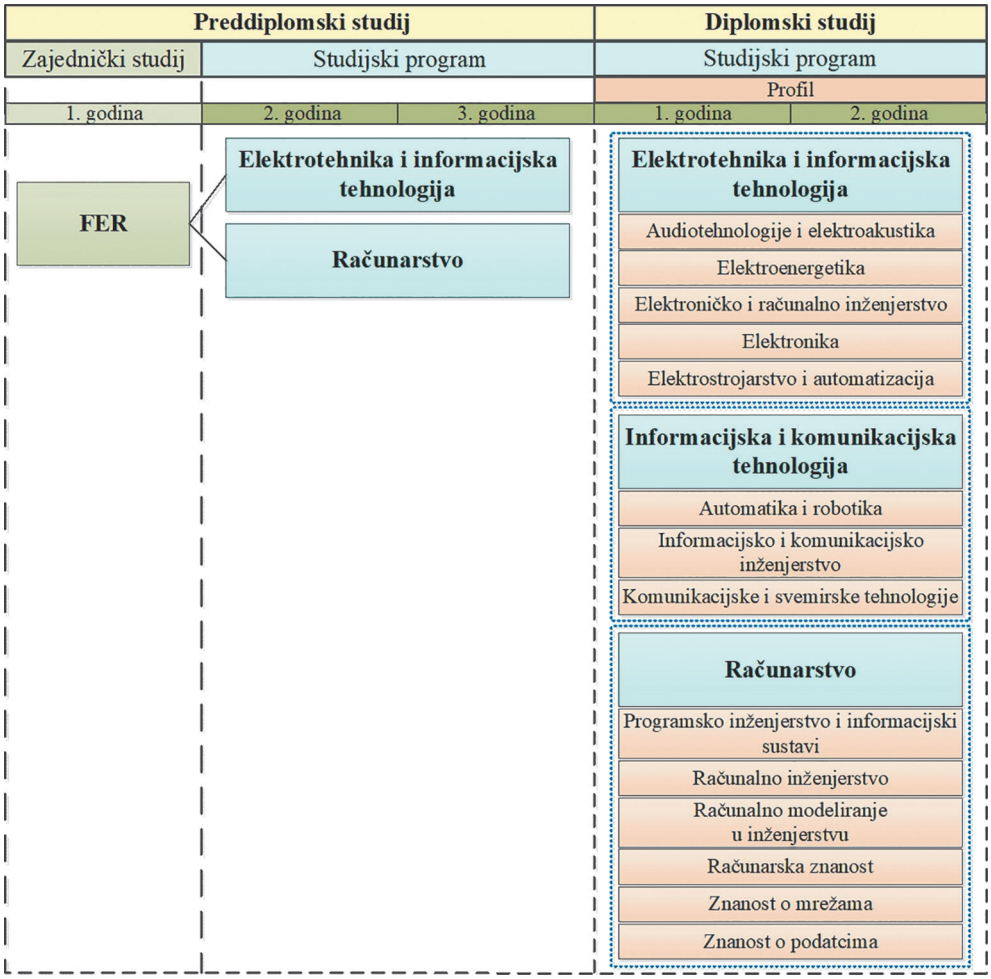
- **Laboratorij za nuklearnu energiju i sigurnost** (engl. Laboratory for Nuclear Energy and Safety – LNES), voditelj prof. dr. sc. Ivo Uglešić
- **Laboratorij za zaštitu elektroenergetskog sustava** (engl. Power System Protection Laboratory – PSP Lab), voditelj prof. dr. sc. Juraj Havelka.

Trenutno je na Zavodu zaposlen 61 djelatnik od toga 12 redovitih profesora, dva izvanredna profesora i četiri docenta te tri poslijedoktoranda, 18 asistenata, tri istraživača, dva mlada istraživača, 13 zavodskih suradnika, dva laboranta i dva administratora. Od mladih kolega iz državnog proračuna ih se financira samo šestero te dva laboranta i tajnica, a na **međunarodnim i domaćim projektima zaposleno je 34 djelatnika**. Generacijska struktura Zavoda je sljedeća: 32 djelatnika su mlađa od 30 godina, 10 je mlađe od 40 godina, četvero mlađih od 50 godina, petero mlađih od 60 godina te 11 starijih od 60 godina (šestero više od 65 godina). Starosna struktura je više nego zadovoljavajuća, zbog dobrog odnosa iskustva i mladosti.

3.1 Nastavne aktivnosti na Zavodu

Na FER-u je u tijeku osma promjena nastavnog programa koja je na preddiplomskom studiju, uvedena u ak. g. 2018/19. i trenutno se provodi na prvoj i drugoj godini studija, a uvođenje na diplomskom studiju je planirano u ak. g. 2021/2022. Od promjena prema FER-2 programu, a radi omogućavanja bolje interdisciplinarnost na preddiplomskom studiju su ukinuti moduli, a studenti na drugoj godini biraju između studija Elektrotehnike i informacijske tehnologije i Računarstva. Prva je godina i dalje ostala jednaka za sve studente FER-a. Na diplomskom studiju je napravljeno najviše promjena kako bi se studij osuvremenio i izbjegla preklapanja u gradivu između različitih kolegija. Struktura novog nastavnog programa predočena je na Sl 3.

Kurikul elektroenergetike: Zavod je pokušao uskladiti novi nastavni program studija s aktualnim svjetskim trendovima razvoja elektroenergetike i srodnih struka. Prema novom nastavnom programu FER-3 na profilu Elektroenergetika će se uz klasičnu elektroenergetiku i veliku izbornost, studenti moći opredijeliti za jedan od tri modula (Tablica 2). Ukoliko studenti izaberu jedan od modula smanjiti će im se izbornost predmeta, te će morati upisati predmete propisane za svaki modul. Nakon završetka studija na diplomi će im pisati Magistar inženjer elektrotehnike, profil Elektroenergetika, Modul npr. Obnovljivi izvori energije. Ukoliko student ne izabere niti jedan od ponuđenih modula umjesto obavezna tri predmeta sam će izabrati predmete prema vlastitoj želji i tada mu na diplomi neće biti naveden modul.



Sl. 3. Nastavni program FER-3

Tablica 2. Moduli i obavezni predmeti

Napredne elektroenergetske mreže	Obnovljivi izvori energije	Nuklearne tehnologije
Uvod u naprednih mreže	Dinamika fluida i prijenos topline	Nuklearna fizika
Komunikacijski protokoli u naprednim mrežama i zaštitne sheme	Energetska učinkovitost i odziv potrošnje	Nuklearno inženjerstvo
Kibernetička sigurnost ili Analiza velike količine podataka	Regulacija i integracija obnovljivih izvora energije	Nuklearna sigurnost

Na Kolegiju Zavoda za visoki napon i energetiku odlučeno je da će se Diplomski studij Elektroenergetike prema nastavnom programu FER-3 izvoditi na Engleskom jeziku. Više je razloga za takvu odluku:

- Uslijed Erasmus+ programa Europske unije i ostalih sporazuma o suradnji na diplomski studij nam dolazi sve više stranih studenata što otežava izvođenje nastave i često formiranje dvaju grupa za domaće i strane studente.
- Broj upisanih studenata na studij Elektrotehnike i informacijske tehnologije posljednjih godina je u padu jer se većina studenata odlučuje na studij Računarstva zbog boljih primanja nakon završetka studija.
- Veliki broj domaćih studenata upisuje predmete koji se trenutno predaju na Engleskom jeziku zbog povećanja vlastite konkurentnosti na tržištu rada u Europi.

Veliki korak prema internacionalizaciji studija napravljen je 2018. godine potpisom sporazuma o studentskoj mobilnosti između Sveučilišta u Zagrebu i FER-a s jedne strane te North China Electric Power University iz Pekinga s druge strane. Predmetnim sporazumom FER se obavezao prihvatiti određeni broj kineskih studenata na jednogodišnje usavršavanje, što je rezultirao činjenicom da je u ak. g. 2019/20. devet kineskih studenata došlo na studij Elektroenergetike. To je ubrzalo tranziciju prema izvođenju cjelokupnog studija na Engleskom jeziku, a u ovoj ak. g. na Engleskom jeziku već se izvodi 12 kolegija.

3.2 Ostale nastavne aktivnosti na Zavodu

Svi nastavnici Zavoda su uključeni u izvođenje Doktorskog studija na FER-u, na kojem sudjeluju u izvođenju 26 doktorskih kolegija. Osim do sada navedenih studija djelatnici Zavoda su uključeni i u nekoliko specijalističkih poslijediplomskih studija osnovanih na FER-u. Tako je Zavod nositelj specijalističkog studija Željeznički elektrotehnički sustavi (voditelj **Viktor Milardić**) koji se provodi od 2012. godine. Temeljni je razlog za pokretanje studija obrazovanje specijalista koji će unaprijediti razvoj, projektiranje, proizvodnju i održavanje komponenata željezničkih elektrotehničkih sustava primjenom suvremenih metoda i spoznaja, a za što su potrebna interdisciplinarna znanja. Dio djelatnika je uključen u izvedbe druga dva specijalistička studija: Transformatori i Upravljanje projektima.

Veliki broj djelatnika Zavoda aktivno je uključen u izvođenje nastave na dislociranom preddiplomskom studiju Sveučilišta u Zagrebu, Studij energetske učinkovitosti i obnovljivih izvora u Šibeniku. Na predmetnom studiju uz djelatnike FER-a sudjeluju i djelatnici Fakulteta strojarstva i brodogradnju u Zagrebu, a studij je osnovan prije pet godina. Svake godine oko 10-ak studenata nakon završetka preddiplomskog studija u Šibeniku nastavljaju diplomski studij na FER-u na profilu Elektroenergetika.

Nekoliko djelatnika sa Zavoda sudjeluje i u izvođenju Vojnih studija u koje je FER značajno uključen, kao i u izvođenju nastave na sveučilišnom studiju Fakulteta strojarstva, računarstva i elektrotehnike u Mostaru s kojim Sveučilište u Zagrebu ima ugovor o suradnji.

4. Zaključna razmatranja

Tijekom minulih 85 godina od utemeljenja Zavoda kao sastavnice Tehničkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu (1934.–1956.), Elektrotehničkog fakulteta (1956.–1995.) i Fakulteta elektrotehnike i računarstva (od 1996. do danas) zbivali su se u njemu i njegovu širokom okruženju veliki događaji, neki i povijesni. Mijenjale su se države, prolazili ratovi, mijenjali su se društveni sustavi, ekonomski i međunarodni odnosi, nastavni planovi i programi, organizacija Sveučilišta i fakulteta. Mijenjale su se lokacije, zgrade, predavaonice i laboratoriji, kabineti i ljudi, a najviše i najbrže promjene bile su u razvoju novih tehnologija u nastavi te stvaranju mogućnosti za znanstvena istraživanja i unapređenja sveukupnog nastavnog rada na fakultetu. Događale su se i mnoge druge manje ili više poznate promjene, koje su obilježile prošlost i utjecale na sadašnjost Zavoda. Zavod kao jedan od najstarijih instituta, u području tehničkih znanosti na Sveučilištu u Zagrebu i FER-u, u svemu je tome sudjelovao na vrlo specifičan način i ostavio mnogo rezultata koji su i danas aktualni.

U članku je prikazan razvoj studija elektroenergetike i matičnog Zavoda od osnutka 1934. do današnjih dana. Intenzivan razvoj Zavoda počinje u 1950. g. Uvode se novi kolegiji u skladu s novim nastavnim planovima. Grade se laboratoriji. Razvija znanstveni i stručni rad. Osim povijesnog razvoja Zavoda, pregleda razvoja kurikula te najistaknutijih djelatnika dane su i smjernice budućeg razvoja Zavoda kroz uvođenje novog nastavnog programa FER-3 te unaprjeđenje praktične nastave sa studentima kroz razvoj suvremenih laboratorija u skladu s kurikulom usklađenim s Bolonjskom deklaracijom.

Literatura

[1] Kuzle, I.: Department of energy and power systems – 80 years of success in science, teaching and cooperation with industry, *Journal of Energy*, **Vol.** 64 (2015) 1-4, str. 3-28, ISSN 0013-7448

[2] Stefanini, B.: Pedeset godina Zavoda za visoki napon i energetiku Elektrotehničkog fakulteta u Zagrebu, *Elektrotehnika*, **Vol.** 28 (1985) 1-2, str. 3-6, ISSN 0013-5844

[3] Šodan, M.: Studij elektroenergetike i njegov razvoj u Zagrebu, *Elektrotehnika*, **Vol.** 28 (1985) 1-2, str. 7-10, ISSN 0013-5844

[4] *Spomenica 1919. – 1969., 50 godina studija elektrotehnike u Hrvatskoj*, Tehnička knjiga, Zagreb, (1969)

[5] *Spomenica, Tehnički fakulteti 1919.-1994.*, Sveučilište u Zagrebu, ISBN 953-6002-00-0, Zagreb, (1994)

[6] Ban, D. *90 godina Zavoda za elektrostrojarstvo i automatizaciju, 1925-2015*, FER, ISBN 978-953-184-211-2, Zagreb, (2015)

[7] Šodan, M.; Filipović, V.; Tešnjak, S.; Marušić, A.; Tomiša, T.; Kuzle, I.; Dizdarević, N.; Erceg, R.; Zelić, R.; Skok, S. & Havelka, J.: Upravljanje, regulacija i zaštita elektroenergetskog sustava, *EGE: energetika, gospodarstvo, ekologija, etika*, **Vol.** 7 (1999) 2, str. 91-93, ISSN 1330-0628

[8] Kuzle, I.; Havelka, J.; Pandžić, H. & Capuder, T.: Hands-On Laboratory Course for Future Power System Experts, *IEEE Transactions on Power System*s, **Vol.** 29 (2014) 4, str. 1963-1971, ISSN 0885-8950

[9] Kuzle, I.; Jurković, K. & Pandžić, H. Razvoj laboratorija za električna postrojenja, *Zbornik 12. savjetovanja HRO CIGRÉ*, Filipović-Grčić, B. (urednik), str. 1-9 (ref. C6-06), ISSN 1849-5346, Šibenik, Studeni 2015, HRO CIGRÉ, (2015)

100 godina studija elektrotehnike na Sveučilištu u Zagrebu

Prof. dr. sc. **Boris Kviz**, član emeritus HATZ-a,
Odjel komunikacijskih sustava

Sažetak: *U radu je prikazan razvoj studija elektrotehnike od osnutka Visoke tehničke škole 1919. godine do današnjih dana. Navedeni su najvažniji nastavnici koji su obilježili pojedina razdoblja studija. Prikazan je ustroj Fakulteta i njegove promjene kroz stotinu godina postojanja. Posebna pozornost posvećena je današnjem Fakultetu elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu i njegovoj strategiji za budući razvoj. Prikazana je snažna povezanost Fakulteta elektrotehnike i računarstva i Akademije tehničkih znanosti Hrvatske od njezinog osnutka do danas.*

Ključne riječi: *elektrotehnika, studij, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva*

1. Razvoj studija elektrotehnike u Zagrebu 1919.-1956.

Na inicijativu Društva inženjera i arhitekata iz 1898. godine počeci studija elektrotehnike u Zagrebu javljaju se tek 1919. godine, osnutkom Visoke tehničke škole i njenog Elektroinženjerskog odjela. Predavanja elektrotehničkih predmeta započinjala su tek u petom semestru, dok su cijelim studijem dominirali predmeti iz područja strojarstva. Prve školske godine na Elektroinženjerskom odjelu, upisano je 18 studenata, a u treću nastavnu godinu (1921./22.) upisuje se 8 studenata.

Od školske godine 1922/23 predmet Osnove elektrotehnike osim za Elektroinženjerski odjel, uvodi se i na Strojarskoinženjerski i Brodogradevinskoinženjerski odjel. Kao prvi nastavnici izvan profesorskog vijeća navode se inž. Rajmund Fantoni ("Osnove elektrotehnike"), dr. Josip Lončar ("Teoretska elektrotehnika i optika"), inž. Edgar Montina ("Uredba električnih centrala i mreža"), te R. Tijanić ("Radiotelegrafija"). Godine 1924. osnovan je Laboratorij za električna mjerenja, kojemu je predstojnik dr. Josip Lončar.

Godine 1926. Visoka tehnička škola proglašena je Tehničkim fakultetom Sveučilišta u Zagrebu, a elektrotehnika se predaje na Elektrostrojarskom odjelu. Prevlada-

vaju strojarski predmeti, a sve elektrotehničke predmete predaju dva nastavnika, dr. Josip Lončar (Osnove elektrotehnike, Električna mjerenja, Uvod u radio) i Miroslav Plohl (Jaka struja, Prijenos i razdioba električne energije, Akumulatori.) Studenti imaju veliko tjedno opterećenje (preko 40 sati).

Zavod za elektrotehniku osnovan je ak. god. 1928./29., a predstojnik mu je bio prof. inž. Miroslav Plohl. Za novi je Zavod izgrađena posebna zgrada.

Akademske godine 1932./33. s Tehničkog fakulteta u Ljubljani na Tehnički fakultet u Zagrebu dolazi prof. inž. Juro Horvat i uvodi predmete Proizvodnja električne energije i Prelazne pojave u električnim napravama.

Ak. god. 1936./37. uvodi se predmet Slaba struja pod vodstvom prof. Plohla.

Ak. god., 1937./38. dr. Josip Lončar imenovan je redovitim profesorom.

U to vrijeme postojala su tri Zavoda: Zavod za elektrotehniku (od 1925./26.), Zavod za visoki napon (od 1934./35.) i Zavod za slabu struju (od 1938./39.), te jedan laboratorij (Laboratorij za osnove elektrotehnike) vođen od prof. Lončara. Laboratorij je bio u sklopu Zavoda za elektrotehniku, i opremljen vrhunskim instrumentarijem, što je omogućavalo intenzivan znanstveni, stručni i nastavni rad.

Godine 1939. na Fakultet dolazi inž. Anton Dolenc, najprije kao honorarni nastavnik, a od godine 1946. kao redoviti profesor za predmet Teorija i gradnja električnih strojeva na smjeru Jaka struja. Iste godine uvodi se smjer Slaba struja, kao posljedica brzog razvoja navedene grane.

Elektrotehničke predmete u to vrijeme predaju redoviti profesori Lončar i Dolenc, te honorarni nastavnici Petar Butković, Mladen Hegedušić i Mladen Dokmanić. Kasnije im se priključuju Vinko Albert, Božidar Stefanini, Đuro Švarc, Vladimir Matković, Tihomil Jelaković, Hrvoje Požar i Vladimir Muljević (do 1953./54.).

Opće i posebne predmete predaju profesori s drugih odjela: Davorin Bazjanac (Mehanika), Danilo Blanuša i Željko Marković (Matematika), Fran Bošnjaković (Termodinamika), Konstantin Čališev (Čvrstoća), Alfred Heim (Elementi strojeva), Juraj Justinijanović i Vilko Niče (Nacrtna geometrija), Vatroslav Lopašić (Fizika), Dragutin Horvat i Artemije Šahnazarov (Mehanička tehnologija).

Ak. godine 1949./50. studij se produljuje na 9 semestara, da bi se ubrzo vratio na 8 semestara, pa zatim opet povećao na 9 semestara, i ostao u tom obliku do 1959. godine.

Ak. godine 1951./52. uvode se izborni predmeti za bolje usmjeravanje studenata.

Osnivaju se novi zavodi, a mnogi više puta mijenjaju naziv. Od dotadašnja četiri nastaje devet zavoda:

1. Zavod za osnove elektrotehnike i električna mjerenja
2. Zavod za elektrostrojarstvo
3. Zavod za osnove i mjerenja na slaboj struji
4. Zavod za elektroniku
5. Zavod za visoki napon
6. Zavod za telekomunikacije
7. Zavod za emisione uređaje
8. Zavod za elektroakustiku
9. Zavod za regulacionu i signalnu tehniku

Od osnutka studija do ak. godine 1955./56. na Sveučilištu u Zagrebu diplomiralo je ukupno 750 inženjera elektrotehnike..

2. Elektrotehnički fakultet (ETF) 1956. godine

Odlukom Sabora NR Hrvatske iz 1956. godine Tehnički fakultet je podijeljen u četiri nova fakulteta, te je tako stvoren Elektrotehnički fakultet (ETF), koji je iste godine počeo s radom. U sustav elektrotehničkog fakulteta ušli su osim elektrotehničkih zavoda i Zavod za primijenjenu matematiku sa svim nastavnicima i suradnicima, te Zavod za fiziku s bivšeg Tehničkog fakulteta. Zavod za fiziku nastavio je održavati nastavu fizike za sve tehničke fakultete. Za prvog dekana ETF-a izabran je prof. Anton Dolenc. Kao prvi na Sveučilištu, Elektrotehnički fakultet godine 1959. donosi i normativnu osnovu svog budućeg rada, Statut.

Načelom "godina za godinu" izbjegnuto je gomilanje studenata na višim godinama uz nepoložene ispite iz nižih godina studija. Začetnik te reforme bio je prof. Hrvoje Požar, uz punu podršku prof. Božidara Stefaninija te svih nastavnika i suradnika. Podršku strožem režimu studija dali su i studenti, uvidjevši prednosti u skraćivanju studija i većoj kvaliteti diplomiranih inženjera.

Uvođenjem nastavnog plana godine 1959./60. uvedena je i obaveza za sve nastavnike da za ponovni izbor ili izbor u više zvanje napišu udžbenik. Tako je već u ak. god. 1966./67. praktički za sve predmete postojao udžbenik ili, eventualno skripta. Kasnije, uvođenjem velikog broja novih predmeta, ta je praksa potpuno napuštena.

Nastava elektrotehnike održavala se na šest različitih mjesta u gradu: Rooseveltov trg, Ulica 8. maja, Savska cesta, Trg maršala Tita, Kačićeva ulica i Klaićeva ulica, što je predstavljalo problem studentima i znatan gubitak vremena. Godine 1959.

Izvršno vijeće Sabora odobrava sredstva za izgradnju Elektrotehničkog fakulteta. Najprije su izgrađene studentske učionice (zgrada A) po projektu ing. arh. B. Tuška (1000 radnih mjesta) koje su dovršene 1961. godine. Te godine započela je gradnja zgrade zavoda s manjim laboratorijima (zgrada C), a iste godine i zgrade s velikim predavaonicama, veliki laboratorijima i dekanatom (zgrada B). Zgrada C dovršena je i useljena 1963., a nastava u novim predavaonicama počela je 1964. godine. Zbog povećanih troškova izgradnje preostalo je malo novaca za nabavku opreme. Ipak oprema je djelomično nabavljena, osobito za treći stupanj nastave, a ujedno i za znanstveni rad. Čak je 1968. godine nabavljeno elektroničko računalo IBM 1130 (danas u Tehničkom muzeju u Zagrebu) za potrebe znanstvenog i nastavnog rada.

Naknadno je (1989. godine) izgrađena i useljena nova zgrada Fakulteta (zgrada D) za potrebe Studentske službe, manje vijećnice, predavaonica i studentski restoran.

Ukupna površina prostorija u novim zgradama Fakulteta iznosi preko 20.000 m^2, što se smatralo da će zadovoljiti potrebe za ukupno oko 1500 studenata.

Nastava III. stupnja (kasnije nazvana Poslijediplomski studij) započela je ak. godine 1961./62. u suradnji s Institutom "Ruđer Bošković" kao studij "Nuklearna elektronika", iako se seminari specijaliziranih područja održavaju već od ak. godine 1956./57. Studij traje dvije godine, a nastava se održava kontinuirano kroz tri mjeseca.

Do ak. godine 1968./69. nazivi ostalih studija su:
- Tehnika i ekonomika automatizacije (interfakultetski studij Elektrotehničkog, Ekonomskog, Strojarsko-brodograđevnog i Tehnološkog fakulteta)
- Elektronika
- Jaka struja
- Elektrokomunikacije

Studij upisuje prosječno 15-30 slušača godišnje za pojedini smjer.

Znanstveno-stručni rad u elektrotehničkoj struci počinje već na Tehničkoj visokoj školi zaslugom i entuzijazmom prof. Lončara. Već 1923. godine izlazi prvo izdanje "Osnova elektrotehnike" u dva dijela koje je godinama bilo jedini elektrotehnički udžbenik kod nas.

On je već 1924. godine osnovao Laboratorij za električna mjerenja, koji je bio i prvi elektrotehnički zavod. Godine 1939. izlazi njegov udžbenik "Uvod u električna mjerenja" kao rezultat praktičnih iskustava. Kao neumorni istraživač 1927. godine izdaje knjigu "Konstrukcija radiostanica za primanje", a 1930. godine ostvaruje televizijski prijem emisije iz Berlina i Londona na srednjim valovima, o čemu

je izvijestio londonski časopis "Television" i berlinski "Fernsehen" iste godine. Godine 1937. izdaje knjižicu "O suvremenoj televiziji". Prof. Lončara možemo zaista smatrati pionirom televizije kod nas. I prije službenog uvođenja, uveo je međunarodne mjerne jedinice u svoje udžbenike. Proučava dozimetriju rentgenskih i gama zraka, istražuje tehniku visokog vakuuma i način njegovog mjerenja. U kasnijim godinama bavi se problemima direktne konverzije energije i supravodljivošću, izradbom supravodljivih magneta, primjenama poluvodiča u elektrotehnici te primjenom masera i lasera u istraživanjima. I nakon umirovljenja redovito je izvještavao svoje kolege nastavnike o rezultatima svojih novijih istraživanja. U znak sjećanja i počasti Fakultet svake godine (od godine 1974.) dodjeljuje Nagradu Josip Lončar u obliku zlatne, srebrne i brončane plakete posebno istaknutim nastavnicima i najboljim studentima.

Nakon II. svjetskog rata, u eri obnove zemlje, mnogi Zavodi Tehničkog, a zatim i Elektrotehničkog fakulteta sudjeluju u razvoju tvornica i industrijskih objekata ("Rade Končar", Željezara Zenica, Željezara Skopje, brojne elektrane, ispitivanja visokonaponske mreže, Tvornica Elka i mnogo drugih).

Suradnja s gospodarstvom ubrzano se razvija u kasnijim godinama (RIZ, Tvornica poluvodiča, Institut "Ruđer Bošković", Tvornica "Nikola Tesla"). Suradnjom dvaju zavoda na Fakultetu je razvijen višekanalni mikrovalni radiorelejni uređaj na 8 GHz, jedan od prvih u Europi. U suradnji s Institutom za elektroniku, telekomunikacije i automatizaciju i Radioindustrijom Zagreb prva serija tih uređaja uspješno je korištena u dugotrajnoj eksploataciji. S Radiotelevizijom Zagreb postoji suradnja od početaka uvođenja televizije u zemlji, od planiranja RTV-doma do planiranja mreže i odašiljača drugog TV programa za područje Hrvatske, Slovenije i Bosne i Hercegovine. Na Fakultetu se projektira i izrađuje nekoliko tipova audiometara i elektroakustičkih aparata za rehabilitaciju nagluhih. Problematika buke predmet je mnogih ekspertiza (RTV Zagreb, Brodogradilište "3. maj" Rijeka, tiskare, tekstilne tvornice).

3. Fakultet elektrotehnike i računarstva (FER) 1995. godine

Svjestan činjenice o povezanosti elektrotehnike i informacijske tehnologije Fakultet već 1968. godine nabavlja računalo IBM 1130 za potrebe nastave i znanstvenog rada. Dolazi do preorijentacije čitave skupine znanstvenika, koji uviđaju nove istraživačke metode u budućnosti. Mijenja se nastavni plan i uvodi niz predmeta za osposobljavanje studenata za zahtjeve modernog doba. Brojnim tečajevima upućuje se stručno i znanstveno osoblje u nove mogućnosti. U sva usmjerenja na Fakultetu uvodi se predmet Elektronička računala I. Za usmjerenje Automatika u nastavnom planu je redoviti predmet Elektronička računala II i izborni predmet

Automatska obrada podataka. Primjena računala proširila se i izvan Fakulteta, pa profesori Požar, Stefanini i Turk pokreću inicijativu za izgradnju Sveučilišnog računskog centra u Zagrebu (SRCE), koji je izgrađen 1971. godine, a 1972. godine pušten je u rad privremeni sustav UNIVAC 1106. U novoj zgradi SRCE-a godine 1974. pušteno je u pogon najveće računalo na ovim prostorima, UNIVAC 1110. Sustav je imao udaljene stanice na desetak fakulteta i znanstvenih ustanova u Zagrebu, te na sveučilištima u Osijeku, Rijeci i Splitu. SRCE je u sedamdesetim i početku osamdesetih godina odigralo iznimno važnu ulogu u obrazovanju velikog broja stručnjaka i znanstvenika za prihvaćanje i uporabu računala u Hrvatskoj. Od samih početaka podupirana je koncepcija umrežavanja, te je tako stvorena podloga za primjenu raspodijeljenih sustava. Danas SRCE, s koncentracijom usavršenih paralelnih struktura i najmodernijim računalima, omogućuje daljnja uspješna istraživanja na tom polju.

Godine 1981. nastavnim planom uvodi se u dodiplomskoj nastavi samostalni smjer Računarske tehnike. Tu su osnovni predmeti: Arhitektura i organizacija digitalnih računala, Memorije, Sustavni programi, Jezični procesori, Elektronička računala. Osim programski orijentiranih predmeta uvode se i predmeti koji studente uvode u napredne primjene računala.

S dodiplomskim studijem usklađen je i poslijediplomski studij računarstva. Na studij je omogućen pristup i diplomantima matematike i srodnih znanosti, što je potaklo i interdisciplinarni znanstvenoistraživački rad. Ustanovljeno je da teorijske, eksperimentalne i projektantske komponente računarstva uključuju:

- teorijske podloge za razumijevanje računalnih naprava, programa i sustava,
- eksperimentalne metode za razradu načela i ispitivanja koncepata,
- metode projektiranja, algoritme i pomagala za praktična ostvarenja i
- metode analize kojima se može ustanoviti da ostvarenja zadovoljavaju postavljene zahtjeve.

Uvidjelo se da je sazrelo vrijeme za uvođenje posebnog studija računarstva, računarstvo je proglašeno znanstvenom disciplinom, a novim nastavnim planom predviđeno je stjecanje stupnja diplomiranog inženjera računarstva. Fakultet dobiva novi naziv Fakultet elektrotehnike i računarstva (FER) 1995. godine, te je proglašen matičnim za polje računarstva, s pravom na provođenje postupaka za stjecanje akademskih naslova magistra i doktora znanosti. Na preddiplomskoj razini postoje dva studija: Elektrotehnika i informacijska tehnologija, te Računarstvo. Na diplomskoj razini uvodi se studij informacijske i komunikacijske tehnologije.

Od akademske godine 2010./11. izvodi se novi doktorski program s manjim udjelom predavanja, a povećanim udjelom istraživanja, s istraživačkim seminarima. Time se povećao broj objavljenih znanstvenih radova i njihova kvaliteta.

4. FER danas

Danas fakultet ima preko 500 zaposlenika, od toga oko 130 redovnih i izvanrednih profesora, te docenata. Oko trećine istraživača financirano je samo od projekata. Ukupni broj studenata je oko 3300, i to na dodiplomskom, diplomskom, doktorskom i specijalističkom studiju.

Posljednji period okarakteriziran je velikim uspjehom Fakulteta u projektima Europske unije, FP7 i Horizon 2020. s preko 25% prihvaćenih projekata u FP7 i 14% u Horizon 2020. FER sudjeluje i u mnogobrojnim projektima izvan FP7, kao npr. projektima COST, te onima raspisanim od Hrvatske zaklade za znanost, s udjelom oko 40% svih projekata tehničkih znanosti, a na Sveučilištu u Zagrebu s udjelom od gotovo 60% u tehničkom području. U razdoblju 2013.-2015. godine Fakultet je pokrenuo 9 bilateralnih projekata s Narodnom Republikom Kinom.

Fakultet je visoko iznad hrvatskog prosjeka, a jednak ili viši od prosjeka EU. Godišnje Fakultet doprinosi državnom proračunu preko 7 milijuna kuna u doprinosima. Fakultet upisuje 650 studenata svake godine, od toga 30% najboljih maturanata u matematici i 40% u fizici dolazi na FER.

Fakultet elektrotehnike i računarstva sačinjen je od 12 zavoda. Zavodi su ustrojbene jedinice, koji koordiniraju istraživačke i nastavne aktivnosti. Svaki zavod jezgra je nastavnog, istraživačkog i znanstvenog rada na pojedinom području ili grani. Zavodi su:

1. Zavod za primijenjenu matematiku
2. Zavod za primijenjenu fiziku
3. Zavod za primijenjeno računarstvo
4. Zavod za osnove elektrotehnike i električka mjerenja
5. Zavod za elektrostrojarstvo i automatizaciju
6. Zavod za visoki napon i energetiku
7. Zavod za telekomunikacije
8. Zavod za elektroničke sustave i obradbu informacija
9. Zavod za automatiku i računalno inženjerstvo
10. Zavod za elektroakustiku
11. Zavod za elektroniku, mikroelektroniku, računalne i inteligentne sustave
12. Zavod za radiokomunikacije

Godišnje dodiplomski studij i oko 500, a diplomski oko 550 studenata.

U suradnji Sveučilišta u Zagrebu i Vlade Republike Hrvatske, FER je organizirao vojnotehnički dio nastave za potrebe Oružanih snaga RH. U nastavi sudjeluje još deset fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, a prvu klasu akademske godine 2014./15. upisalo je 100 kadeta.

Fakultet elektrotehnike i računarstva i Fakultet strojarstva i brodogradnje osnovali su studijski program "Energetska učinkovitost i obnovljivi izvori energije" u Šibeniku, koji je započeo s radom ak. godine 2015./16. s 42 upisana studenta.

Na Fakultetu djeluje Centar za izvrsnost istraživanja za napredne kooperativne sustave (ACROSS istraživački centar), osnovan europskim programom FP7 "Potencijal istraživanja".

Uprava FER-a ugovorila je s IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) pristup bazi podataka njihove elektroničke knjižnice za znanstvene i stručne časopise i knjige (170 časopisa, 2000 e-knjiga, 1400 konferencija, ukupno oko 3,8 milijuna dokumenata). Taj se broj mjesečno povećava za oko 500 knjiga i 20000 dokumenata).

Za poboljšanje istraživačkih aktivnosti u specifičnim znanstvenim područjima na Fakultetu je osnovano preko 26 novih istraživačkih laboratorija.

Godine 2012. na FER-u je osnovan Inovacijski centar sa zadatkom premošćivanja procjepa između napora akademske i istraživačke zajednice te potrebe industrija u stvaranju inovativnih proizvoda (prototipova) za industrijske primjene. Tako će Centar pomoći hrvatskom gospodarstvu, stvaranjem novih proizvoda i stvaranjem prilika za nova zapošljavanja s velikom dodanom vrijednošću i uvođenjem novih tehnologija u hrvatsku industriju. Povećat će se i hrvatsko intelektualno vlasništvo.

Godine 2011. Fakultet je uveo stimuliranje istraživanja i inovacija za poboljšanje njihove kvalitete, te aktivnosti i produktivnosti svojih znanstvenika. Stimulira se priprema startnih programa, priprema programa s fakultetskim sufinanciranjem, objavljivanje znanstvenih članaka u časopisima s natprosječnim faktorom odjeka, industrijski primijenjene inovacije zaštićene patentom, priprema međunarodnih projekata, te istraživače uspješno završenih projekata. U tu se svrhu godišnje izdvaja 30.000 – 35.000 eura.

Naročito istaknute doktorske disertacije nagrađuju se srebrnom plaketom "Josip Lončar" na Dan Fakulteta (u tjednu rođendana prof. Lončara, 21. 11.). Poduzeće "Končar" dodjeljuje nagrade za iznimne doktorske disertacije za znanstvena dostignuća u tehničkoj znanosti s primjenom u industriji.

Poslijediplomski doktorski studij vodi do akademskog stupnja doktora znanosti u znanstvenom polju Elektrotehnike ili u znanstvenom polju Računarstvo. Studij traje tri godine za studente s punim vremenom. Student mora sakupiti najmanje 480 ECTS bodova, uključujući bodove prethodnog visokog obrazovanja, upisivanjem kolegija, polaganjem ispita, istraživanjem i objavom rezultata istraživanja. Studij

upisuje prosječno 50 studenata godišnje u oba polja studija, a toliko ih otprilike i obrani doktorsku disertaciju.

Fakultet nudi i četiri poslijediplomska specijalistička studija: "Željeznički električni sustavi", "Sigurnost informacija" te "Transformatori" u samostalnom izvođenju, dok se studij "Zakonodavstvo elektroničkih komunikacija" izvodi u zajednici s Ekonomskim fakultetom i Pravnim fakultetom Sveučilišta u Zagrebu.

5. FER i HATZ

U Akademiju tehničkih znanosti Hrvatske (HATZ) primljen je znatan broj članova s Fakulteta elektrotehnike i računarstva (FER). Od ukupno 14 Odjela HATZ članovi FER-a zastupljeni su u pet Odjela:
- Odjel za sustave i kibernetiku – 5 članova s FER-a
- Odjel za informacijske sustave – 6 članova
- Odjel za komunikacijske sustave – 7 članova
- Odjel za energetiku – 8 članova
- Odjel za elektrotehniku i elektroniku – 7 članova, ukupno 33 člana

Članovi HATZ-a s FER-a su po kategorijama članstva zastupljeni u ovom broju:
- 16 redovitih članova,
- 9 članova emeritusa i
- 8 članova suradnika.

Mnogi od članova s FER-a obnašali su i obnašaju u Akademiji tehničkih znanosti Hrvatske istaknute dužnosti:

- prof.dr.sc. Stanko Tonković:
  Tajnik Odjela za sustave i kibernetiku (2000.-2003.)
  Podpredsjednik Akademije (2003.-2009.)
  Predsjednik Akademije (2009.-2013.)
  Predsjednik Znanstvenog vijeća Akademije (2010.-2013.)

- prof.dr.sc. Branka Zovko-Cihlar:
  Tajnica Odjela za informacijsku tehnologiju (1994.- 1997.)
  Tajnica Odjela za komunikacijsku tehnologiju (1994.-1997.)
  Tajnica Odjela za komunikacijske sustave (2000.-2005.)
  Zamjenica Predsjednika Znanstvenog vijeća Akademije (2010.-2013.)
  Potpredsjednica Akademije (2005.-2008.)
  Predsjednica Povjerenstva za suradnju s gospodarstvom (1997.-2003.)
  Članica Znanstvenog vijeća Akademije (2013.-2017.)

- prof.dr.sc. Zijad Haznadar:
  Tajnik Odjela za elektrotehniku i elektroniku (1994.-2003.)
- prof.dr.sc. Nedjeljko Perić:
  Predsjednik Povjerenstva za suradnju s gospodarstvom (2013.-2021.)
- prof.dr.sc. Ivan Ilić:
  Predsjednik Povjerenstva za suradnju s inozemnim znanstvenicima (2001.-2003.)
- prof.dr.sc. Davor Bonefačić:
  Tajnik Odjela za komunikacijske sustave (2013.-2021.)
- prof.dr.sc. Sonja Grgić:
  Tajnica Odjela za komunikacijske sustave (2005.-2013.)
- prof.dr.sc. Branko Somek:
  Tajnik Odjela za komunikacijske sustave (1998.-2005.)
- prof.dr.sc. Nikola Čavlina:
  Tajnik Odjela za energetiku (2009.-2017.)
- prof.dr.sc. Slavko Krajcar:
  Tajnik Odjela za energetiku (2003.-2009.)
- prof.dr.sc. Vladimir Mikuličić:
  Tajnik Odjela za energetiku (1999.-2001.)
- prof.dr.sc. Krešimir Fertalj:
  Tajnik Odjela za informacijske sustave (2003.-2013.).

Od članova Akademije s FER-a, sedam su članovi od njenog osnutka 1994.godine, a jedan od članova-utemeljitelja, prof.dr.sc. Zijad Haznadar od 1993. godine.

6. FER u budućnosti

Strategijom razvoja Fakulteta u budućnosti (2019.-2023.) predviđa se unapređenje nastavne, istraživačke i inovacijske djelatnosti. Cilj je osiguranje visoke kvalitete obrazovanja studenata, europska prepoznatljivost studijskih programa, povećanje mobilnosti studenata i nastavnika, te razvoj programa cjeloživotnog obrazovanja. Želi se unaprijediti nove znanstvene ideje za prijenos u hrvatsko gospodarstvo, transfer tehnologija i znanja na poslijediplomskoj razini, te povećanje istraživačke, razvojne i inovacijske djelatnosti.

Suglasno s navedenim teži se povećanju međunarodne razmjene studenata i privlačenje studenata iz inozemstva za studiranje na FER-u, te se u tom cilju pokreće studijski program koji će se izvoditi na engleskom jeziku već od akademske godine 2020./ 21., i to s 30 mjesta za studij Elektrotehnika i informacijska tehnologija i 50 mjesta za studij Računarstvo.

Literatura

[1] *ETF Spomenica 1919.-1969.*, Tehnička knjiga, Zagreb, 1969.
[2] *Tehnički fakulteti 1919.-1994.*, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 1994.
[3] *FER Spomenica 1956.-1996.*, FER, Zagreb, 1996.
[4] *FER Progress Report, 2013/2014, 2014/2015*, FER, Zagreb, 2015.
[5] *Strategija razvoja 2013.-2023.*, FER, Zagreb. 2013.
[6] *HATZ Who is who*, HATZ, Zagreb, 2003.
[7] *Twenty years of the Croatian Academy of Engineering*, *1993-2013*, HATZ, Zagreb, 2014.

Geodezija u Hrvatskoj

Prof. dr. sc. **Miljenko Lapaine**, redoviti član HATZ-a,
Odjel građevinarstva i geodezije, mlapaine@geof.hr

Sažetak: *Geodezija je tehnika i znanost koja se bavi izmjerom i prikazom Zemljine površine, određivanjem Zemljina oblika i njezina polja sile teže. Početke geodetskih aktivnosti na području današnje Republike Hrvatske možemo pratiti zahvaljujući starogrčkim izvorima o podjeli zemljišta. Posebno mjesto među velikanima hrvatske geodezije zauzima Ruđer Josip Bošković (1711–1787) koji je svojim djelom unapređivao znanost i mijenjao znanstvenu sliku svijeta. U Hrvatskoj se geodetsko obrazovanje može steći u srednjim tehničkim školama. Visoko geodetsko obrazovanje i znanstveno-istraživačka djelatnost povezani su s Geodetskim fakultetom Sveučilišta u Zagrebu. Geodetska služba u Hrvatskoj regulirana je zakonima i pravilnicma koje donosi Državna geodetska uprava, a strukovna udruženja su Hrvatska komora ovlaštenih inženjera geodezije, Hrvatsko geodetsko društvo i Hrvatsko kartografsko društvo. Geodezija ima široku primjenu u mnogim područjima.*

Ključne riječi: *geodezija, Hrvatska, Ruđer Bošković, geodetsko obrazovanje, geodetska služba, geodetska strukovna društva, geodetski časopisi*

1. Uvod

Geodezija (geo– + grč. δαήω, δαείω: učiti, upoznati, saznati) je tehnika i znanost koja se bavi izmjerom i prikazom fizičke Zemljine površine, određivanjem oblika Zemlje i njezina polja sile teže. Glavni predmet istraživanja u geodeziji je geodetska izmjera zemljišta i Zemlje. Osnovne grane geodezije su primijenjena geodezija, satelitska, fizikalna i pomorska geodezija, fotogrametrija i daljinska istraživanja, kartografija i geoinformatika.

Geodetski radovi na području današnje Republike Hrvatske obavljani su od davnina. Tako je primjerice Starogradsko polje na otoku Hvaru zaštićeni kulturni krajolik u kojem je antička grčka podjela zemljišta sačuvana do današnjih dana kao sustav putova i terasiranih parcela. Riječ je o najbolje sačuvanom antičkom grčkom katastru na Sredozemlju zbog čega je od 2008. godine hrvatski lokalitet koji se nalazi na UNESCO-vu Popisu svjetske baštine.

Još jedan dokaz starosti geodezije u Hrvatskoj je lumbardska psefizma, starogrčki povijesni dokument epigrafskog karaktera iz 3. stoljeća. Psefizma je na kamenoj steli čiji je gornji završetak profiliran. Stela je od domaćeg crvenkasto-smeđeg vapnenca. Psefizma se sastoji od dva dijela, a jedan od njih je zaključak kojim je narodna skupština utemeljila koloniju i podijelila zemlju doseljenicima.

Herman Dalmatin (12. st.) preteča je hrvatske znanstvene geodezije. Između ostaloga preveo je 1143. godine Ptolemejevo djelo *Planisphera*. Marin Getaldić (1568–1626) u svom djelu *De resolutione et compositione mathematica* objavljenom u Rimu 1630., pored rješavanja drugih problema iznosi i svoj prijedlog načina, određivanja Zemljine veličine. Taj je način geodetski, bez potrebe astronomskih mjerenja. Newtonov opći zakon gravitacije, kao i mnoga druga otkrića, slijedio je iz raznih ranijih znanstvenih rasprava, osobito tumačenja plime i oseke, čemu su vidni doprinos pored Keplera (*Astronomia nova*, 1609) dali i hrvatski znanstvenici: Frederik Grisogono (1473-1538) (*De modo collegionali* …, 1528), Nikola Sagroević (?–1573) (*Regionamenti* …, 1574) i Franjo Petriš (1529–1597) (*Nova universis philosophia*, 1593). Marko Antun Gospodnetić–Dominis (1560–1624) u djelu *Euripus seu de fluxu et refluxu maris sententia*, Romae 1624, tumači i uspoređuje djelovanje Mjeseca i Sunca na morske vode s magnetskom silom.

2. Ruđer Bošković i geodezija

Među svim hrvatskim znanstvenicima Ruđer Josip Bošković (1711–1787) ističe se neusporedivim djelom koje je ne samo unapređivalo znanost nego je mijenjalo znanstvenu sliku svijeta. Nedovoljno je poznato da je dio života posvetio geodeziji (Lapaine 2008, 2016). U razdoblju 1750–85, u epohi ručne izrade instrumenata, postigao je zapažene uspjehe u konstrukciji i verifikaciji optičkih, astronomskih i geodetskih instrumenata. Izumio je kružni mikrometar, bavio se pogrešakam leća i njihovim uklanjanjem te poboljšanjem optičkih sprava. Za određivanje loma i rasapa svjetlosti konstruirao je spravu nazvanu vitrometar. Predložio je vrstu dalekozora napunjenu vodom i izradio je optičke prizme s promjenljivim kutom.

Prilično se rano počeo baviti problemima oblika i veličine Zemlje (*De veterum argumentis pro telluris sphaericitate* – O dokazima starih za sferni oblik Zemlje, 1739; *Dissertatio de telluris figura* – Rasprava o obliku Zemlje, 1739) te problemima u vezi s Newtonovom teorijom gravitacije (*De inaequalitate gravitatis in diversis terrae locis* – O nejednakosti sile teže na raznim dijelovima Zemlje, 1741). Da bi riješio te probleme, trebao je uz teorijska istraživanja, provesti mjerenja meridijanskih stupnjeva na različitim mjestima Zemlje.

S odobrenjem isusovačkoga generala bio se prijavio za odlazak u Brazil kako bi sudjelovao u razgraničenju španjolskog i portugalskog kraljevstva, ali uz uvjet da mu bude dopušteno izmjeriti jedan meridijanski stupanj. Njegovu nakanu preinačio je kardinal Valenti, državni tajnik Svete stolice, ishodivši nalog pape Benedikta XIV. da Bošković obavi "astronomsko i geografsko putovanje" uzduž meridijana Rim-Rimini u Papinskoj državi. Za svog pratioca Bošković je izabrao Christophora Mairea, a na putovanju je proveo dvije akademske godine 1750–52. Rezultati su objavljeni 1755. u znanstvenom izvješću *De litteraria expeditione per Pontificiam ditionem* … (O znanstvenu istraživanju po Papinskoj Državi …), uz koje je na posebnom listu bila izdana *Nuova carta geografica dello Stato Ecclesiastico* (Nova geografska karta Papinske Države), prva karta Papinske Države, koju je prema zajedničkim podacima izradio C. Maire. Stoga Boškovića možemo smatrati jednim od preteča hrvatske kartografije. Glavne učinke geodetskih mjerenja Bošković je još tri puta publicirao: 1757. u sažetom izvješću za časopis Bolonjske akademije, 1760. u dopuni uz spjev Benedikta Staya, te 1770. u francuskom prijevodu svoga glavnoga geodetskog djela *Voyage astronomique et geographique, dans l'Etat de l'Eglise* … (Astronomsko i geografsko putovanje u Crkvenoj Državi …).

Nadalje, Bošković je prvi zaključio da je Zemljin oblik nepravilan. Sumnjao je da meridijani nisu elipse, a to je potvrdio svojim mjerenjima. Tvrdio je da je oblik Zemlje ne samo nepravilan nego i promjenljiv u vremenu, što je dokazano tek mnogo kasnije.

Bošković je postavio teoriju izostazije (1742, 1755, 1785). Po toj teoriji, nagomilavanja masa i postojanja praznina u Zemljinoj kori kompenzirani su odgovarajućim rasporedom masa u Zemljinoj unutrašnjosti. Otkriće Mohorovičićeva diskontinuiteta između Zemljine kore i Zemljina plašta 1910. godine u skladu je s Boškovićevim idejama o izostaziji.

Bošković je prvi u povijesti znanosti postavio metodu prilagođavanja rezultata mjerenja postavivši uvjete koje je poslije P. S. Laplace izrazio u analitičkom obliku, pa se po njemu nazivala Laplaceovom metodom. U novije doba to je Bošković-Laplaceova metoda.

Gotovo je nepoznat njegov prijedlog za osnivanjem geodetske škole napisan oko 1770. godine (Lapaine, Kljajić 2012). Boškovićev rukopis pod naslovom *Progetto per una Scuola di Geodesia* čuva se u Državnom arhivu u Milanu. Za Boškovića je *geodezija onaj dio elementarne geometrije koji uči mjerenju zemljišta i zemalja te crtanju karata*. Ruđer Bošković nije imao formalno geodetsko obrazovanje, jer ga u doba svoje mladosti nije ni mogao imati. Međutim, budući da je bio svestrano obrazovan znanstvenik i praktičar, nije mu bilo teško učiti od drugih i na temelju toga unaprijeđivati područja kojima se bavio. Premda je taj prijedlog napisan prije približno 250 godina, vrlo je jasna njegova poruka koja sigurno vrijedi i danas. A to je činjenica da je praktični dio posla kojim se bave geodeti iznimno važan i da samo praktične vježbe uz teorijska predavanja mogu dati dobroga geodetskog stručnjaka.

3. Srednjoškolska nastava geodezije

Matija Petar Katančić bio je franjevac, pjesnik, književni teoretičar, prevoditelj, leksikograf, povjesničar, arheolog, numizmatičar, geograf i kartograf (1750–1825). Radio je kao gimnazijski profesor u Osijeku i Zagrebu. Od 1795. do 1800. kada je umirovljen, predavao je kolegije Arheologija i Numizmatika na Sveučilištu u Budimu. Godine 1778. preveo je na hrvatski jezik djelo *Elementa Geometriae Practicae* kojem je autor Pál Makó de Kerek-Gede. Naslov prijevoda je *Pridhodna Bilixenja od Dillorednog Zemljomirja* (Uvod u praktičnu geometriju / zemljomjerstvo), a prijepis u čistopis nije dovršen. Taj je prijevod *najstariji udžbenik geodezije napisan na hrvatskom jeziku*. (Lapaine, Marjanović 2010)

Godine 1860. predavala se geodezija na *Gospodarsko-šumarskom učilištu* u Križevcima, pisali su se udžbenici, izvodila se praktična nastava, vjerojatno prve geodetske vježbe u hrvatskim školama. *Učilište u Križevcima* daje srednjoškolsku obrazovnu razinu, pa je to uistinu početak institucionalnoga srednjoškolskog predavanja geodezije i geodetskih predmeta u Hrvatskoj.

Na *Srednjoj tehničkoj školi* u Zagrebu otvoren je 1928. godine dvogodišnji Geometarski odjel, ali je zbog materijalnih i drugih razloga rad odjela 1932. prekinut. Međutim, već 1939. *Geometarski odjel* ponovno je otvoren, u istoj školi, ali pod novim nazivom: *Državna srednja tehnička škola* u Zagrebu. Nakon nekoliko promjena, od 1991. djeluje kao samostalna *Geodetska tehnička škola*.

Uočivši da u Slavoniji i Baranji nedostaje geodetskoga kadra uprava *Građevinskoga školskog centra* u Osijeku donijela je odluku da se otvori jedan razred usmjerenja *geometar*. Školske godine 1976/77. upisan je prvi razred geometara kao eksperimentalni. Danas je škola organizirana kao *Graditeljsko-geodetska*. Geodetski tehničari školuju se i na *Graditeljsko-geodetskoj tehničkoj školi* u Splitu, *Graditeljskoj i poljoprivrednoj tehničkoj školi* u Rijeci i *Tehničkoj školi* u Puli.

4. Visokoškolska nastava geodezije

Da se nastava geodezije održavala na zagrebačkom sveučilištu prije gotovo dva i pol stoljeća, svjedoči udžbenik Martina Sabolovića *Exercitationes Gaeodeticae*, izdan na latinskom jeziku 1775. godine (Lapaine 2002).

Poznato je da su 1811. godine uručene prve diplome mladim akademičarima koji su na zadarskom liceju položili propisane ispite na temelju kojih su dobili akadem-

ski stupanj i ovlaštenje da djeluju u Ilirskim pokrajinama kao geodeti. Drugim riječima, Hrvatska je 1811. imala prva tri diplomirana geodeta.

Godine 1898. osnovana je Šumarska akademija pri Mudroslovnom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Na njoj se, osim ostalih tehničkih predmeta, predavala i geodezija. Budući da je stalno rasla potreba za odgovarajućim školovanjem stručnjaka za reguliranje posjedovnih odnosa, diobe zemljišnih zajednica, komasacije zemljišta, katastarske izmjere itd., uvodi se 1908. godine poseban Geodetski tečaj pri Šumarskoj akademiji. Geodetski tečaj, kojega je *naukovna osnova* bila potpuno istovjetna planovima i programima geodetskoga studija na visokim školama u Pragu i Beču, djelovao je pri Šumarskoj akademiji do 1920., kada prelazi kao Geodetski odjel na Visoku tehničku školu, osnovanu godinu dana prije. Osim Geodetskog odjela postojao je i Kulturno-inženjerski odjel, pa su nakon mnogih rasprava ta dva odjela spojena 1923. godine.

U geodetskoj nastavi nastale su znatne promjene 1926., kada je Visoka tehnička škola ušla u sastav Sveučilišta u Zagrebu kao Tehnički fakultet s odgovarajućim odjelima. Geodezija se predavala u sklopu Geodetsko-kulturno-inženjerskog odjela, koji je 1929. godine dobio naziv Geodetsko-kulturno-tehnički odjel. Takav se oblik nastave odvijao sve do kraja 1946., kada se uvode dva nova usmjerenja na Tehničkom fakultetu: geodetsko i melioracijsko; prema njihovim se planovima i programima nastava odvijala do 1948. Zbog zastoja u rješavanju agrarno-pravnih odnosa, a time i melioracijskih zahvata, melioracijsko usmjerenje ukinuto je 1951. godine.

U razvoju organizacije geodetske nastave jedan je od važnijih događaja podjela Tehničkog fakulteta 1956. godine, kada od bivših odjela nastaju četiri nova fakulteta. Jedan od njih bio je Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet (AGG), koji je u takvom ustrojstvu ostao do 1962. U tom razdoblju na Geodetskom je odjelu intenzivirana nastava osnivanjem novih nastavno-znanstvenih jedinica, uvođenjem novih kolegija, imenovanjem novih nastavnika, te pribavljanjem nastavnih pomagala i instrumenata. To je dovelo do osnutka samostalnoga Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu 1962. Najviše podataka O znanstvenom i nastavnom radu na Geodetskom fakultetu naviše podataka može se naći u nekoliko spomenica, među kojima ističemo one koje je uredio S. Frangeš (2007, 2017).

5. Znanstveno-istraživački rad

Prve znanstvene projekte financirane od državnih institucija nadležnih za znanost izvodili su nastavnici Geodetskoga fakulteta u Zagrebu nakon osamostaljenja Fakulteta 1962. godine. Suradnici Zavoda za kartografiju Geodetskoga fakulteta na

čelu s predstojnikom Zavoda B. Borčićem radili su od 1962. do 1966. na temi *Odrediti elemente transformacije između projekcija i koordinatnih sistema stare i nove izmjere zemljišta na području SRH*. Zavod za višu geodeziju Geodetskoga fakulteta radio je od 1970. do 1975. na temi *Opažanje umjetnih Zemljinih satelita*. Nositelj teme bio je N. Čubranić. U razdoblju 1971–1975. suradnici Zavoda za kartografiju Geodetskog fakulteta završili su najveći dio posla na izradi *Višejezičnoga kartografskog rječnika*, koji je objavljen 1977. U okviru teme *Izbor sadržaja i izrada uzornih listova za geografski i tematski atlas Hrvatske* izrađena je karta SR Hrvatske u mjerilu 1:300 000. Suradnici Zavoda za višu geodeziju radili su u tom razdoblju na temi *Astronomsko i geodetsko određivanje geografskih koordinata Opservatorija Hvar*. (Frančula i Lapaine 2004).

Važan korak za daljnje financiranje, ali i za cijelu organizaciju znanstvenoistraživačkog rada u Hrvatskoj, donošenje je Zakona o organizaciji znanstvenog rada u 1974. godini. Geodetski fakultet ispunjavao je sve uvjete zakona i registriran je kao znanstvena organizacija.

U razdoblju 1976–1980. nastavnici i suradnici Geodetskoga fakulteta radili su na dvama projektima. Prvi projekt, *Temeljna istraživanja na području geodezije,* uključivao je sedam zadataka (1979. dodana su još dva), a koordinator projekta bio je S. Klak. Koordinator drugoga projekta, *Gospodarenje površinskim vodama,* bio je D. Srebrenović, a projekt je uključivao četiri zadatka.

Prostorno uređenje, unapređenje i zaštita čovjekove okoline naziv je projekta što ga je u razdoblju 1981–1986. financiralo Ministarstvo znanosti, tehnologije i informatike. Projekt je uključivao zadatak *Istraživanja osnovnih geodetskih i astronomskih parametara* sa šest podzadataka.

Ministarstvo znanosti, tehnologije i informatike financiralo je u razdoblju 1991–1995. šest projekata iz područja geodezije (u zagradi su navedeni nositelji projekata):

1. Kartografija i geoinformacijski sustavi (N. Frančula)
2. Osnovni geodetski radovi informacijskoga prostornog sustava RH (A. Bilajbegović, M. Solarić)
3. Fotogrametrija i baze podataka ZIS-a (L. Feil)
4. Komasacija zemljišta u novim uvjetima (V. Medić)
5. Istraživanje mjerne tehnike, automatizacije i metoda mjerenja (N. Solarić)
6. Gravitaciono polje u geodeziji, geofizici i geodinamici (K. Čolić)

Na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu Ministarstvo znanosti i tehnologije Republike Hrvatske financiralo je u razdoblju 1996–2002. četiri projekta iz područja geodezije:

1. Hrvatska kartografija – znanstvene osnove (N. Frančula)
2. Visinski sustavi Republike Hrvatske (L. Feil)
3. Geodetske metode mjerenja i njihove automatizacije (N. Solarić)
4. Fizikalna i satelitska geodezija u Republici Hrvatskoj (K. Čolić)

Od kolovoza 2002. Ministarstvo znanosti i tehnologije financira šest projekata iz područja geodezije:
1. Kartografija i nove tehnologije (M. Lapaine)
2. Geomatica croatica (T. Bašić)
3. Kompatibilnost visina u Republici Hrvatskoj (L. Feil)
4. Katastar, temelj infrastrukture prostornih podataka (M. Roić)
5. Geodetsko-geodinamički GPS-projekti u Republici Hrvatskoj (D. Medak)
6. Automatizirane geodetske metode mjerenja (N. Solarić)

Državna geodetska uprava financirala je tijekom proteklih godina veći broj znanstveno-stručnih projekata, koje su izvodili nastavnici i suradnici Geodetskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Za sve buduće geodetske radove u Hrvatskoj od posebne su važnosti tri projekta koje je DGU financirala u 2000. godini:
1. T. Bašić (voditelj projekta): Prijedlog službenih geodetskih datuma Republike Hrvatske
2. L. Feil, N. Rožić: Prijedlog službenog visinskog datuma Republike Hrvatske
3. M. Lapaine (voditelj projekta): Prijedlog službenih kartografskih projekcija Republike Hrvatske.

Uz projekte u sklopu programa Horizon 2020, Erasmus, te projekte koje financijski podupire Hrvatska zaklada za znanost, u posljednjih godinu dana se Fakultet sve više uključuje u programe Europskih strukturnih fondova. Tako je krajem 2018. godine predana konačna prijava projekta "Multisenzorsko zračno snimanje Republike Hrvatske za potrebe procjene smanjenja rizika od katastrofa". Krajem ožujka 2019. nadležno tijelo za provedbu natječaja Europskog socijalnog fonda "Provedba HKO-a na razini visokog obrazovanja" odobrilo je Geodetskom fakultetu značajni projekt "Labirint". Također je predan projektni prijedlog Geodetskog fakulteta na natječaj Europskog socijalnog fonda "Razvoj, unapređenje i provedba stručne prakse u visokom obrazovanju" (Medak i Frangeš 2019).

Realizacijom projekta Hrvatske znanstvene bibliografije omogućen je jednostavan unos svih objavljenih radova hrvatskih znanstvenika u jedinstvenu bazu podataka javno dostupnu na mrežnim stranicama (http://bib.irb.hr/). Zaposlenici Geodetskog fakulteta svoje radove najčešće objavljuju u časopisima Geodetski list, Kartografija i geoinformacije te Biltenu Opservatorij Hvar.

Geodetski fakultet organizira i mnogobrojne znanstvene skupove te objavljuje prigodne zbornike radova. Od 2002. godine Geodetski fakultet izdaje i svoj Godišnjak

u kojem se daje pregled svih djelatnosti Fakulteta, pa tako i znanstvene. Fakultet je također aktivni nositelj i sudionik svih znanstveno-stručnih skupova koje organiziraju Hrvatsko geodetsko društvo i Hrvatsko kartografsko društvo. Posebno je značajno objavljivanje radova u renoniranim svjetskim znanstvenim časopisima citiranim u Current Contentsu, u čemu prednjače znanstvenici Opservatorija Hvar.

6. Počasna zvanja

ProfesorStjepan Horvat bio je rektor Sveučilišta u Zagrebu 1945., a profesor Slavko Macarol od 1963. do 1966. i prorektor od 1966. do 1968.

U počasno zvanje professora emeritusa izabrani su Stjepan Klak 1996. godine, Nikola Solarić 2003, Nedjeljko Frančula 2007, Zdravko Kapović 2014. i Miljenko Lapaine 2018. godine.

Dopisni član Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti (JAZU) postao je Nikolaj Pavlovič Abakumov 1948. Jerko Alačević pravi je član JAZU od 1950. Članovi suradnici bili su Leo Randić od 1950., Nikola Čubranić od 1975. i Franjo Braum od 1977. Krešimir Čolić izabran za redovitog člana Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti 1992.

Miodrag Roić izabran je 2010. godine za dopisnog člana Njemačke geodetske komisije Bavarske akademije znanosti (*Deutsche Geodätische Kommission der Bayerischen Akademie der Wissenschaften*).

Ovom prilikom treba navesti i hrvatska priznanja inozemnim geodetima. Ugledni njemački geodet sveučilišni profesor Helmut Wolf proglašen je 1981. godine počasnim doktorom Sveučilišta u Zagrebu. Helmut Moritz, redoviti profesor geodezije na Tehničkom sveučilištu u Grazu izabran je 1994. za dopisnog člana Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti.

7. Priznanja i nagrade – izbor

Značajno inozemno priznanje dodijeljeno hrvatskom geodetu je Baeyerova spomen-medalja, koju je Krešimir Čolić primio 1990. u Potsdamu u Centralnom institutu za fiziku Zemlje.

Državnu nagradu za životno djelo na području znanosti dobili su Nikola Čubranić (1975) i Branko Borčić (1976). Državnu godišnju nagradu za znanost dobili su

Mate Janković (1974), Dionis Srebrenović (1974), Franjo Braum (1979), Dušan Benčić (1986), Nikola Solarić (1994) i Tomislav Bašić (2002).

Nagradu Sveučilišta u Zagrebu "Fran Bošnjaković" za 2001. godinu dobio je Miljenko Solarić.

Leo Randić dobio je nagradu Tehničke kulture za životno djelo 1987. i nagradu "Fran Tučan" za popularizaciju znanosti 1993. godine.

Povelju *Josip Juraj Strossmayer* za najuspješniji izdavački pothvat u 1998. godini s područja informacijskih znanosti dobio je Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu za djelo Miljenka Lapainea i skupine autora *Crtež u znanosti*.

Dušan Benčić dobio je 1986. godine državnu nagradu *Nikola Tesla* za svoj znanstveni rad i doprinos u području geodezije i geodetskih instrumenata. Zajedno s Nikolom Solarićem autor je udžbenika *Mjerni instrumenti i sustavi u geodeziji i geoinformatici* na 994 stranica objavljenu 2008. Godine. Za udžbenik su primili nagradu *Josip Juraj Strossmayer* za najbolje znanstveno djelo s područja tehničkih znanosti koju dodjeljuje Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti.

Fotokarta *Grad Velika Gorica* Stanislava Frangeša s Geodetskog fakulteta i Zvonka Biljeckoga iz firme Geofoto d.o.o. dobila je nagradu za izvrsnost u kartografiji (*Excellence in Cartography*) na Međunarodnoj kartografskoj izložbi u sklopu 19. međunarodne kartografske konferencije u Ottawi 1999. godine.

Bojan Vršnak dobio je 2017. godine prestižno međunarodno priznanje *The International Kristian Birkeland medal for Space Weather and Space Climate*. Ta se medalja dodjeljuje za izvanredne znanstvene ili tehnološke rezultate.

Miljenko Lapaine dobio je 2019. godine medalju i izabran je za počasnog člana (*Honorary Fellow*) Međunarodnoga kartografskog društva (*International Cartographic Association – ICA*).

8. Geodetska služba u Hrvatskoj

Geodetska uprava osnovana je pri Vladi Narodne Republike Hrvatske za obavljanje zadataka geodetske službe na području NRH, Uredbom o osnivanju Geodetske uprave iz 1947. godine koja je stupila na snagu 1. siječnja 1948. godine. Tom Uredbom definirana je djelatnost Geodetske uprave: izrada plana geodetske djelatnosti u skladu s općim državnim i republičkim privrednim planom, rukovođenje svim geodetskim radovima na području Hrvatske, katastarska služba, rukovođenje repu-

bličkim geodetskim poduzećima i ustanovama, unapređenje geodetske struke, raspodjela stručnih kadrova, nabava instrumenata te prikupljanje i čuvanje elaborata o izvršenim geodetskim radovima.

Od 1953. godine djeluje samostalno, a u razdoblju od 1965. do 1968. godine priključena je Republičkom sekretarijatu za financije. Zakonom o upravi ustrojena je kao republički organ uprave te od tada djeluje pod nazivom Republička geodetska uprava koja osigurava provođenje zakona i drugih propisa i mjera koje se odnose na izradu, obnovu i održavanje premjera i katastra zemljišta i u tu svrhu prati i analizira poslove premjera i katastra zemljišta i njihova održavanja; prati i druge pojave i procese u ostvarivanju zakona i analizira uvjete njihova ostvarivanja te daje stručna mišljenja u izvršenju poslova izrade i održavanja premjera i katastra zemljišta; rješava u upravnim stvarima koje se odnose na izradu, obnovu i održavanje premjera i katastra zemljišta i obavlja stručne poslove povezane s tim djelatnostima; obavljaju određene stručne poslove u postupku komasacije zemljišta; nadzire provođenje zakona i drugih propisa i mjera u području premjera i katastra zemljišta, kao i u odnosu na evidenciju nekretnina u društvenom vlasništvu; vodi arhiv geodetske dokumentacije i odlučuje o korištenju; prikuplja i obrađuje statističke podatke i vodi određene evidencije u okviru svoje djelatnosti, te obavlja i druge upravne poslove određene zakonom.

Zakonom o ustrojstvu republičke uprave nadležnost odnosno poslove Republičke geodetske uprave preuzela je Uprava za katastar i geodetske poslove Ministarstva zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva. Državna geodetska uprava osnovana je i ustrojena kao samostalna državna upravna organizacija 1994. godine, te je preuzela poslove dotadašnje Uprave za geodetske i katastarske poslove Ministarstva graditeljstva i zaštite okoliša, a 2010. godine preuzela je poslove, zaposlenike, opremu, te prava i obveze, istim zakonom ukinutog Hrvatskog geodetskog instituta. Državna geodetska uprava obilježila je nedavno svoju 70 obljetnicu (Lapaine i Landek 2018).

U Hrvatskoj danas postoji nekoliko stotina fizičkih i pravnih osoba koje imaju suglasnost Državne geodetske uprave za obavljanje poslova državne izmjere i katastra nekretnina.

9. Strukovna društva

Hrvatska komora ovlaštenih inženjera geodezije

Hrvatska komora ovlaštenih inženjera geodezije (HKOIG) osnovana 30. lipnja 2009. samostalna je i neovisna strukovna organizacija ovlaštenih inženjera geodezije te stranih osoba geodetske struke s poslovnim nastanom u Republici Hrvatskoj,

koji obavljaju poslove regulirane profesije geodetske struke u svojstvu odgovorne osobe, u skladu s posebnim propisima koji uređuju obavljanje stručnih geodetskih poslova i djelatnosti i posebnim zakonom kojim se uređuje priznavanje inozemnih stručnih kvalifikacija.

Članovi Komore su ovlašteni inženjeri geodezije koji u skladu s posebnim propisima obavljaju poslove regulirane profesije geodetske struke u geodetskoj djelatnosti. Komora pored javnih ovlaštenja obavlja sljedeće zadaće i poslove:

1. Promiče i unapređuje geodetsku struku i djelatnost u cilju zaštite javnog interesa i trećih osoba.
2. Razvija jedinstveni sustav organiziranosti u obavljanju geodetske djelatnosti u okviru poslova i zadataka utvrđenih Zakonom o obavljanju geodetske djelatnosti i Statutom.
3. Zastupa interese ovlaštenih inženjera geodezije pred tijelima državne vlasti i tijelima državne uprave.
4. Potiče i sudjeluje u pripremi projekata te sudjeluje pri oblikovanju gospodarskih sustava i mjera ekonomske politike u području geodezije.
5. Uspostavlja, organizira i provodi stručno usavršavanje članova Komore i drugih stručnih osoba te vodi evidencije iz područja obrazovanja i stručnog usavršavanja.
6. Potiče izdavačku djelatnost za potrebe geodetske djelatnosti.
7. Osniva u skladu sa Zakonom stegovna tijela Komore i Centar za mirenje pri Komori.
8. Pruža pomoć članovima Komore.
9. Razvija informacijski sustav Komore te radi na uvođenju naprednog elektroničkog poslovanja i razmjene informacija za članove Komore te informiranje članova Komore i zainteresirane stručne javnosti.
10. Surađuje s nadležnim državnim tijelima u provedbi smanjenja pretjeranog opterećenja za pružatelje usluga te radi na razvoju digitalne e-procedure za podnošenje zahtjeva i izdavanje potvrda iz službenih evidencija kroz integrirani sustav e-poslovanja tj. državnu informacijsku strukturu, uvođenjem sustava upravljanja dokumentacijom u skladu sa standardima za upravljanje dokumentima.
11. Rješava pitanja od značaja za geodetsku djelatnost.
12. Obavlja i druge zadaće određene posebnim zakonima i Statutom.
13. Provodi stručne obuke ovlaštenih inženjera geodezije koji su stalni sudski vještaci ili kandidati za stalne sudske vještake.

Hrvatsko geodetsko društvo

Skupina od 35 hrvatskih stručnjaka osnovala je 2. ožujka 1878. godine Klub inžinierah i arhitektah, kojega su članovi bili i geodetski stručnjaci. Prvi organizirani zajednički nastup geodetskih stručnjaka na području tadašnje Jugoslavije bio je onaj na osnivačkoj skupštini svih jugoslavenskih geodeta održan 11. veljače 1919.

u Zagrebu, kada je osnovano Udruženje geometara. Nakon Drugoga svjetskog rata, 1946. godine, osnovano je u Zagrebu prvo geodetsko jezgro za društveni rad, kao sekcija geodeta u okviru Društva inženjera i tehničara u Zagrebu. Sekcija geodeta iz 1946. prerasta 1952. godine u Društvo geodeta Hrvatske. Sljedećih 40 godina Društvo je više puta mijenjalo ime da bi konačno 1993. godine bilo osnovano Hrvatsko geodetsko društvo (HGD) (Paar i Pavasović 2017).

Ciljevi HGD-a su: promicanje, razvoj i unaprjeđenje geodetske i geoinformatičke struke, te promicanje etike tehničkog i inženjerskog poziva, poticanje članova na međusobnu razmjenu iskustava i mišljenja, poticanje stvaralačkih inicijativa radi promicanja i razvoja geodetske i geoinforrnatičke djelatnosti, poticanje i podržavanje inicijativa članova u znanstveno-istraživačkom radu u području geodezije i geoinformatike, promicanje neprekidnog stručnog usavršavanja članova, poticanje i podržavanje inicijativa za zaštitu čovjekove okoline, zdravlja i rada.

Hrvatsko kartografsko društvo

Iako se kartografija načešće povezuje s geografijom, njezino temeljno mjesto je uz geodeziju jer svaki geodetski posao neminovno uključuje izradu karte ili plana. Hrvatsko kartografsko društvo (HKD) – strukovna udruga kartografa i drugih osoba koje pokazuju posebno zanimanje za kartografiju i srodna područja osnovano je 10. listopada 2001. godine. HKD je nastao osamostaljenjem iz Sekcije za kartografiju Hrvatskoga geodetskog društva (Frančula i dr. 2011).

Osnovni cilj HKD-a je promicanje i razvoj kartografije i srodnih područja za opće dobro. Područja djelovanja HKD-a su kultura i umjetnost, obrazovanje, znanost i istraživanje i tehnička kultura.

HKD predstavlja Hrvatsku u Međunarodnom kartografskom društvu. Preuzelo je od Sekcije za kartografiju HGD-a pripremanje sudjelovanja hrvatskih kartografa na međunarodnim kartografskim konferencijama. Hrvatska aktivno sudjeluje na generalnim skupštinama s naci-onalnim izvještajima, na konferencijama s referatima i posterima, na međunarodnim kartografskim izložbama i na međunarodnim izložbama dječjih radova.

10. Geodetski časopisi

Prvim stručnim časopisom u Hrvatskoj s gotovo isključivo geodetskom tematikom smatra se *Vijesnik*, glasilo Udruženja civilnih tehnika kraljevina Hrvatske i Slavonije. Njegovih osam brojeva izišlo je 1914. godine u Novoj Gradiški, a uređivao ga je Jaroslav pl. Šugh, civilni geometar. (Frančula, Lapaine 2004).

Geodetski list, glasilo Hrvatskoga geodetskog društva izlazi u Zagrebu četiri puta na godinu bez prekida od 1947. godine. Glavni urednici Geodetskoga lista redovito su profesori Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu izdaje od 1977. znanstveni časopis na engleskom jeziku *Hvar Observatory Bulletin*. U časopisu se pretežno objavljuju članci iz područja astrofizike.

Hrvatsko kartografsko društvo pokrenulo je 2002. godine časopis *Kartografija i geoinformacije*, koji od tada izlazi na hrvatskom i engleskom jeziku dva puta na godinu. Urednici Kartografije i geoinformacija su s Geodetskog fakulteta, gdje je i sjedište Hrvatskoga kartografskog društva.

11. Primijenjena geodezija

Geodezija u građevinarstvu

U procesu projektiranja i građenja objekata na terenu geodezija se primjenjuje gotovo u cjelokupnome njezinu opsegu. U tijeku izgradnje građevine i nakon njezina puštanja u pogon izvode se razna geodetska kontrolna mjerenja, koja trebaju osigurati pravilnost izgradnje objekta prema obliku i dimenzijama iz projekta. Nakon izgradnje, geodetska kontrolna mjerenja prate promjene oblika i dimenzija objekta, koje mogu biti izazvane vanjskim utjecajima u vezi s eksploatacijom. Primjeri su praćenje pomaka brana i mostova, usmjeravanje proboja tunela, određivanje trasa prometnica i prometnih čvorova, mjerenje horizontalnih pomaka na visokim konstrukcijama (televizijski i drugi tornjevi, dalekovodni stupovi, dimnjaci i sl.) ili kontrola njihove vertikalnosti (određivanje nagiba) (Frančula, Lapaine 2004).

Geodezija u rudarstvu

Geodetski radovi u rudarstvu označuju se i kao rudarska mjerenja ili jamomjerstvo. Provode se prilagođenim geodetskim metodama i instrumentima, a služe za izradu grafičkih prikaza (karata) jamskih prostora u pogodnom mjerilu i svrsishodnoj projekciji s potrebnim tehničkim (rudarskim, geološkim) detaljima. Grafičkim prikazima moraju se stalno pratiti sve promjene u jami, bilo da su one nastale namjerno, tijekom rudarskih radova, bilo da su posljedica više sile (prodor vode ili plina, gorski udar, jamski požar). Osim toga, jamskim se mjerenjima prate i promjene što ih jamski radovi uzrokuju na površini, kao što je slijeganje terena nad otkopanim prostorom.

Geodezija u poljoprivredi, šumarstvu i zaštiti okoliša

Uređenje zemljišta i grupiranje čestica nužan je korak prema unapređivanju poljoprivredne proizvodnje. U planiranju takvih zahvata u prostoru treba voditi računa o čovjekovu okolišu i prirodnom krajoliku te ih na vrijeme zaštititi. Poljoprivredne površine (zemljišne čestice) uređuju se kroz agrarne operacije. U agrarne operacije ulaze agrarne reforme, nacionalizacije, izvlaštenja, parcelacije, arondacije i komasacije. Cilj je komasacije zemljišta spajanje većeg broja malih čestica, tj. stvaranje većih i za obradu pravilnijih zemljišnih čestica. Uz komasaciju, gdje je to potrebno, izvode se i hidrotehničke melioracije i asanacije. Testiranje uporabe GPS-a i satelitskih snimaka u poljoprivredi pokazali su da se racionalizacijom gospodarenja mogu ostvariti i znatne zarade. Pritom se osobito misli na uštedu na unosu gnojiva, pesticida i vode pri analizi gospodarskog sustava.

U urednom šumskom gospodarstvu od najveće je važnosti uzgajanje i uređivanje šuma. Dodamo li tomu izgradnju šumskih transportnih sredstava te uređivanje bujica, dobivamo ona područja koja traže niz raznovrsnih mjerenja. To su uglavnom geodetska i dendrometrijska mjerenja. Tijekom posljednih stotinu godina fotogrametrija i daljinska istraživanja primjenjivali su se u šumarstvu Hrvatske s različitim intenzitetom, u početku samo praćenjem stanja u svijetu do velikog poleta primjene neposredno nakon Drugoga svjetskog rata. Fotogrametrija i daljinska istraživanja mogu primijeniti u svim segmentima šumarstva, a napose u inventuri šuma.

Geodezija u zaštiti spomenika kulture

Zavod za fotogrametriju Geodetskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu bavi se primjenom fotogrametrije u izradi dokumentacije zaštite spomenika kulture. Početni radovi izvedeni su s posuđenim instrumentarijem., a od 1955. godine Zavod se iz godine u godinu opremao sve boljim fotogrametrijskim i geodetskim instrumentarijem baš za takve radove. Danas prilikom izmjere pročelja i ostalih dijelova zgrada kulturnog naslijeđa, lasersko skeniranje samostalno ili u kombinaciji s metodama terestričke fotogrametrije, daje veoma dobar odnos uloženoga i dobivenoga.

Geodezija u prostornom planiranju i urbanizmu

Urbana komasacija je moderni instrument uređenja građevinskog zemljišta, kojim se dobivaju parcele koje će svojim oblikom i površinom potpuno zadovoljiti uvjete izgradnje propisane urbanističkim planovima. Uloga geodezije u urbanoj komasaciji je višestruka. Komasacije zemljišta nedvojbeno su jedan od najsloženijih radova koje geodetski stručnjaci izvode u praksi. Obrađuju se mnogobrojni i raznovrsni podaci i informacije iz gotovo svih područja struke.

Geodezija u brodogradnji

Vrlo intenzivan i specifičan razvoj brodogradnje u drugoj polovici 20. st. utjecao je na usvajanje nove tehnologije gradnje brodova u više dijelova, spajanjem na moru, u plutajućem doku, ili u suhom doku. Do tada primjenjivana mjerna tehnika više nije mogla uspješno zadovoljiti sve raznovrsnije i neuobičajenije zahtjeve prakse. Geodetske metode mjerenja tražene zahtjeve potpuno zadovoljavaju. To potvrđuju primjeri gradnje brodova iznimno velikih dimenzija, razne rekonstrukcije brodova, radovi vezani uz razvoj novih tehnologija gradnje brodova i kontrole točnosti gradnje brodskih konstrukcija.

Geodezija u medicini

Jedno je od područja primjene fotogrametrijske izmjere i medicina, gdje se izmjerom kvantificira ponajprije vanjski oblik ljudskog tijela. Osim određivanja odnosa između pojedinih točaka na površini, pokazala se potreba određivanja geometrijskih odnosa unutar ljudskog tijela, a na osnovi izmjere rendgenskih slika – radiograma. Razrađena je analitička fotogrametrijska izmjera radiograma, koja omogućuje točnu numeričku definiciju prostornih odnosa različitih anatomskih struktura, npr. dijagnostiku minimalnih pomaka ulomaka ili ugrađenih alenteza, prikaz patoloških pokretljivosti ili promjena u kinematičkim značajkama oštećenih ili ozlijeđenih zglobova.

12. Zaključak

Geodezija je tehnika i znanost koja se bavi izmjerom i prikazom Zemljine površine, određivanjem Zemljina oblika i njezina polja sile teže. Glavni predmet istraživanja u geodeziji je geodetska izmjera zemljišta i Zemlje. Osnovne grane geodezije su satelitska, fizikalna i pomorska geodezija, primijenjena geodezija, fotogrametrija i daljinska istraživanja, kartografija i geoinformatika.

Početke geodetskih aktivnosti na području današnje Republike Hrvatske možemo pratiti zahvaljujući starogrčkim izvorima o podjeli zemljišta (Starogradsko polje, lumbardska psefizma). Tijekom stoljeća mnogi su se hrvatski znanstvenici bavili i geodezijom. Među njima posebno mjesto zauzima Ruđer Josip Bošković (1711–1787) koji je svojim djelom unapređivao znanost i mijenjao znanstvenu sliku svijeta. Nedovoljno je poznato da je dio života posvetio i geodeziji.

U Hrvatskoj se geodetsko obrazovanje može steći u srednjim tehničkim školama, a visoko obrazovanje na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Gotovo cjeloku-

pna znanstveno-istraživačka geodetska djelatnost u Hrvatskoj vezana je uz Geodetski fakultet koji svoje početke ima u Geodetskom tečaju osnovanom 1908. godine.

Geodetsku službu u Hrvatskoj predvodi Državna geodetska uprava, a strukovna udruženja su Hrvatska komora ovlaštenih inženjera geodezije, Hrvatsko geodetsko društvo i Hrvatsko kartografsko društvo. Geodetski fakultet izdaje Hvar Observatory Bulletin, Hrvatsko geodetsko društvo izdaje Geodetski list, a Hrvatsko kartografsko društvo časopis Kartografija i geoinformacije.

Geodezija ima široku primjenu, na primjer u građevinarstvu, rudarstvu, poljoprivredi, šumarstvu, zaštiti okoliša, zaštiti spomenika kulture, prostornom planiranju, urbanizmu, brodogradnji, industriji, medicini i drugdje.

Literatura

[1] Lapaine, M.: Ruđer Josip Bošković – Toward the 300th Anniversary of his Birth. *Engineering Power*, 2008, Vol. 7, No.1, 1-2. / Ruđer Josip Bošković – u susret 300. godišnjici rođenja, *Tehničke znanosti*, 2008, Vol. 15, No. 1, 1-2.

[2] Lapaine, M. (urednik): *Ruđer Bošković i geoznanosti* / *Ruđer Bošković and the Geosciences*, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Državna geodetska uprava, Hrvatska komora ovlaštenih inženjera geodezije, ISBN 978-953-6082-14-8 Zagreb, 2016

[3] Lapaine, M., Kljajić, I.: O Ruđeru Boškoviću i njegovu prijedlogu za osnivanje geodetske škole, *Geodetski list* 2012, 4, 245–258

[4] Lapaine, M., Marjanović, D. (urednici): *Elementa Geometriae Practicae – Zemlyomirje – Uvod u praktičnu geometriju / zemljomjerstvo*, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatsko geodetsko društvo, ISBN 978-953-6082-14-8, Zagreb, 2010

[5] Lapaine, M. (urednik): *Exercitationes Gaeodeticae – Geodetske vježbe*, Hrvatsko geodetsko društvo, *ISBN* 953-97081-4-1, Zagreb, 2002

[6] Frangeš, S.: *Spomenica povodom 45. godišnjice samostalnog djelovanja Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu* (*1962–2007*), Zagreb: Sveučilište u Zagrebu – Geodetski fakultet, ISBN 978-953-6082-11-7, Zagreb, 2007

[7] Frangeš, S.: *Spomenica povodom 55. godišnjice samostalnog djelovanja Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu* (*1962–2017*), Zagreb: Sveučilište u Zagrebu – Geodetski fakultet, *ISBN* 978-953-6082-22-3, Zagreb, 2017

[8] Frančula, N., Lapaine, M.: Hrvatska geodezija od 1878. do 2003. godine, 1. dio, *Geodetski list* 2004, 1, 15–34; 2. dio, *Geodetski list* 2004, 2, 99–116, ISSN 0016-710X (Tisak), ISSN 1849-0611 (Online)

[9] Medak, D., Frangeš, S.: Uz 100 godina Tehničke visoke škole i 350 godina Sveučilišta u Zagrebu, *Godišnjak 2018-2019*, 2019, 14–26, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, ISSN 1334-9643

[10] Lapaine, M., Landek, I. (urednici): 70 godina Državne geodetske uprave, Državna geodetska uprava, ISBN 978-953-293-803-6, Zagreb, 2018

[11] Paar, R., Pavasović, M.: *Monografija povodom 65 godina Hrvatskog geodetskog društva 1952-2017*, Hrvatsko geodetsko društvo, ISBN 978-953-59018-1-5, Zagreb, 2017

[12] Frančula, N., Kljajić, I., Vučetić, N., Lapaine, M.: History of the Croatian Cartographic Society, On the Occasion of the 10th Anniversary / Povijest Hrvatskoga kartografskog društva, U povodu 10. obljetnice, *Kartografija i geoinformacije*, 2011, 16, 174-185, ISSN ISSN 1333-896X (Tisak), ISSN 1848-0713 (Online)

Povijesni pregled metalurških aktivnosti na tlu Republike Hrvatske

Prof. dr. sc. **Ladislav Lazić**,
Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet, lazic@simet.unizg.hr

Izv. Prof. d. sc. **Zdenka Zovko Brodarac**, član suradnik HATZ-a,
Sveučilište u Zagrebu Metalurški fakultet, zovko@simet.unizg.hr

Sažetak: *Metalurške aktivnosti vezane za bakreno i brončano doba na tlu Republike Hrvatske prisutne su u periodu od 6000 godina, a i proizvodnja željeza pojavila se gotovo u isto vrijeme s početkom željeznog doba na tlu Europe. U uvodu rada istaknuta je važnost proizvodnje metala iz ruda u povijesti razvoja ljudskog roda. U nastavku je prikazan povijesni razvoj metalurških aktivnosti na tlu Republike Hrvatske u razdobljima Starog doba, Srednjeg vijeka, Novog vijeka te nakon Prvog svjetskog rata do današnjih dana. Iz razloga što je nemoguće izdvojiti razvitak metalurgije na ovom prostoru bez za nju vezanog rudarstva daje se i kratki prikaz rudarenja na rude metala. Posebice je dan naglasak na povijesni pregled rudarstva i metalurgije na području Trgovske gore. Naime, metalurgija se na području Siska i Banovine razvila od vučedolske kulture te Ilira, Kelta i Rimljana koji su rudarili na području Trgovske gore na rude bakra, željeza i srebronosne rude olova te ih prerađivali u gotove proizvode.*

Ključne riječi: *metalurgija, povijest, Republika Hrvatska*

1. Uvod

Povijest razvoja ljudskog roda najuže je povezana s razvojem materijala. Upravo su različiti materijali, koji su pretežno bili upotrebljavani u pojedinim epohama, obilježili velika povijesna razdoblja. U pretpovijesnom razdoblju, podijeljeno na **Starije kameno doba** ili **Paleolitik**, i **Mlađe kameno doba** ili **Neolitik**, kamen je bio glavni materijal od kojega je čovjek izrađivao oruđe i oružje. Tijekom Neolitika pojava **pisma**, prije nešto više od 5000 godina, i razvoj novih materijala (posebice metala) uvodi čovjeka u povijesno doba. Mogu se izdvojiti tri bitna povijesna razdoblja povezana s razvojem metalurgije: **bakreno**, **brončano** i željezno doba.

Čovjek je počeo oko 5500. g. pr. Kr. upotrebljavati samorodne metale bakar, srebro i zlato, te meteorsko (telurno) željezo. Međutim, prvi metal dobiven iz rude bio je

bakar. Prema nalazima, najvjerojatnije prvotno je proizveden na području gorja Elbrus u Armeniji, oko 4300. g. pr. Kr. Uporaba bakra (uz gotovo istovremene nalaze olova i zlata) u Europi počinje 5500. g. pr. Kr. upravo u njenom jugoistočnom dijelu. Mala tvrdoća bakra rezultirala je pojavom metalnih predmeta (sjekire, čekići i nakit) koji imaju više statusni simbol, nego uporabnu vrijednost.

Drugi veliki pomak u metalurgiji dogodio se s pojavom brončanih predmeta, kada prvi puta metal preuzima primat nad kamenom (rožnjak, kvarc i opsidijan) u izradi oruđa i oružja. Ali bronca, kao prva proizvedena legura dodavanjem kositra bakru, ima prethodnika približno iste tvrdoće i čvrstoće u tzv. arsenskom ili antimonskom bakru ili kako mnogi smatraju arsensko/antimonskoj bronci, koja je kao tvorevina nastala iz kompleksne rude – tenantita ($(Cu,Fe)_{12}As_4S_{13}$) i tetraedrita ($(Cu,Fe)_{12}Sb_4S_{13}$).

Treće doba nastupa puno kasnije, s pojavom željeza. Premda su prije više od 4000 g. pr. Kr. ljudi otkrili meteorsko željezo, o čemu svjedoče mnogi pronađeni željezni alati iz tog pretpovijesnog doba, željezno doba počelo je otkrićem taljenja iskopane rude željeza. Smatra se da je prvo željezo iz rude željeza proizvedeno u Armeniji od strane plemena Calybe, podanicima Hittitskog carstva, oko 1500. g. pr. Kr. Kad se njihovo carstvo srušilo oko 1200. g. pr. Kr., različita plemena preuzela su znanja o proizvodnji željeza i širile ga po Europi i Aziji. Postoji nekoliko teorija na koji su način prvi rudari i metalurzi spoznali kako mogu iz oksidnih ruda željeza proizvesti željezo, ali vjerojatno je to bilo slučajno kao uzgredni produkt pri proizvodnji bakra ili bronce, gdje se ruda željeza dodavala kao talitelj. Budući da je željezo u Zemljinoj kori najrasprostranjeniji metalni element, različiti narodi počinju se baviti proizvodnjom željeza na sličan način u sličnim pećima, jer funkcionalno sam proces je bio praktično isti.

Na tlu Europe prijelaz iz brončanog u željezno doba bio je proces koji je trajao od 10. do 5. st. pr. Kr. i označava se kao rano željezno doba. Tom dobu korespondira halštatska kultura koja je dobila naziv prema groblju pronađenom u blizini mjesta Hallstadta u Austriji. Naime, željezno doba u središnjoj Europi podijeljeno je u dva razdoblja: **rano željeznu halštatsku kulturu** (800. – 450. g. pr. Kr.) i **kasno željeznu latensku kulturu** koja traje od 450. g. pr. Kr. do rimskih osvajanja.

2. Razvitak metalurgije na tlu Republike Hrvatske

2.1 Staro doba

U ovom poglavlju opisan je razvoj metalurgije na tlu Republike Hrvatske tijekom Starog doba i Antike kao posljednjeg razdoblja Starog vijeka.

Tragovi rudarenja na tlu Hrvatske iz pretpovijesnog razdoblja nisu uočeni, ali u Rudama kraj Samobora pronađen je najstariji tip bakrene sjekire stare oko 4000 g. pr. Kr., kakve su se inače nalažene na ležištima ruda bakra, a rabile se u tadašnjim rudnicima. Naime, na području Ruda bila su bogata gnijezda halkopirita pa čak i samorodnog bakra. Taj se nalaz od prije 6000 godina može smatrati najranijim dokazom rudarenja i metalurgije na području današnje Hrvatske [1].

U Hrvatskoj su se predmeti od arsensko/antimonske bronce pojavili oko 3500 g. pr. Kr. s tzv. **badenskom kulturom**, i među najstarijima su na svijetu. Ova prva indoeuropska kultura nastala je kao rezultat seoba naroda sjeverno od Kavkaza, na prostoru gdje nema oksidnih ruda bakra, kao npr. kuprita, pa su tamo tetraedrit i tenantit prve rude bakra na koje su nailazili.

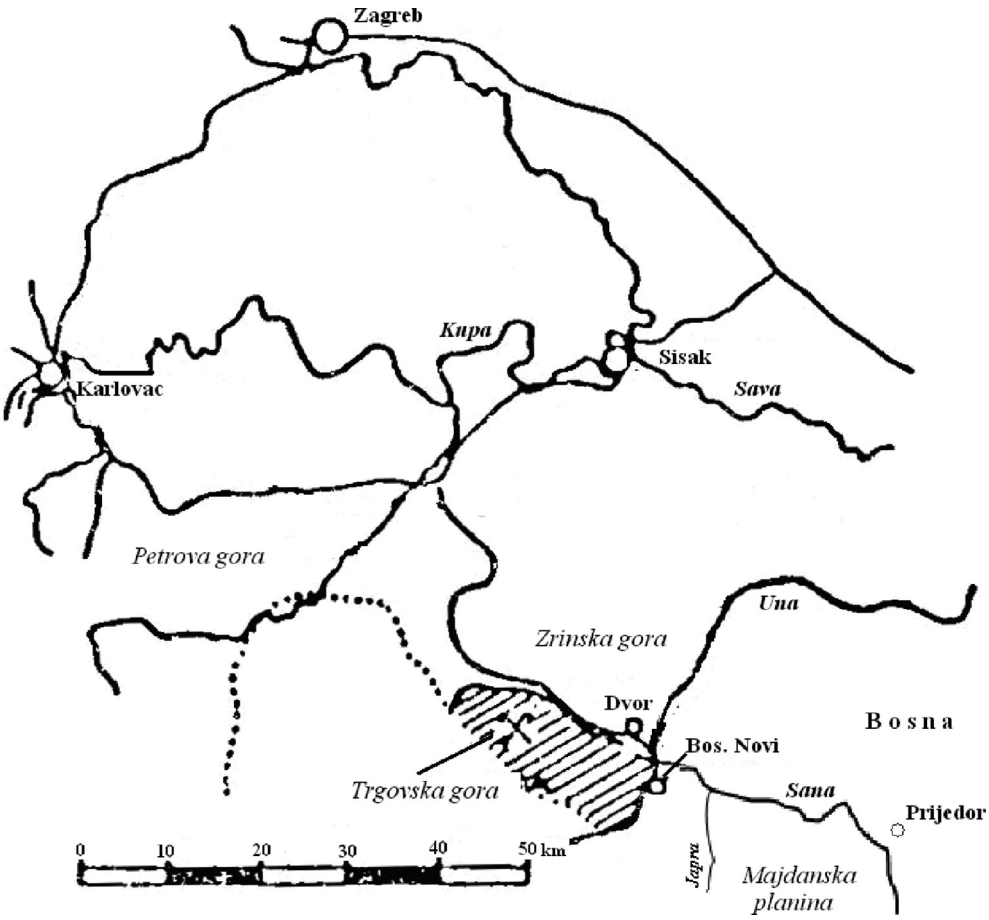
Metalurgija arsenske bronce s badenskom kulturom, koja se uglavnom smjestila uz desnu dunavsku obalu, u Hrvatskoj ima nekoliko većih središta od kojih se ističu Vučedol (kod Vukovara) i Sarvaš (nedaleko Osijeka). Kroz teritorij Hrvatske prolazio je i jedan od najstarijih putova koji su jezgru kulture smještenu uz Dunav snabdijevali njima toliko potrebnom arsenskom broncom. Trasom Vučedol – Petrovci – Vinkovci – Borinci – Stari Mikanovci, Đakovo – Klokočevik – Donja Vrba – Gornja Bebrina, na Savi kod Slavonskog Broda, u Panonsku je nizinu stizala tenantitna ruda iz za njih najvažnijih ležišta smještenih u dolini Vrbasa uzvodno od Banje Luke. Ovaj put napravljen prije svega iz tehnoloških potreba, na kojem je na svakih dvadesetak kilometara bio smješten po jedan badenski lokalitet, postao je najvažnija komunikacija tijekom čitave povijesti do sredine 20. st. spajajući dva dijela Slavonije kroz nepreglednu hrastovu šumu [2].

Novi, još snažniji razvoj metalurgija je doživjela u vrijeme **vučedolske kulture**, koja se razvija nakon badenske, na njoj matičnom lokalitetu – Vučedolu. To razdoblje od 3000. do 2500. g. pr. Kr. može se nazvati praskozorjem Europe i uvodom u pisanu povijest. Vučedolskoj su kulturi suvremenici prve države i pojava pisma u Mezopotamiji i prvi faraoni u Egiptu [2]. Bio je to veliki napredak kada je na tim prostorima kamen, kao neolitički graničnik i međaš, zamijenjen metalom. U sve većoj potražnji za rudom bakra, dolazi do širenja vučedolske kulture iz matičnog područja (u istočnoj Slavoniji) na rudna područja širom srednje i jugoistočne Europe.

To je bila neka vrsta ‘’proto-industrijske revolucije’’ u Europi jer se dio populacije stočarskog društva opredjeljuje za još prosperitetnije zanimanje – metalurgiju. Posvetivši se preradi rude i serijskoj (normiranoj) proizvodnji metala, unijeli su u metalurgiju bakrenog i brončanog doba sve značajne inovacije (kupolaste peći, dvodijelne i višedijelne glinene kalupe, mijeh, legiranje itd.). Vučedolska kultura zatvorila je svoj životni put oko 2400 g. pr. Kr. u doba prodora trećeg seobenog vala Indoeuropljana [3].

Pri svom kraju, kada ponestane tenantitne i tetraedritne rude, vučedolska kultura morala je potražiti nova nalazišta ruda bakra. Nalaze ih na području Trgovske gore gdje je prema F. Tućanu bilo i elementarnog bakra kao prevlake preko halkopiritne rude [4]. Vučedolska kultura radi svojih potreba za metalom naselila je i lokalitet Osječenicu iznad sela Gorička (kraj Dvora) na Banovini. Od tog vremena vučedolska kultura je čvrsto na današnjem prostoru Banovine. Zakratko nastupaju veliki problemi jer nova ruda – halkopirit ne daje leguru, već čisti bakar. I upravo je u vučedolskoj kulturi, prema današnjim pokazateljima, bakru dodan kositar i na taj način stvorena je najranija danas poznata bronca [5].

Za razvoj metalurgije na području Siska i Banovine ključnu ulogu je imala Trgovska gora na kojoj su se nalazila najveća ležišta ruda metala na hrvatskom tlu (**Sl 1**). Naime, područje Zrinske gore izgrađuju sedimentne, magmatske, ultramafitne i metamorfne stijene, kronostratigrafskog raspona od paleozoika do kvartara. Glavna



Sl. 1. Položaj Trgovske gore [6]

ležišta i pojave metala vezana su za granično područje Zrinske i Trgovske gore na potezu Gvozdansko – Trgovi s obje strane potoka Žirovac [7]. Prevladava mišljenje da su željezna, bakarna, olovna i baritna ležišta na Trgovskoj gori gornjopaleozojske starosti i da pripadaju hercinskoj metalogenoj epohi. Formirana su u marinskoj sredini, a orudnjenje je vezano na submarinski vulkanizam [8]. Temeljem analize uzoraka galenita L. A. Palinkaš [9] smatra da je proces mineralizacije nastupio kasnije u odnosu na prvotne stijene, tj. epigenetskim mehanizmom, magmatskim aktivnostima u trijasu (početak mezozoika) koje su započele u permu (kraj paleozoika). Paleozoik Trgovske gore je sjeverozapadni nastavak znatno većeg i metalogenetski važnijeg Unsko-sanskog paleozoika, područja koja se nalaze između gradova Bosanskog Novog, Prijedora i Sanskog Mosta. U paleozoiku tog područja, južno i istočno od grada Prijedora, nalaze se najveća ležišta ruda željeza Ljubija i Tomašica [10].

Banovina se u kasno brončano doba intenzivno naseljava (od 12 st. pr. Kr.), kako južno tako i sjeverno od Zrinske gore do Kupe [11]. Vjerojatno je u to doba otvoren i sjeverni put preko Zrinske gore jer od vremena vučedolske kulture postoji komunikacija uz Unu. Prelaskom sljemena Zrinske gore, samo 5 km južno od Malog Gradca, otvara se put na Unu i dalje preko Bihaća u središte Dalmacije. Time se otvorio jedan od najznačajnijih povijesnih pravaca koji su povezali Jadran s Panonijom. Zbog njega je nikao i opstao Sisak kao ključno mjesto u tom sudaru kultura.

Prvo naselje na današnjem položaju Siska izgrađeno je u 8. st. pr. Kr. radi važnog komunikacijskog položaja na Savi, a egzistenciju je osiguravalo prije svega proizvodnjom željeza iz rude koja je dopremana iz Trgovske gore. Ovo naselje iz ranog željeznoga doba (halštatskog perioda) i njegova veza sa željezom najvjerojatnije je uzrokom da i Kelti, u kasnijem željeznom dobu došavši u Panonsku nizinu, upravo ovdje osnivaju svoje najvažnije naselje. Kao najveći znalci u proizvodnji željeza, koji i svoju europsku ekspanziju imaju zahvaliti upravo osvajanjem temeljenom na tom znanju, samo su iskoristili već dane predispozicije u postojećem položaju i ovdje utemeljili naselje Segesticu. U Goričkoj (Osječenici) su, kao slučajni nalazi, nađene dvije noričke tetradrahme (keltski srebrni novac) i jedan rimski republikanski denar iz 84. g. pr. Kr., što govori o zajedničkoj cirkulaciji oba novca, ali i keltskoj i rimskoj vezi s tim područjem [12]. Prema nalazima keltskog novca na Osječenici i Kelti su u Segestici orijentirali svoju proizvodnju željeza isključivo na eksploataciji ruda željeza iz Trgovske gore. Ni njima, kao ni njihovim prethodnicima, nisu bile dostupne velike rezerve ruda željeza iz sjeverozapadne Bosne, one između Une i Sane, na čijem prostoru egzistira druga značajna metalurška populacija, ilirski Mezeji.

Jugozapadni dio Zrinske gore i Trgovska gora bili su značajan rudonosni potencijal, a tvorili su cjelinu s onim na Sani, Japri i Uni tek kad Rimljani poraze i Mezeje i Kelte te preuzmu kontrolu na cijelom ovom području. Izuzetno značajne *offici-*

nae ferrariae (talionice) uz Japru i Sanu nadopunjuju se uz rude željeza i rudama obojenih kovina (bakar, olovo i srebro) na području Zrin, Čatrnja, Srebrenjak i Gradski potok na Trgovskoj Gori. U antičko doba rude željeza obično su se talile u malim ognjišnim glinenim ili kamenim pećima cilindričnog oblika visine oko 1 m i promjera od 0,35 do 0,40 m [13]. Rimljani distribuiraju željezne materijale na dva načina, bilo kao izravan proizvod koji bi se staložio na dnu peći, tj. grumen "spužvastog željeza" s primjesama troske i rude mase 20-30 kg, ili su taj grumen, tzv. "željezni cvijet", prekivali u otkivke mase 3-5 kg namijenjene za daljnju obradu. Sirovi željezni otkivci ili gotovi proizvodi dopremani su u Sisciju iz tih najbližih rudnika željeza navedenom cestovnom trasom Gorička – Mali Gradac – Siscia. Tako je čitav kraj bio pod dominantnom kontrolom gradine Osječenica. Ta je gradina, sa svojim dugim kontinuitetom naseljavanja od vremena ranog brončanog doba do kraja antike, kao prilaz Zrinskoj gori južni pandan gradini u Malom Gradcu koja se nalazi s njezine sjeverne strane. Usvoji li se pretpostavka da davno nađeni dio rimskog žrtvenika iz Goričke predstavlja carinski natpis, tada je neprijeporno da se južno od toga položaja nalazi rimska provincija Dalmacija. Tako se na najkraćem putu od Siscije prema rudnicima mora proći kroz Mali Gradac (pretpostavljeni *Ad Fines* s panonske strane), doći na vrh Zrinske gore (kao granicu) i spustiti na jug do Goričke gdje je mogla biti carinska kontrola s druge strane granice (ona u Dalmaciji) [12].

Značaj predrimskog naselja iz ranog željeznoga doba na položaju današnjeg Siska imao je zahvaliti svoju egzistenciju toj komunikaciji, a keltska je Segestica osobito potencirala ovu trasu. Prema nalazu rimskog denara u Gorički može se pretpostaviti da su Rimljani držali pod kontrolom utvrdu Osječenicu već za vrijeme njihove opsade Segestice. Naime, od 156. g. pr. Kr. Rimljani nastoje osvojiti Panoniju. U 35. g. pr. Kr. Oktavian August osvaja i razara Segesticu, da bi potom na drugoj, lijevoj obali, utemeljio novo naselje Sisciju [14].

Već uhodanu proizvodnju željeznih proizvoda na ovom teritoriju preuzimaju Rimljani. U njihovo doba metalurgiji se posvećivala posebna pažnja radi potrebe za oružjem. Za cjelokupna trajanja rimske prevlasti u Panoniji, u Sisciji na obali Kupe rade velike radionice za proizvodnju oružja. Na desnoj obali Kupe današnjeg Siska (poziciji nekada antičke Segestice), vide se za vrijeme niskog vodostaja preko 200 drvenih trupaca zabijenih u korito rijeke. Ova pozicija se inače naziva "mint". Može se smatrati da je u rimsko doba služila kao pristanište za pretovar roba ili eventualno su se tu nalazile i kovačnice u kojima su korišteni veliki mjehovi pokretani vodenim pogonom. U doba cara Galijena, u drugoj polovici 3. st., u Sisciji je otvorena kovnica novca.

Vrlo je vjerojatno da se u rimsko vrijeme, zbog naraslih potreba za željezom, otvara i komunikacija rijekama (Kupa, Sava, Una, Sana i Japra) te je tom trasom skrenula i glavnina prometa roba. Naime, uz rijeku Sanu (Stari Majdan) te uz rijeku

Japru (Blagaj i Moslavare) pronađene su velike količine troske, s prosječnim udjelom od 47-48 % Fe i 2-3 % Mn, koje potječu isključivo iz rimskog doba [14]. U gospodarstvo Siscije uključila se tada i čitava trasa uz Unu, od Sane i Japre do ušća u Savu. Cjelokupni sustav metalurških radionica uz Unu radio je za tržište Siscije. Tome u prilog ide i skupni nalaz, nizvodno od Hrvatske Dubice, od 97 željeznih otkivaka kao poluproizvoda prosječne mase od 4,40 kg. Rijekama su u Sisciju dopremani željezni poluproizvodi i gotovi proizvodi, a obrnutim je smjerom čak do Japre stizala, uz ostale proizvode, i opeka iz Siscije [15].

Može se pretpostaviti da je u Sisciji bilo prerađeno u gotove proizvode, a dijelom samo administrativno prošlo, oko milijun t željeza. Posebice se proizvodnja intenzivirala od vremena cara Septimija Severa do smrti Teodozija II 423. g., a sporadično se nastavila do smrti ostrogotskog vladara Teodorika 511. g. Kovnica novca u Sisciji intenzivno radi do doba cara Teodozija (408.-450. g.), kada i prestaje s radom. U rimskoj Sisciji proizvodilo se dnevno i do 10 t željeznih proizvoda [12].

2.2 Srednji vijek

U srednjem vijeku, tj. od oko 500 do oko 1500 godine, propašću Rimskog Carstva zamrla je i rudarska aktivnost, a obnovljena je dolaskom Sasa krajem 10. i početkom 11. stoljeća. Rudišta rude olova bila su locirana u dolini Malog Majdana, a manjim dijelom u području Srebrenjaka i Tomašice, dok se ruda željeza kopala u ostalim lokalitetima Trgovske gore. Rudarilo se na primitivan način korištenjem isključivo ljudskog rada i vodene energije.

Od tog se doba uz kraće prekide nastavlja iskorištavanje rudnih ležišta koje svoj puni zamah dobiva tek 1463. g. Naime, te godine kralj Matija Korvin izdaje grofu Petru Zrinskom, za njegove zasluge, dozvolu za trajno iskorištavanje rudnika zlata, srebra, bakra i drugih kovina. Tom se povlasticom Zrinski najprije koristio za rudarenje u Gvozdanskom na Banovini, a potom i za otvaranje rudnika na Zagrebačkoj gori i u Gorskom kotaru (Lič i Čabar).

Za obranu rudnika od turskih napada, Zrinski 1488. g. podiže tvrđavu Gvozdansko čiji ostaci i danas svjedoče o značajnom povijesnom razdoblju Banovine. Provale Turaka preko Une postaju sve češće, da bi nakon niza pokušaja 1578. g. osvojili grad Gvozdansko nakon herojskog otpora branitelja. Pošto su razrušili tvrđavu Turci su potopili sva rudarska okna. Prošlo je više od stotinu godina do ponovnog otvaranja rudnika.

Također, i u drugim krajevima Hrvatske, pojavljuju se u 15. st. prve stalne ljevaonice. Prva dubrovačka ljevaonica topova, isprva kovnica, osnovana je 1410. g. na Pilama. Prva stalna zagrebačka ljevaonica zvona utemeljena je 1456. g., a osim zvona lijevali su se različiti brončani predmeti, a u doba obrane od Turaka i topovi. [1].

2.3 Novi vijek

Na početku 16. st. otvara se rudnik u Rudama kraj Samobora (prema zapisima 1528. g,) u kojima se rudarilo na rude bakra, a bakar se proizvodio taljenjem rude u tamošnjim pećima. Godine 1582. otvorene su i dvije kovačnice, a bakar se izvozio preko Dubovca (danas Karlovac). U Rudama se od 1850. do 1960. g. eksploatirala i ruda željeza, a željezo se proizvodilo u visokoj peći u koju je zrak upuhivan pomoću kompresora pogonjenog parnim strojem. Odljevci od željeznog ljeva proizvodili su se u tamošnjoj ljevaonici [1].

Prvu manufakturnu proizvodnju roba na osnovi željeza na hrvatskom tlu osnovao je Petar IV. Zrinski u Čabru, izgradivši 1651. g. peć za taljenje, ljevaonicu i kovačnicu. Proizvodio je čavle, potkove, obruče, mužare, sjekire, motike, pijuke, vile, predmete za kuhinju te željezne šipke za kovače i bravare. Pogubljenjem Zrinskog 1671. g. došlo je do zastoja u proizvodnji. Proizvodnja je obnovljena izgradnjom, nove visoke peći 1685. g. Pomanjkanjem rude željeza u okolici Čabra te gubitkom tržišta, zbog utjecaja kranjskih i koruških manufaktura, proizvodnja željezne robe u Čabru prestala je 1785. g. [1].

Na prijelazu iz srednjeg u rani novi vijek najintenzivnije rudarenje na srebronosne galenite na Trgovskoj gori odvijalo se u 15. i 16. st. (1463.-1578. g.), prije svega radi srebra koje su grofovi Zrinski u vrijeme kralja Ferdinanda I (1527.-1564. g.) pa i ranije, rabili u svojoj kovnici u mjestu Gvozdanskom. U to doba u dolini potoka Majdana postoji veći broj manjih rudnika (najpoznatiji je ‘’Leopold’’) i 17 talionica za olovo i srebro. O proizvodnji srebra zabilježeno je tek da je 1532. g. proizvedeno 30 000 dukata (104,7 kg), a u tri mjeseca 1540. g. 1.100 lota (16,2 kg). Prema prosudbama, izvađeno je u razdoblju 1463.-1578. g. od 25 000 do 40 000 t ruda olova te proizvedeno 2000-4000 t olova i 800-1400 kg srebra [10].

Kovnica novca radila je u vrijeme grofova Nikole III Zrinskog (1493.-1534. g.) i Nikole IV Zrinskog (1508.-1556. g.). Prestala je raditi smrću Nikole III 1534. g., ali ima pokazatelja da je ponovo aktivirana 1546. g. Ali, to nije moglo dugo potrajati zbog najezde Turaka 1561. g. U kovnici su kovani taliri od finog srebra (ϕ 25 mm, mase oko 5,5 g) i denari (1/60 talira, ϕ 14,0-16,8 mm, mase 0,51-0,61 g) [10], **Sl 2**. Godine 1696. zabilježeno je da su u okolici Hrastovice zapaženi stari rudnici ruda željeza. No ne zna se jesu li za svoje potrebe rudarili mještani ili možda grofovi Zrinski, inače vlasnici rudnika u Trgovskoj gori [10].

Poslije povlačenja Turaka u drugoj polovici 18. stoljeća počela su vrlo intenzivna istraživanja rudnog blaga Petrove gore i Banovine temeljem odredbe Marije Terezije iz 1770. g. U razdoblju 1768.-1788. g težište je bilo na istraživanju ruda bakra u širem području Gradskog potoka i Tomašice. Od 1788. do 1832. g. intenzivirano



Sl. 2. Novac iz kovnice Zrinskih u Gvozdanskom od 1520. do 1534. g. [10]

je istraživanje ruda željeza u širem području Gvozdanskog, Resanovića i Kosne [16]. Početno su krenula otkapanja isključivo ruda željeza, a kasnije i ruda bakra (1840.-1874. g), te u minimalnim količinama i ruda olova. Od 1778. do 1805. g. nađene su, između ostalog, i rude željeza na nizu mjesta od Vojnića preko Gvozda do Gline, te od Petrovca do Peckog, kao i tragovi prastarih rovova i peći za taljenje kraj Perne i Malićke. Istraživali su se reviri Zrin i Ferdinand (Čatrnja, južno od Gvozdanskog) te ležišta ruda bakra. Proizvodnja u rudniku Zrin počela je krajem 18. i početkom 19. st., a manja količina rude olova otkopana je od 1858. do 1876. g. kad se u Bešlincu osim bakrove talilo i nešto rude olova (sveukupno oko 100 t). Prema podacima iz 1906. g. ruda iz Zrina sadržavala je 27,45 % olova i 1003 g srebra po toni rude, a ruda olova iz Simona potoka (rudnik ‘’Franc’’) 24,90 % olova i 1100 g srebra po toni rude [10].

Krajem 18. st. rude željeza u Trgovskoj gori počinje iskorištavati tvrtka ‘’Triester Berggeverkschaft’’ d.d., koja 1794. g. u Trgovima osniva posebno poduzeće koje je otvarilo rudnike u Kosni, oko Gvozdanskog i Trgova. Izgrađene su kamene visoke peći u Kosni 1804. g. i Trgovima 1806. g. Peć u Trgovima bila je izgrađena uz potok Žirovac, a započela je radom u ožujku 1808. godine. Bila je visoka oko 11 m. U razdoblju 1832.-1838. g. u Trgovima je uz visoku peć radila manja pržna peć u kojoj se oplemenjivala rovna bakrova ruda s 6-8% Cu na 33 % Cu [15]. Rudnici

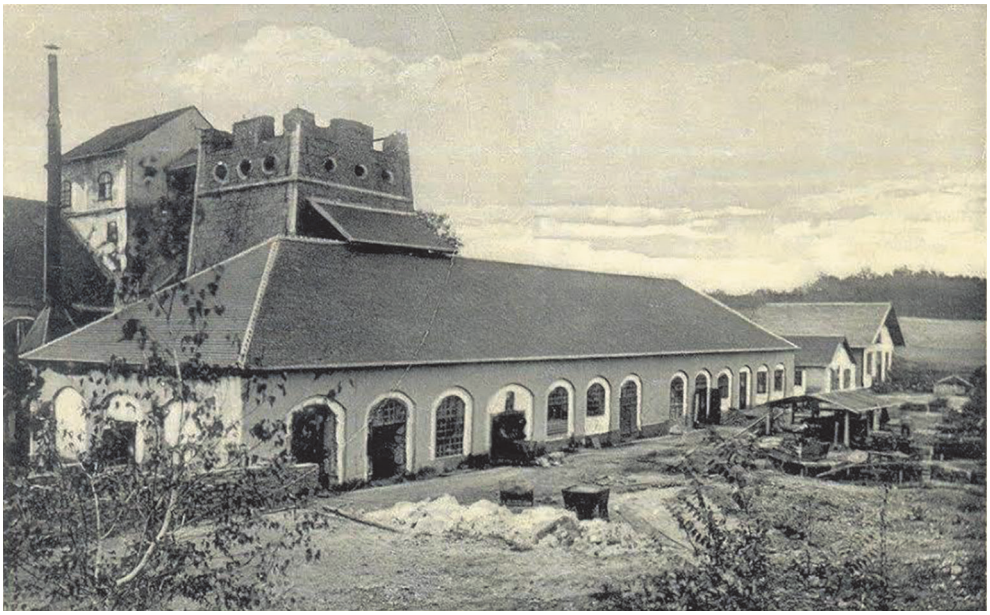
i peć radili su tridesetak godina slabim intenzitetom zbog francuske okupacije (1809.-1813. g) kao i drugih poteškoća, tako da se proizvodilo svega 15-75 t željeza godišnje. Od 1830. do 1850. g. učestalo se mijenjaju vlasnici trgovskih rudokopa. Dvije godine posjedovao ih je vlasnik koruških rudnika cinka Jakl, potom ih kupuju celovečki trgovci Polenker i Jager, a nakon 1841. g. Steinauer. Unatoč nekontinuiranoj proizvodnji, količina dobivena željeza povećavala se i iznosila je od 150 t do maksimalnih 455 t 1885. g., za što je bilo potrebno iskopati 1137 t rude. Nakon 1832. g. počinje naglo rasti potražnja i za bakrom Trgovske gore pa su 1840. g. otvoreni prvi rudnici, a dvije godine kasnije i talionica ruda bakra u Bešlincu. Sve poslove vodi bečko Ministarstvo poljodjelstva i rudarstva. Godine 1855. rudišta u Gradskom potoku obilazi poznati geolog V. M. Lipold. Potaknut njegovim mišljenjem, rudnike bakra, a i ostale, kupuje 1856. g. bečki trgovac Belgijanac Gilain i osniva poduzeće ‘’Trgovski rudnici i talionica’’ d.d. Bešlinac. Oko 1870 g. u Trgovskoj gori je aktivno sedam rudnika, u kojima se otkopava ruda sa srednjim sadržajem bakra od 6,5 %. Od 1857. do 1874. g. proizvedeno je 1845 t rude bakra [10].

Stara peć u Trgovima gasi se i ruši 1856. g., da bi već 1857. g. u pogon bila puštena nova 12 m visoka peć. Sirovo željezo voženo je do Save, Savom do Zidanog mosta, a onda vlakom do valjaonice Štore (Celje) i Körösi (Graz) [13]. Nešto prije 1870. g. vlasnikom tvrtke ‘’Trgovski rudnici i talionica’’ postaje poduzetnik Frohm, koji preuređuje bešlinačku talionicu bakrovih ruda u visoku peć, tako da se rudu željeza talilo i u Trgovima i u Bešlincu. Godišnja proizvodnja željeza u Trgovima 1874. g. iznosila je 545,4 t, a u Bešlincu je još nije bilo. Već iduće 1875. g. proizvodnja u Trgovima je 291,9 t, a u Bešlincu 1247,7 t. Do 1881. g. godišnja proizvodnja je varirala jer su iz različitih razloga talionice bile često van pogona. Osim na rude željeza, u Trgovskoj se gori u drugoj polovici 19. st. neko vrijeme rudarilo i na rude bakra i olova. Kasnije, prerada rude željeza s tog područja koncentrirana je u Bešlincu, a izgrađena je i počela s radom talionica u Velikoj Vranovini (kod Topuskog) s kapacitetom od pola vagona željeza na dan. U 16 m visokoj peći, kao i prije navedenim pećima, umjesto koksa rabio se drveni ugljen. Na **Slikama 3 i 4** prikazane su fotografije kamenih visokih peći u Bešlincu i Velikoj Vranovini iz vremena kada su bile u funkciji.

Likvidacijom tvrtke ‘’Frohm & Kameja’’ dolazi do prekida rudarenja od 1879. g do 1900. g. Rudarenje je obnovljeno 1901. g. kad peći i rudarska prava otkupljuje društvo ‘’Société anonvme des hauts forneaux mines et forêts en Croatie Trgovo-Bešlinac (Bruxelles)’’ i osniva ‘’Poduzeće visoke peći’’ d.d. koje nastavlja s otkopavanjem ruda željeza, ali otvara i rudnik bakrove rude. Ova tvrtka postoji do 1913. g., a godinu dana kasnije kao vlasnik ugašene talionice u Bešlincu spominje se Anglo-njemačka banka u Hamburgu.



Sl. 3. Kamena visoka peć u Bešlincu [Foto: Gradski muzej Sisak]



Sl. 4. Kamena visoka peć u Velikoj Vranovini [Foto: Gradski muzej Sisak]

Pod prvom industrijskom ljevaonicom smatra se tvornica osnovana 1853. g. u Rijeci pod nazivom Ljevaonica metala (Fonderia Metalli), kojoj je 1856. g. promijenjen naziv u Riječki tehnički zavod (Stabilimento tecnico fiumano). U tvornici je 1866. g. razvijen prvi riječki, ujedno i svjetski, uporabljivi torpedo. Tvornica je 1953. g. promijenila naziv u Torpedo. Na riječkom Dolcu, u središtu grada, 1859. g. počela je raditi mala ljevaonica bronce i željeza Fonderia al Dolac di Diracca, Cussar, Skull. Nakon Drugog svjetskog rata Skullov pogon preseljen je u bivšu Tvornicu duhana i nastavio je raditi u sklopu poduzeća Rikard Benčić. Na riječkom je Sušaku 1929. g. osnovana pomorska mehaničarska radionica (od 1931. Sila, od 1933. Vulkan) u čijemje sklopu bila i ljevaonica za sivi lijev i obojene metale

2.3 Razdoblje nakon Prvog svjetskog rata

Nakon Prvog svjetskog rata nastavlja se s vađenjem rude željeza u Trgovskoj gori. Prema statističkim podacima rudarstva Kraljevine Jugoslavije ukupna godišnja proizvodnja željeza u talionicama Topusko (Vranovina) i Bešlinac u razdoblju od 1919. do 1937. g. kretala se između 1000 i 10 000 t, a broj zaposlenika od 8 do 149.

Vlasnikom Bešlinca 1935. g. postaje poduzetnik Schwechart, koji 1936. g. otvara rudnike. Novi se vlasnici, poduzetnici Tič, Gruden i Kaučnik, pojavljuju 1939. g., a 1941. g. Bešlinac kupuje tvrtka ‘’Bata’’ iz Borova. Najviše su se proizvodili čavli, potkovice i zakovice za cipele, a još i u prvoj godini rata ljevaonica je proizvodila dijelove za bicikle, pribor za jelo i odljevke od sivog lijeva. Krajem 1941. g. zbog ratnih djelovanja proizvodnja u rudnicima i talionici je prestala. Iz dvadesetak aktivnih rudnika iskopano je od 1936. do 1941. g oko 60 000 t rude. ‘’Bata’’ je 1945. g. imao još nekoliko rudnih polja (Jankovac, Meterize) te dnevno proizvodio 15 t željeza.

Metalurg ing. Miroslav Tomac, koji je jedno vrijeme radio i u Bešlicu, utemeljio je Rudarsko udruženje Talionica Caprag, organizirano kao dioničko društvo, te projektirao peć sa zavarenim čeličnim plaštem. Radovi na peći započeli su sredinom 1938. g. u Capragu, predgrađu Siska. Peć je puštena u pogon u kolovozu 1939. g. s dnevnom proizvodnjom od 40 t sirovog željeza (**Sl 5**). Izbor lokacije bio je prije svega zahvaljujući prometnoj povezanosti Siska željeznicom te dvjema plovnim rijekama Kupi i Savi, što je omogućavalo jeftiniji i brži transport ruda, koksa i gotovih proizvoda. Također, u to vrijeme, Sisak je imao i raspoloživu radnu snagu. Osnovni nedostatak peći u Talionici Caprag bilo je zagrijavanje zraka u željeznim rekuperatorima, umjesto učinkovitije primjene regenerativnog zagrijavanja zraka u kauperima, što je rezultiralo nižom temperaturom predgrijanja zraka, velikom potrošnjom koksa i nemogućnošću profitabilnije proizvodnje sirovog željeza. Početkom drugog svjetskog rata povećala se potražnja za čelikom, tako da je novim ulaganjima povećana proizvodnja na 60 t dnevno. Uspostavom Nezavisne Države



Sl. 5. Talonica Caprag [Foto: Gradski muzej Sisak]

Hrvatske, u ratnim se godinama, Talionica Caprag suočila sa brojnim poteškoćama u radu zbog manjka radne snage i otežane dobave ruda i koksa što je rezultiralo osjetnim padom proizvodnje.

Nacionalizacijom Talionice u 1946. g. mijenja se i njen naziv u Narodna talionica Caprag. Potkraj 1946. g. došlo je do odluke o izgradnji nove Željezare Sisak na prostoru nasuprot staroj Talionici. U periodu od 1948. do 1956. izgrađen je novi pogon Visoke peći (Talionica), Valjaonica bešavnih cijevi, Ljevaonica, Čeličana i Energana integrirajući na taj način tehnološki proces od željezne rude preko sirovog željeza i čelika do proizvodnje bešavnih cijevi. Također, izgrađene su pomoćna postrojenja, prometnice, otvoreni rudnici željezne rude i kamenolom vapnenca. Od 1952. g. sustavna rudarska istraživanja na prostoru Trgovske gore provodi Željezara Sisak. Posljednji aktivni rudnici ruda željeza u Trgovskoj gori bili su Meterize i Jokin potok (do1965. g.) i Bukovica (do 1968.g.)

Prva nova visoka peć (VP 2) puštena je u pogon 1949. g , a druga nova visoka peć (VP 3) 1950. g. Bile su volumena 123 m^3, a zrak je predgrijavan u kauperima na 700 do 1000 ºC. U 1972. i 1973.g. na obje peći volumen je povećan na 202,9 m^3. Proizvodnja čelika započela je 1954. g. puštanjem u pogon prve Siemens-Martinove peći, te druge 1955. g. U 1966. g. puštena je u pogon elektropeć kapaciteta 42 000 t/god, a 1973. g. uvedena je tehnologija kontinuiranog lijevanja. Odluka o

gradnji Koksare u Bakru donesena je 1971. g. Za vrijeme rada Koksare, u razdoblju od 1978. do 1994. g. u sastavu Željezare Sisak, proizvedeno je 13 600 000 t koksa, 544 000 t sirovog katrana i 4 800 000 m³ koksnog plina. Valjaonica traka, gredica i šavnih cijevi puštena je u pokusni pogon 1964. g. Radi potrebe visokostručnog kadra metalurške struke u Sisku u akad. god. 1960./61. započela je nastava na Metalurškom odjelu i Tehnološko pogonskom odjelu za naftu kao sastavnicama matičnog Tehnološkog fakulteta u Zagrebu. Odluka o osnivanju Instituta za metalurgiju donesena je 1981. g. U 1989. g. Željezara Sisak proizvodila je 780 000 t koksa, 365 000 t čelika, 214 000 t sirovog željeza, 114 000 t šavnih cijevi, 73 800 t preciznih šavnih cijevi, 34 000 t hladno vučenih i pilgerovanih, 136 000 t bešavnih cijevi i 3730 t odljevaka.

U vrijeme Domovinskog rata nastupila je opća nelikvidnost privrede, a proizvodi dobiveni zastarjelim postupcima sve su se teže plasirali na inozemno tržište. Obustavljena je proizvodnja aglomerata i sirovog željeza, a prestale su s radom i Siemens-Martinove peći. Proizvodnja čelika nastavljena je s postojećom elektrolučnom peći, koja za sirovinu nije trebala sirovo željezo, nego čelični otpad, koji se uvozio za proizvodnju šavnih i bešavnih cijevi. Proizvodnja čelika reducirana je na 57 % predratnog kapaciteta, proizvodnja koksa na 50%, čelične trake na 17 %, šavnih cijevi na 24 %, bešavnih cijevi na 23%, preciznih šavnih cijevi na 31%, a hladno vučenih i pilgerovanih cijevi na tek 8% nekadašnjeg kapaciteta. Odlukom vlade N. Valentića od 26. rujna 1994. g. Koksara prestaje s radom.

Odlukom Vlade Republike Hrvatske postupak sanacije okončan je 31. 03. 2001., a na prijedlog Fonda za privatizaciju i Rješenjem Trgovačkog suda u Zagrebu od 18. 09. 2001. otvoren je stečajni postupak nad trgovačkim društvom Željezara Sisak d.d. Nakon dva neuspješna procesa privatizacije od strane ruskih tvrtki Truboimpeks i Mechel, Željezara Sisak bila je u vlasništvu američke tvrtke CMC SISAK d.o.o., Sisak. Današnji vlasnik proizvodnje čelika u Sisku je talijanska tvrtka A.B.S. Sisak d.o.o., koja ima tehnologiju proizvodnje čelika s elektrolučnom peći i kontinuiranim lijevanjem okruglih proizvoda promjera od 210 mm do 410 mm i gredica 160x160 i 170x170 mm. Peć ima kapacitet od 75 t za pretaljivanje čeličnog otpada.

U Hrvatskoj, do Domovinskog rata proizvodnja čelika s preradom je bila blizu 450 000 t čelika godišnje. Hrvatska je imala više i drugih metalurških tvrtki od kojih su bile prepoznatljive:

- "Željezara Split" s godišnjom proizvodnjom od 120 000 t (okrugli profili glatkog i rebrastog betonskog čelika, valjana hladno vučena žica i dr.). Nakon rekonstrukcije elektropeći i valjaonice proizvodnja je podignuta na 190 000 t;
- Tvrtke za preradu čeličnog uloška u gotove proizvode: Valjaonica Kumrovec (profili i betonski čelici), Armko – Konjščina (žica), Histria tube – Potpičan (šavne cijevi);
- Tvornice ferolegura (Šibenik, Dugi Rat) s godišnjom proizvodnjom 168 000 t.

U svim navedenim pogonima obustavljena je proizvodnja.

Također, u Hrvatskoj, bila je značajna i proizvodnja aluminija. Prvi blokovi aluminija izliveni su u Tvornici aluminija "Ivanal" u Lozovcu 1937. g, tada jedinoj tvornici te vrste u Europi. Nakon dvije godine proizvedena je i prva glinica. Tvornica je uspješno radila i razvijala se do Drugog svjetskog rata. Konfiskacijom tvornice od obitelji Ivanović1946. g , registrirana je kao državno poduzeće pod nazivom Tvornica aluminija "Lozovac". 1948. g. TAL je udružen s bivšim poduzećem 'Elektroželjezara' (TEF) u Elektrometalurški kombinat. Samostalnim poduzećem ponovno je postala 1950. g, a 1964. g. udružena je s Tvornicom lakih metala koja je te godine bila izgrađena u Ražinama. Proizvodnja aluminija u TAL-u prestala je granatiranjem pogona na početku Domovinskog rata 1991. g. Prerada aluminija i aluminijskih legura u TLM Šibenik dosezala je godišnju proizvodnju od 120 000 t. Nakon dva neuspješna procesa privatizacije pogone preuzima Grupa Impol od 2016. g. najprije u najam, a zatim postaju i vlasnici šibenske tvrtke koja posluje pod nazivom Impol-TLM.

Važno je napomenuti i značajnu ljevaoničku proizvodnju. Najveću proizvodnju u povijesti hrvatske ljevaonice zabilježile su u periodu 1983.−1987. g., kada su proizvodile između 125 000 t (1983. g.) i 127 000 t (1987. g.) odljevaka na godinu [1]. Tijekom Domovinskoga rata prepolovljena je proizvodnja odljevaka zbog ratnih razaranja i stečajeva pojedinih industrijskih ljevaonica. Tijekom vremena dolazi do oporavka proizvodnje i povećanja konkurentnosti hrvatskih ljevaonica te izvoza na inozemna tržišta. U 2008. g. postignuta je najveća proizvodnja odljevaka. Proizvedeno je 53 921 t odljevaka od ljevova na bazi željeza (74,4%), 16 715 t aluminijskoga (23,1%) i 1812 t (2,5%) ljeva na osnovi bakra, cinka i olova. Broj zaposlenih iznosio je 4425. Tridesetak industrijskih ljevaonica čini više od 90% ukupne proizvodnje i broja zaposlenih. Ostatak su obrti koji se bave lijevanjem umjetnina, metalne galanterije i suvenira [1]. U Industrijskoj strategiji Republike Hrvatske 2014.–2020. lijevanje metala je svrstano u prvu skupinu, tzv. "pokretača", velikih izvozno orijentiranih pod djelatnosti koje ostvaruju pozitivan EBITDA i zapošljavaju značajan broj zaposlenih. Prema podacima za posljednju analiziranu 2018. g., u strukturi hrvatske industrijske proizvodnje primarna proizvodnja metala iznosi svega 1,84% kao posljedica nepostojanja ekonomski isplativih nalazišta primarnih sirovina i tržišnih fluktuacija njihove cijene, ali i nedostatka suvremenih proizvodnih kapaciteta. Međutim, valorizacija i izvozna komponenta gotovih metalnih proizvoda ističe se visokim udjelom od gotovo 8,03%, a proizvodnja strojeva i uređaja s 3,12%. Ukupno to čini 12,99% industrijske proizvodnje Republike Hrvatske [18]. U usporedbi s predrecesijskom 2008. g. to čini 71,2% proizvodnje u 117 tvrtki iz grane proizvodnja metala od čega se 61 bavi lijevanjem metala.

3. Zaključak

Već potkraj vučedolske kulture počinje rudarska i metalurška aktivnost na prostoru Trgovske gore da bi se nastavila tijekom halštatskog perioda povezana s naseljem iz ranog željeznoga doba na položaju današnjeg Siska kao i kasnijom keltskom Segesticom. U rimsko doba Sisak (Siscia) i njegova šira okolica postali su jedno od najvećih metalurških središta čitava carstva s metalurškim radionicama za izradu oružja i oruđa te kovnicama novca. Postojale su uhodane vodene i cestovne komunikacije za dopremu poglavito poluproizvoda od željeza u obliku otkivaka kao i za otpremu gotovih proizvoda. Poslije propasti Rimskog Carstva metalurška djelatnost zamire da bi ponovo bila obnovljena krajem 10. st. dolaskom Sasa. U srednjevjekovnom razdoblju dolazi do otvaranja rudokopa ruda željeza, bakra i olova te pokretanja prvih talionica u Rudama kraj Samobora, Gorskom kotaru (Čabru) i Trgovskoj gori. Prodorom Turaka ta djelatnost na Trgovskoj gori zamire da bi ponovo oživjela u 18. st. Najintenzivniji razvoj metalurgija na prostoru Trgovske gore ostvaruje tijekom 19. st. izgradnjom talionica bakra i visokih peći za proizvodnju željeza. Taj razvoj bio je vezan i utjecao je na razvoj naselja na području današnjeg Siska i Banovine. Naročito, bio je osnova za razvoj metalurške proizvodnje u industrijskom smislu na hrvatskom tlu izgradnjom prve suvremene visoke peći s čeličnim plaštem koja je puštena u rad u Sisku 1939. g. Poslije Drugog svjetskog rata na prostoru Trgovske gore zamire metalurška proizvodnja, a ubrzo prestaje i rudarenje na rude metala. Od 1948. g. izgrađuju se mnogi novi metalurški pogoni u Željezari Sisak, a također osnovane su nove metalurške tvrtke na hrvatskom tlu za proizvodnju čeličnih i aluminijskih proizvoda, te ferolegura i odljevaka. Tijekom i neposredno nakon Domovinskog rata dolazi do znatnog pada proizvodnje i prerade metalnih proizvoda. Oporavak metalurške proizvodnje uz restrukturiranje i ulaganje u tehnologiju, u manjim za tržište fleksibilnim tvrtkama, bilježi se ulaskom u treći milenij sve do 2008. g. Post recesijske godine ponovo bilježe rast proizvodnje u ovoj baznoj izvozno orijentiranoj industriji.

Literatura

[1] Hrvatska tehnička enciklopedija, *Dostupan na* https://tehnika.lzmk.hr/ljevarstvo/ *Pristupljeno:*2020-01-14

[2] Durman, A.: Počeci metalurgije na brodskom području, *Zbornik radova sa znanstvenog skupa o Slavonskom Brodu u povodu 750. obljetnice prvog pisanog spomenika imena Brod*, Živaković-Kerže, Z., str. 91-102, Slavonski Brod, 2000

[3] Durman, A.: Metalurgija vučedolskog kulturnog kompleksa, *Opuscula Archaeologica*, **Vol.** 6 (1983) 8, str. 1-75

[4] Jurković, I.: Lead Deposits in the Zrin District of Trgovska Gora in Croatia, *Geološki vjesnik*, **Vol.** 41(1988), str. 317-339

[5] Tućan, F.: *Specijalna mineralogija*, Školska knjiga, Zagreb, (1957)

[6] Durman, A.: Vučedolska kultura, U "*Vučedol-treće tisućljeće pr. Kr.*", MGC, Zagreb, (1988), str. 13-20

[7] Pikija, M. & Šikić, K. & Lazić, S.: Geološka obilježja Zrinske gore, U *Zrinska gora – regionalni park prirode*, Grad Petrinja i dr., ISBN 978-953-6668-46-5, Petrinja, (2010), str. 32-49

[8] Jurković, I.: Hercinska metalogeneza rudnih ležišta Trgovske gore u Hrvatskoj, *Geološki vjesnik*, **Vol. 41**, (1988), str. 369-393

[9] Palinkaš, L. A.: Lead Isotope Patterns in Galenas from some Selected Ore Deposits in Croatia and NW Bosnia, *Geološki vjesnik*, **Vol. 38**, (1985), str. 175-189.

[10] Marković, S.: *Hrvatske mineralne sirovine*, Institut za geološka istraživanja – Zavod za geologiju, Zagreb, 2002

[11] Durman, A.: Prilog za rekonstrukciju najranije povijesti, "*Zbornik naučnih i publicističkih radova od prijeslavenskih doba do naših dana*", knjiga 1, Dvor na Uni 1991., str. 89-93

[12] Durman, A.: Iron resources and production for the Roman frontier in Panonia, *Historical Metallurgy*, **Vol. 36** (2002) 1, str. 24-32

[13] Lazić, L.: Reconstruction of the stone blast furnace in Bešlinac, *Międzynarodowa Konferencja Naukowa Dziedzictwo kulturowe zabytków techniki oraz ich wpływ na rozwój współczesnych technologii przemysłowych*, Boryca, J., str. 112-122, Sielpia Wielka, 2019, Politechnika Częstochowska, Sielpia Wielka, (2019)

[14] Durman, A.: O geostrateškom položaju Siscie, *Opuscula Archeologica*, **Vol. 16** (1993), str. 117-131

[15] Durman, A.: Iron resources and production for the Roman frontier in Panonia, *Historical Metallurgy*, **Vol 36** (2002) 1, str. 24-32

[16] Jurković, I.: Lead Deposits in the Zrin District of Trgovska Gora in Croatia, *Geološki vjesnik*, **Vol. 41**, (1988), str. 317-339

[17] Jurković, I.: Copper Ore Deposits in the Gradski Potok Ore Field of the Trgovska Gora District of Croatia, *Geološki vjesnik*, **Vol. 42**, (1989), str. 347-365

[18] Savić, Z. & Hanzl, Ž.: Trendovi u industrijskoj proizvodnji s naglaskom na proizvodnju metala, *12. Znanstveno-stručni seminar: Tehnologije proizvodnje kalupa i jezgara u ljevaonicama*, Zovko Brodarac, Z., str. 2, Sisak, 2019, Metalurški fakultet, Sisak, (2019)

Razvoj biomedicinskog inženjerstva u Hrvatskoj

Prof. dr. sc. **Ratko Magjarević**,
Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva, ratko.magjarevic@fer.hr

Prof. dr. sc. **Bojan Jerbić**, redoviti član HATZ-a,
Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje, Bojan.Jerbic@fsb.hr

Prof. dr. sc. **Mario Cifrek**, redoviti član HATZ-a,
Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i strojarstva, mario.cifrek@fer.hr

Prof. dr. sc. **Toma Udiljak**, član suradnik HATZ-a,
Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje, toma.udiljak@fsb.hr

Prof. dr. sc. **Tanja Jurčević Lulić**,
Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje, tanja.jurcevic@fsb.hr

Sažetak: *Biomedicinsko inženjerstvo značajno je doprinijelo promjenama u zdravstvenoj zaštiti i medicini, pa i ostalim biomedicinskim znanostima. Medicina i zdravstvena zaštita ovise o visokoj tehnologiji za prevenciju, dijagnostiku i liječenje bolesti, te za rehabilitaciju pacijenata. Biomedicinsko inženjerstvo predstavlja jedno (od dvije) najbrže rastuće grane industrije u razvijenom svijetu, temeljeno na inovacijama što pokazuju statistike Europskog patentnog zavoda prema kojima je čitavo desetljeće broj patentnih prijava upravo najviše u području medicinske tehnologije. Razvoj biomedicinskog inženjerstva u Hrvatskoj započeo je institucionalno početkom sedamdesetih godina prošlog stoljeća, a nosioci razvoja bili su Elektrotehnički fakultet (danas Fakultet elektrotehnike i računarstva) i Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu. U ovom radu dan je prikaz dijela istraživačkih i inženjerskih dostignuća njihovih istraživačkih timova u proteklim desetljećima.*

Ključne riječi: *biomedicinsko inženjerstvo, medicinska tehnologija, istraživanje, razvoj*

1. Uvod

Biomedicinsko inženjerstvo uključuje istraživanje i razvoj u onom području tehničkih znanosti koje je povezano s ljudskim zdravljem, od razine građe i funkcije staničnih organela i strukture genoma do čovjeka, ljudskih zajednica i čitavih eko sustava. Tako stečena znanja i vještine potrebno je pretvoriti u proizvode kako bi u

obliku uređaja i postupaka omogućila spašavanje i poboljšanje života i omogućili zdravstvenim radnicima da efikasnije rješavaju zdravstvene probleme. Očekuje se globalno povećanje troškova za zdravstvo godišnjom stopom od 5,4% u razdoblju od 2018.-2022., što je gotovo udvostručenje u odnosu na porast od 2,9% u razdoblju od 2013–2017. Povećanje je posljedica širenja pokrivenosti zdravstvenim uslugama na tržištima u razvoju, rastuće potrebe za njegom starijeg stanovništva, investicija u sustave za zdravstvenu skrb u kućama, u zdravstvene informacijske sustave i telemedicinu, napretka u liječenju novim (ali i skupim) zdravstvenim tehnologijama i kao i povećanjem troškova rada u zdravstvu. Globalno tržište medicine i zdravstva dostiglo je vrijednost od gotovo 8.452 milijarde dolara u 2018. godini, nakon što je od 2014. godine raslo prosječnom godišnjom stopom rasta (engl. *Compound Annual Growth Rate* – CAGR) od 7,3%, a očekuje se da će porasti stopom od 8,9% do gotovo 11.908,9 milijardi USD do 2022. godine. U Europi, medicinska tehnologija je tehničko područje u kojem se podnese najviše patentnih prijava Europskom patentnom uredu – EPO (porast od 5% u 2018.), a slijede digitalne komunikacije i računalna tehnologija. Medicinska tehnologija je u proteklih 10 godina stalno bila područje s najviše podnesenih patentnih prijava.

Napredak biomedicinske tehnologije poboljšao je zdravlje i kvalitetu života velikom dijelu stanovništva. Danas se nakon obavljene dijagnostike i samog liječenja nastavlja rehabilitacija, koja sve više uključuje trajno praćenje zdravstvenog stanja osoba kao i njihovog uobičajenog ponašanja, uz mogućnost udaljenog medicinskog djelovanja s pomoću namjenski izgrađene telemedicinske mreže ili jednostavno pomoću povezivanja putem mobilnih pametnih uređaja. Istraživanje i razvoj u području biomedicinskog inženjerstva sve više teže pronalaženju tehnologija za sprječavanje pojave bolesti kao i njihovom predskazanju kao i personaliziranom pristupu liječenju. Većinom se temelje na prikupljanju velikih skupova medicinskih podataka, uključujući i onih dobivenih genomskim sekvenciranjem, te o primjeni umjetne inteligencije.

Jedan od velikih izazova za medicinu, zdravstvo i biomedicinsko inženjerstvo bit će postizanje kvalitete zdravstvene usluge zaštite starije populacije. U Europi projekcije stanovništva pokazuju dramatične promjene: stariji od 65 godina (17,2% u 2009. godini) činit će više od 30,0% stanovništva EU do 2060. godine. Promjena zdravlja uslijed starenja populacije uzrokuje povećane izdatke povezane sa zdravstvom, a istovremeno stanovništvo očekuje dostupnost visokokvalitetne usluge po prihvatljivim cijenama. Vjerojatno će jedino tehnološki napredak omogućiti ispunjavanje ovih zahtjeva. Mnogi medicinski uređaji se svakodnevno koriste u zdravstvu, a zaboravlja se da su u primjeni prisutni relativno kratko vrijeme: uređaji za snimanje rendgenskim zrakama koje su otkrivene 1895.g. mogu se uzeti kao primjer prve generacije medicinskih uređaja koji su značajno unaprijedili dijagnostiku. Značajni rezultati razvoja biomedicinskog inženjerstva pregledno su prikazani u nekoliko publikacija, nastalih povodom obilježavanja 50. godišnjice globalnih

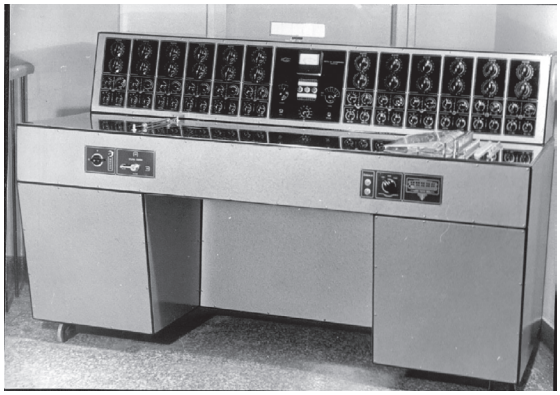
znanstvenih i stručnih organizacija u tom području [1], [2]. U Hrvatskoj se od pedesetih godina prošlog stoljeća pojavio interes za integracijom istraživanja iz medicinskih i tehničkih znanosti, a u području tehničkih znanosti, nositelji te aktivnosti bili su istraživači s Elektrotehničkog fakulteta te Fakulteta strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu. U okviru Akademije tehničkih znanosti Hrvatske od početka je postojala inicijativa u području biomedicinskog inženjerstva, dominantno (ali ne i isključivo) u okviru Odjela sustava i kibernetike [3], [4] i [5]. Namjera ovog članka je približiti čitateljima biomedicinsko inženjerstvo kroz prikaz njegovog razvoja i dostignuća u Republici Hrvatskoj.

2. Biomedicinsko inženjerstvo u Hrvatskoj

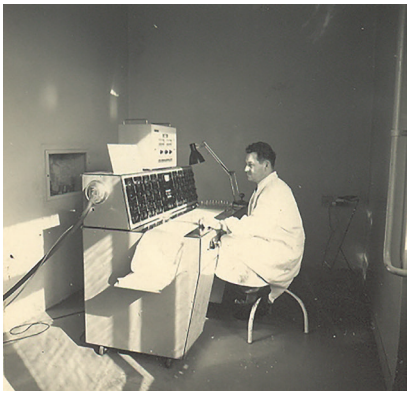
2.1 Razvoj biomedicinskog inženjerstva na Fakultetu elektrotehnike i računarstva

Počeci biomedicinskog inženjerstva na Fakultetu elektrotehnike i računarstva

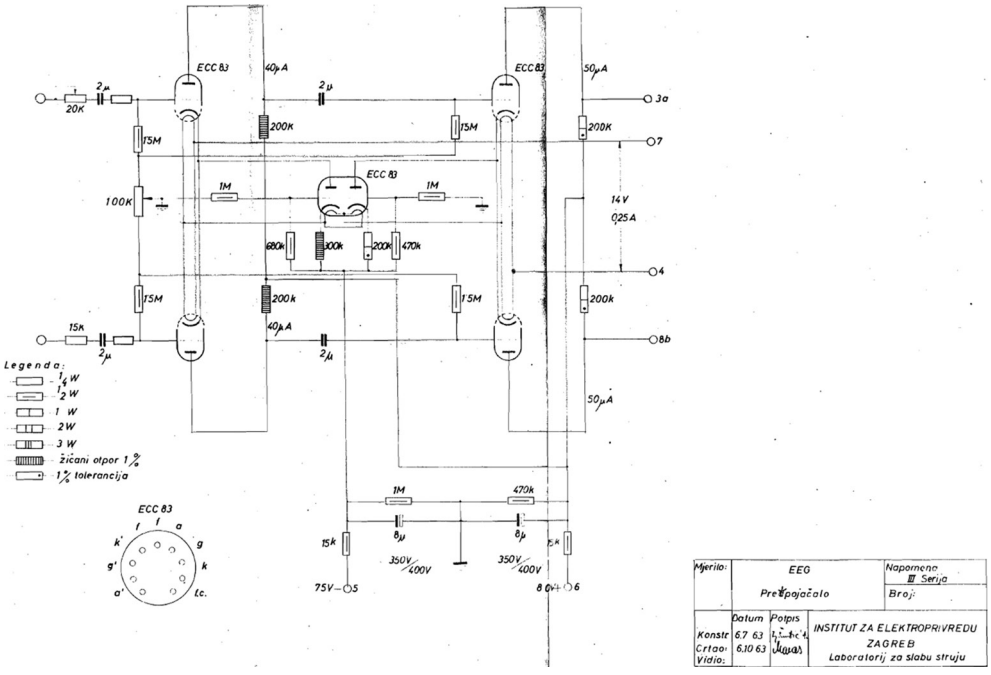
Pionir biomedicinskog inženjerstva u Hrvatskoj je prof. Ante Šantić. Prof. Šantić doktorirao je 1966. iz područja elektrotehnike na Sveučilištu u Zagrebu, Elektrotehnički fakultet. Primjena parametarskih pojačala koja je prof. Šantić razradio u svojoj disertaciji bila je u snimanju bioelektričnih potencijala, posebno u snimanju potencijala mozga (elektroencefalograma -EEG) [6], [7]. Kao voditelj Laboratorija za elektroniku na Institutu za elektrotehniku u Zagrebu, radio je na istraživanju i razvoju posebne elektroničke instrumentacije, a započeo je s razvojem medicinske instrumentacije za mjerenje bioloških napona, posebice elektroencefalografa (8- i 12- kanalnih), pri čemu je Institut postao vodeći proizvođač elektroencefalografa u Srednjoj Europi. Elektrotehničkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu pridružio se 1970. Sljedeće godine započeo je predavati predmet Biomedicinska elektronika i na Fakultetu osnovao Laboratorij za biomedicinsku elektroniku. Njegove istraživačke aktivnosti bile su u području posebne mjerne instrumentacije i biomedicinske elektronike, a u posljednjim godinama njegova djelovanja u infracrvenoj biotelemetriji, neinvazivnim mjerenjima bioloških veličina (mjerenje krvnog tlaka), analizu hoda [8] i impulsnoj pletizmografiji [8], [9], [10]. Autor je dvaju udžbenika: ”*Elektronička instrumentacija*” i ”*Biomedicinska elektronika*” [11] te istoimenog poglavlja u Tehničkom priručniku [12]. Profesor Šantić je za svoje istraživanje prepoznat na međunarodnoj i na nacionalnoj razini. Bio je prvi europski istraživač u području biomedicinskog inženjerstva koji je 2003. godine primio prestižnu nagradu IEEE EMBS (*Institute of Electrical and Electronics Engineers, Engineering in Medicine and Biology Society*) za dostignuće u karijeri za svoj “temeljni i pionirski doprinos razvoju i izgradnji EEG, elektromiografa (EMG) i elektronistagmografa (ENG) instrumentacije i za svoje vodstvo u obrazovanju u području bio-



a)



b)



c)

Sl. 1. Elektroencefalograf kojeg je projektirao prof. A. Šantić dok je radio u Institutu za elektroprivredu. **a)** uređaj, **b)** prof. Šantić umjerava uređaj, **c)** električka shema EEG pojačala

medicinskog inženjerstva u Europi". Osim znanstvenoistraživačke i pedagoške aktivnosti, imao je osjećaj za društveni značaj biomedicinskog inženjerstva pa je bio jedan od suosnivača Društva za biomedicinsko inženjerstvo bivše države, koje se po osamostaljenju Republike Hrvatske odvojilo i nastavilo djelovati kao Hrvatsko društvo za biomedicinsku tehniku (HDBMT) od 1992. godine (danas Hrvatsko društvo za biomedicinsko inženjerstvo i medicinsku fiziku). U okviru znanstvenoi-

straživačkog rada i djelatnosti HDBMT povezao je istraživače različitih struka, profesore Vasilija Nikolića [13], [14] i Dubravka Orlića s Medicinskog fakulteta, prof. Mladena Vrtara i dr. Matiju Bistrovića iz područja medicinske fizike te proširio istraživačku mrežu povezivanjem s poznatim istraživačima, profesorima Robertom Plonseyem i Michaelom Neumanom [9] iz SAD i mnogim drugima. Osnovao je jaku istraživačku grupu koje je nastavila i proširila prvobitno djelovanje.

Istraživački pravci u području BMI

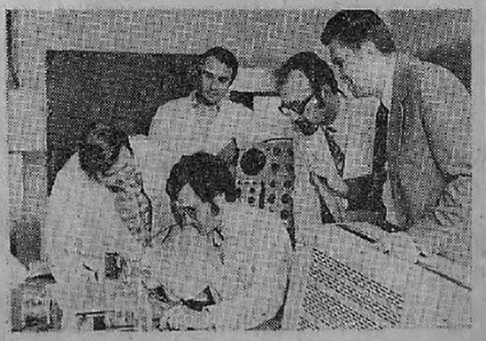
U ranim godinama razvoje biomedicinskog inženjerstva, većina istraživanja odvijala se u okviru hrvatskih istraživačkih projekata i programa i u suradnji s gospodarstvom.

Istraživanje grupe za elektroničku i biomedicinsku tehniku posvećeno je razvoju medicinske instrumentacije i metodama mjerenja i obrade bioelektričkih signala. Istraživanja prof. dr. sc. emer. Stanka Tonkovića i njegovih suradnika, mogu se načelno podijeliti u četiri područja: analiza i obradba bioelektričkih signala, posebno elektromiograma [15], [16], [17], [18] i elektroencefalograma u cilju upravljanja ortoprotetskim sustavima [19], te elektrosplanhnograma; uvođenje normizacije u području sigurnosti medicinskih uređaja i tehnologije, prvo u u SFRJ, a kasnije u RH, te konstrukciji i izradi ispitnih uređaja za medicinske električke uređaje i opremu [20]; analiza mogućnosti dijagnostike temeljenih na mjerenju biološke impedancije tkiva i konačno, uvođenje biomedicinske informatike, kao osnova e-zdravlja i m-zdravlja u istraživanje i nastavu.

Područje znanstvenog interesa grupe vremenom se proširilo na metode i sklopovlje za višeparametarsko mjerenje i obradbu fizioloških signala [21] i kinematičkih veličina s primjenom u praćenju promjena kod kroničnih bolesti, te njihovoj prevenciji i predikciji [22], u praćenju napretka sportaša i praćenju rehabilitacije [23], [24], [25] te položaja i pokreta tijela tijekom dnevnih aktivnosti odnosno pada. Umreženi senzorski sustavi za praćenje fizioloških parametara i obradu prikupljenih informacija radi stvaranja personaliziranih inteligentnih mobilnih zdravstvenih sustava za podršku zdravstvu predstavljaju globalni izazov u istraživanju. U tu svrhu na FER-u izgrađuju mrežu inteligentnih elektroničkih osjetila sastavljenu od osjetila koje sami razvijaju kao i komercijalno dostupnih osjetila, a obradu podataka raspodjeljuju na stvarnovremensku na osjetilima i naknadnu na skupovima podataka pohranjenih u repozitorijima u oblaku uz primjenu složenih algoritama za obradu velikih skupova podataka. Poseban interes postoji i za obradu i računalno modeliranje biomedicinskih signala s naglaskom na interakciju električnog polja s biološkim tkivom [26], [27], elektroporaciju i elektrokemoterapiju [28], [29] i toplinskih učinaka na tkivo tijekom tretmana zasnovanih na elektroporaciji, bio-

Otkriće dr Ante Šantića, profesora Elektrotehničkog fakulteta

KARDIO--KONTROLOR UPOZORAVA NA INFARKT!



● *Ekipa stručnjaka-inženjera konstruirala napravu malih dimenzija koju srčani bolesnici mogu stalno nositi sa sobom i koja ih upozorava na rad srca*

EKIPA profesora dr. Ante Šantića, šefa Zavoda za biomedicinsku elektroniku Elektrotehničkog fakulteta u Zagrebu, konstruirala je specijalni elektronski aparat, nazvan kardio-kontrolor, koji srčane bolesnike upozorava na rad srca. Kardio-kontrolor je malih dimenzija, te ga bolesnici mogu stalno nositi sa sobom. Kada srce otkucava brže ili polaganijim tempom od normalnog, kardio-kontrolor zvučnim alarmom upozorava bolesnika na trenutačnu tegobu.

Za sada su istraživanja prof. Šantića još u okvirima Elektrotehničkog fakulteta, međutim predvida se da će se u dogledno vrijeme proizvesti pedesetak kardio-kontrolora, koji bi se prodavali po cijeni od 3000 do 3500 dinara.

● Alarm

Dr. Ante Šantić je po struci inženjer elektrotehnike. Već duže vrijeme profesor se zanima za primjenu elektronike kod medicine, te je u sklopu Elektrotehničkog fakulteta osnovao Zavod za biomedicinsku elektroniku. Dr Šantić je okupio oko sebe grupu vrijednih asistenata, Zorana Starca, Stanka Tonkovića, Romana Vulpu i dr., koji su započeli pionirska istraživanja na području primjene elektronike kod kardiologije.

— Željeli smo konstruirati napravu koja ima sličnu ulogu kao »pejs meker«, koji se primjenjuje u svijetu, a služi srčanim bolesnicima kao »elektronsko srce«. Međutim, naša istraživanja više su išla prema konstrukciji aparata koji će preventivno upozoravati potencijalne bolesnike na smetnje na srcu, — govori dr Šantić.

Dugogodišnjim istraživanjima tako je konstruiran kardio-kontrolor, koji mjeri frekvenciju rada srca i upozorava kada srce kuca sporije ili brže nego što je normalno.

— Postoji gornja i donja granica brzine otkucaja srca. Do tih granica se podesi aparat. Na primjer, donjaja granica je 50 otkucaja u minuti, a gornja 120. Kada kod bolesnika srce kuca sporije ili brže od tih granica, kardio-kontrolor automatski uključuje zvučni alarm i upozorava na potrebu intervencije.

Kardio-kontrolor je 13 centimetara dugačak i 7 centimetara širok, a debljine oko 2,5 centimetara. Pacijenti ga mogu nositi zataknutog oko pasa, tako da elektrode prislone na prsa.

● Preventiva

Kardio-kontrolor ne služi samo srčanim bolesnicima. Ekipa prof. Šantića proučavala je njegovu upotrebu i u preventivne svrhe.

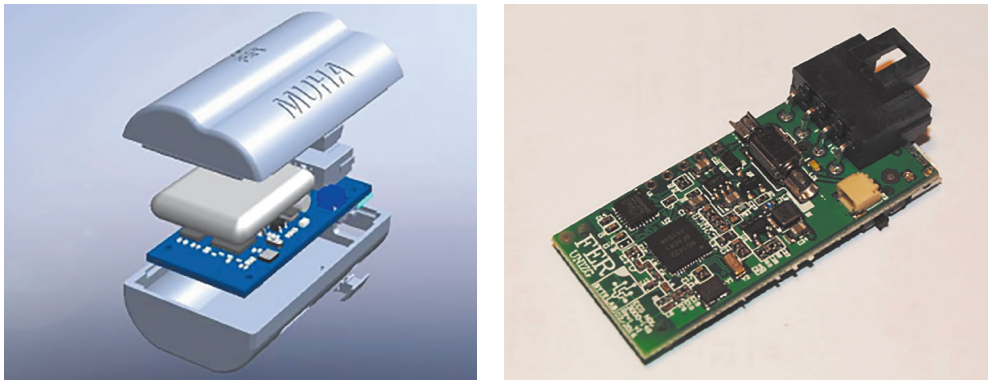
— »Menadžerska« bolest sve je raširenija i kod nas. Od nje oboljevaju ljudi koji su najviše pod utjecajem stresa, kirurzi, novinari, piloti i dr. I njima kardio-kontrolor može poslužiti kao dragocjeni aparat koji će ih često u posljednji čas upozoriti na srčane smetnje. Kada su u velikom poslu, napeti, srce im radi pod opterećenjem. Kardio-kontrolor će ih alarmom upozoriti da se treba odmoriti, — kaže dr Šantić.

Medicinski elektronički aparati su ti koji nikada ne smiju zatajiti. Kod tih aparata ne može biti »tehničkih smetnji«. Jer svaki tehnički poremećaj na aparatu može dovesti do katastrofe.

Istraživanja prof. dr Ante Šantića objavljena su u cijelome svijetu i izazvala su veliko zanimanje. Konstruiranjem kardio-kontrolora učinjen je još jedan korak u suvremenoj medicini, pogotovo kada se zna da od srca umire najveći broj ljudi.

J. KERBLER

Sl. 2. Članak o istraživačkom uspjehu prof. Šantića i njegove istraživačke grupe objavljen u Večernjem listu 2. svibnja 1974.Glavne istraživačke aktivnosti u biomedicinskom inženjerstvu temeljene na elektronici i računarstvu provode se na Fakultetu elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu, najvećim dijelom na Zavodu za elektroničke sustave i obradbu informacija, gdje je smješten i Laboratorij za biomedicinsku elektroniku. Među nacionalnim projektima posebno ističemo znanstveno-istraživačke projekte "*Neinvazivna mjerenja i metode u biomedicini*" i "*Inteligentne metode obrade i analize slike*" koje je odobrilo Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske. Projekti se temelje na modernim tehnologijama i imaju potencijal ne samo za daljnja istraživanja i razvoj, već i za implementaciju dostignuća u kliničkoj praksi i industriji.



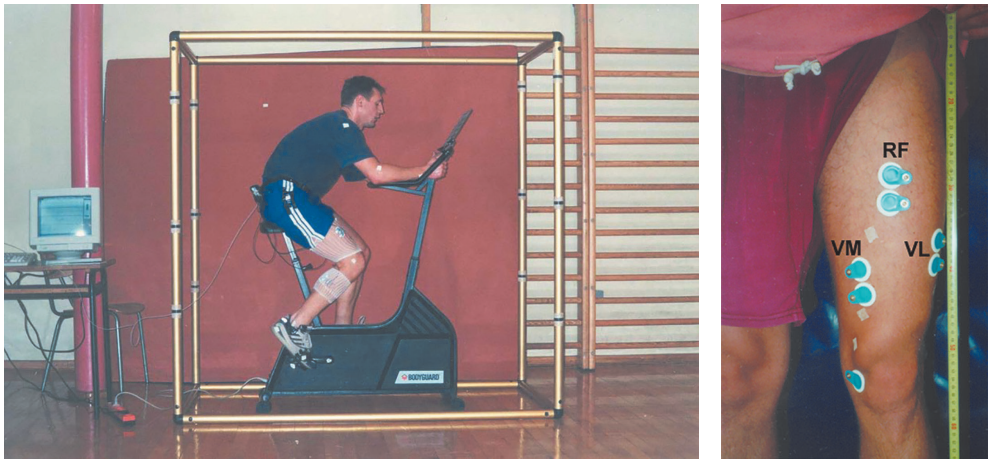
a) b)

Sl. 3. Višenamjenski senzorski čvor MUHA razvijen u Laboratoriju za biomedicinsku elektroniku FER-a [25]. **a)** Sklopovlje na tiskanoj pločici, **b)** Smještaj tiskane pločice i baterije u projektirano kućište.

električku impedanciju [30], [31], bioimpedancijsku spektroskopiju, dielektrična svojstva bioloških materijala i razvoj odgovarajućih instrumenata.

Dugogodišnja istraživanja u području mjerenja i analize EMG signala s primjenom u stomatologiji [32], [33], [34], [35] i u istraživanju ljudskog pokreta i umora mišića [15], [16], [17], [36] rezultirala su člankom [18] koji se u 2014. godini popeo na prvo mjesto u kategoriji najcitiranijih radova u posljednjih pet godina u časopisu *Clinical Biomechanics*. Također istražuje se mogućnost dijagnostike križobolje analizom EMG signala [37]. Suradnja se ostvaruje i s Kineziološkim fakultetom Sveučilišta u Zagrebu, a nositelj suradnje niz godina bio je prof. dr. sc. Vladimir Medved. Radio je na razvoju i uvođenju novih računalom podržanih mjernih metoda u biomehanici i kineziološkoj fiziologiji [15], [16], [38], [39], [40], s primjenom u znanstvenim istraživanjima, testiranjima i u nastavi. Vrijedi napomenuti da na Kineziološkom fakultetu djeluje suvremeni Laboratorij za biomehaniku ljudskog kretanja, gdje su provođena/provode se istraživanja raznovrsnih sportskih i patoloških lokomocija te nastavne aktivnosti u okviru kineziologije, tehničkih disciplina i medicine. Značajnu početnu inicijativu za suvremeno opremanje Laboratorija pružio je početkom 2000-ih godina prof. emer. dr. sc. Osman Muftić sa FSB-a stavljanjem na raspolaganje automatiziranog biomehaničkog mjernog sustava, a koji je kasnije dograđivan. Istraživačka skupina koja se bavi razvojem sustava za komunikaciju ljudskim tijelom [41], [42], [43] ima dugogodišnju suradnju sa sveučilištem Fuzhou iz Kine [44], [45], [46].

U suradnji s dr. sc. Velimirom Išgumom, identificirani su zajednički interesi za istraživačku djelatnost: analiza i obrada bioelektričkih signala [47], primjena računala u medicini, elektroencefalografija, evocirani potencijali [48], [49], sučelje mozga i računala [50], kognitivni evocirani potencijali [51], intraoperativni neuro-



a) b)

Sl. 4. Mjerenje umora mišića. **a)** Ispitanik na bicikl-ergometru, **b)** Položaj mjernih elektroda.

fiziološki monitoring [52], [53], cerebralna kartografija, lokalizacija cerebralnih generatora te nelinearna analiza bioloških signala. U okviru istraživanja bioelektričkih potencijala mozga, istražuje se i neurodinamičke mjere funkcijskog povezivanja i spoznaje [54]. U suradnji s Laboratorijem za kognitivnu i eksperimentalnu neurofiziologiju Klinike za neurologiju KBC Zagreb razvijen je stimulator za mjerenje vibracijskih evociranih potencijala [55]

Istraživanje uključuje niz biomedicinskih tema poput matematičkog modeliranja za izdvajanje trodimenzionalnih sadržaja iz slika [56], [57], [58], [59] te metoda, algo-



Sl. 5. Elektronički dnevnik za praćenje zdravstvenog stanja, terapije, meteoroloških prilika i prisutnosti čestica u zraku namijenjen osobama oboljelim od astme [69].

ritama i softverskih paketa koji najbolje implementiraju ove modele: samostalno umjeravanje, 3D strukturirano svjetlosno skeniranje, ekstrakcija značajki slike, praćenje markera, registracija površine, teorija računalnog vida i metode za analizu kretanja čovjeka.

Image Processing Group provodi istraživanja u teoriji i primjenama za inteligentnu obradu slike, prepoznavanju uzoraka i metode računalnog vida s primjenama u medicinskoj analizi slike i medicinskom snimanju [60], [61], [62], [63]. Glavni istraživački problemi uključuju ekstrakciju značajki slike, segmentaciju slike, registraciju slike i analizu pokreta. Provedena su istraživanja u svrhu praćenja intravaskularnog katetera u stvarnom vremenu iz rendgenske slike i 3-D rekonstrukcije vrha katetera, a u kardiološkim aplikacijama razvijene su metode za atlasnu analizu slike brzine odljeva aorte iz ultrazvučnih slika doplera [64]. Istražene su metode za 3D CT analizu aneurizme trbušne aorte, kao i metode segmentacije za analizu slike nuklearne medicine i metodologija za kvantitativnu analizu intracerebralnog krvarenja u mozgu sa CT slika [65].

Laboratorij za inteligentne senzorske sustave primijenjena je istraživačka skupina na području računalne senzorike i umrežavanja senzora s iskustvom u interdisciplinarnim i multidisciplinarnim projektima u zdravstvu, poljoprivredi, kućnoj automatizaciji i prometu. Veliki dio istraživanja posvećen je optimizaciji potrošnje energije u bežičnim mrežama i projektiranju elektroničkog sklopovlja nosivih senzora s niskom potrošnjom energije [66], [67], [68], istraživanju tehnologija za predviđanje i detekciju astmatičnih napada s pomoću nosivih sustava za praćenje simptoma astme, astmatskih fićuka i napredne metode digitalizacije, sažimanja i bežičnog prijenosa asmatskih zvukova disanja. Razvijeni su algoritmi raspoznavanja zvukova disanja na ugradbenim procesorima niske potrošnje energije [69], [70], [71]kao i sklopovlje za detekciju čestica i plinova koji potencijalno uzrokuju napade astme, a mogu se koristiti za praćenje kvalitete zraka [72].

Razvoju biomedicinskog inženjerstva doprinio je i veliki broj istraživača koji su ujedno zavodski suradnici na projektima iz tog područja. Prof. dr. sc. Branko Breyer od sredine šezdesetih godina prošlog stoljeća istražuje u području nuklearne elektronike [73], teorije plinskih detektora, spektrometrije zračenja, mikrodozimetrije te dozimetrije i zaštite od zračenja [74]. Konstruirao je zagrebački sustav za mjerenje uzoraka metodom C-14 [75]. Nakon zaposlenja u Institutu Ruđer Bošković, radio je u Centru za ginekološki karcinom Klinike za ženske bolesti i porode Kliničkog bolničkog centra Zagreb, kao voditelj Službe za medicinsku fiziku i medicinsku elektroniku gdje se bavio medicinskim dozimetrijskim proračunima, fizikalnom dozimetrijom i umjeravanjem uređaja za zračenje velikim intenzitetima i energijama, konstrukcijom, evaluacijom i primjenom medicinskih ultrazvučnih uređaja [76], [77], [78], [79] što je rezultiralo s nekoliko međunarodno prihvaćenih patenata [80].

Dr. sc. Božidar Ferek-Petrić je specijalist za kardiološke uređaje s certifikatom IBHRE/AP zaposlen kao glavni specijalist za medicinska pitanja u Medtronic Academia. Stekao je veliko kliničko iskustvo u primjeni ugradbenih elektrostimulatora srca (implantabilnih pejsmejkera) i elektrofiziologiji. Usmjeren na istraživanje i razvoj aktivnih implantabilnih uređaja [78], [81], [82], i ultrazvučnih senzora [76], [78], [83] te je nositelj 42 američka patenta iz tog područja primjene [84], [85]. Suradnja na zajedničkim projektima temelji se na istraživačkom interesu za aktivne implantabilne uređaje [9], [86], [87], dijagnostici i terapiji srčanih oboljenja [22] i modeliranju elektrofiziologije srca [88]. Istraživanja vezana uz analizu EKG signala provode se i u suradnji s Poliklinikom za prevenciju kardiovaskularnih bolesti i rehabilitaciju – Srčana [89].

Hrvatsko društvo za biomedicinsko inženjerstvo i medicinsku fiziku

Na FER-u je sjedište Hrvatskog društva za biomedicinsko inženjerstvo i medicinsku fiziku (HDBIMF) koje je slijednik Hrvatskog društva za biomedicinsku tehniku osnovanog 1992. godine, nastavljajući tradiciju Hrvatske sekcije bivšeg Jugoslavenskog društva BME (osnovano 1984.). HDBIMF ima preko 100 članova – znanstvenika i stručnjaka koji se bave različitim znanstvenim poljima biomedicinskog inženjerstva i medicinske fizike. Osim znanstvene, Društvo ima i stručne djelatnosti, posebno na promociji biomedicinskog inženjerstva i medicinske fizike, te kliničkog inženjerstva, kao vida biomedicinskog inženjerstva vezanog uz rad u kliničkim sredinama. Neke od tih djelatnosti su obilježavanje Globalnog dana kliničkog inženjerstva odnosno Međunarodnog dana medicinske fizike, uobičajeno uz organizaciju znanstveno-stručnog skupa i medijsku promociju. Hrvatski sabor je na svojoj 9. sjednici 31. listopada 2018. donio Zakon o zdravstvenoj zaštiti u kojem su Člankom 155. biomedicinski inženjeri i medicinski fizičari konačno uvršteni u zdravstvene radnike, za što se Društvo godinama zalagalo. Društvo također pruža platformu za umrežavanje među znanstvenicima i stručnjacima različitih struka kao i za međunarodno povezivanje. Naime, od 1993. godine društvo je punopravni član Međunarodne federacije za medicinsko i biološko inženjerstvo (IFMBE) i Europske federacije za medicinsku fiziku (EFOMP). Kasnije se društvo pridružilo i Međunarodnoj organizaciji za medicinsku fiziku (IOMP) i Europskom savezu za biomedicinsko inženjerstvo i znanost (EAMBES).

2.2 Razvoj biomedicinskog inženjerstva na Fakultetu strojarstva i brodogradnje

Počeci biomedicinskog inženjerstva na Fakultetu strojarstva i brodogradnje

Počeci biomedicinskog inženjerstva na Fakultetu strojarstva i brodogradnje vezani su uz razvoj biomehanike, znanosti koja zakone mehanike primjenjuje u rješavanju bioloških problema. 70-tih godina 20. stoljeća provodila su se na Sveučilištu u Za-



Sl. 6. Femoralne komponente endoproteze zgloba kuka ROM

grebu multidisciplinarna i interdisciplinarna istraživanja biomehanike lokomotornog sustava u koja su bili uključeni ortopedi, kirurzi, anatomi i inženjeri strojarstva, građevine, elektrotehnike i fizike [90]. Prof. Osman Muftić prvi je na Fakultetu strojarstva i brodogradnje surađivao sa znanstvenicima s Medicinskog fakulteta, a suradnja je rezultirala nizom teorijskih i praktičnih rezultata u ortopediji, anatomiji, fiziologiji i ergonomiji. Primjer interdisciplinarne suradnje je zajednički rad prof. Muftića s profesorima Medicinskog fakulteta I. Ruszkowskim i D. Orlićem koji je 1985. godine rezultirao konstrukcijom prvog hrvatskog modela femoralne komponente endoproteze zgloba kuka ROM, koja je ime dobila po prvim slovima njihovih prezimena, a proizvodila se u Švicarskoj, u tvrtki Sulzer [91].

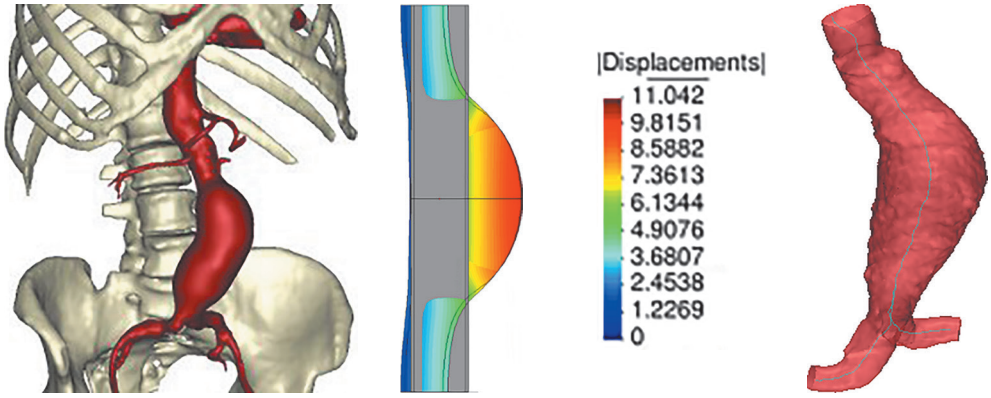
70-tih godina 20. stoljeća počeli su se održavati prvi kongresi i simpoziji iz područja biomehanike – 1974. godine je u Zagrebu organiziran simpozij s temom funkcionalne prilagodbe pod nazivom ”Simpozij o funkcionalnoj prilagodbi skeleta mehaničkim čimbenicima”. Tijekom godina se proučavanje biomehanike, sa tema jednostavne primjene elementarne mehanike, proširilo na različita područja istraživanja, zaokupljajući pažnju rastućeg broja znanstvenika zaposlenih na Fakultetu strojarstva i brodogradnje [92]. Biomehanika omogućava razumijevanje razvoja različitih stanja i procesa vezanih za djelovanje mehaničkih sila te objektivnu znanstvenu i matematičku analizu uspjeha većega broja terapijskih postupaka npr. u ortopediji, traumatologiji i kardiovaskularnoj kirurgiji. Matematičko modeliranje biomehaničkih zbivanja omogućuje simuliranje različitih stanja s ciljem optimiranja različitih terapijskih postupaka i zahvata. Uloga biomehanike nije samo u teorijsko-znanstvenim istraživanjima problema mehaničkog funkcioniranja organizma i njegovih dijelova, nego i u svakodnevnim kliničkim postupcima u ortopediji, ki-

rurgiji, traumatologiji, rehabilitaciji, protetici itd. Tijekom godina, na Fakultetu strojarstva i brodogradnje različite istraživačke skupine bavile su različitim područjima biomedicinskog inženjerstva: biomehanikom krvožilnog sustava, biomehanikom lokomotornog sustava, dentalnom biomehanikom, ortozama i implantatima, tehnologijama u biomedicinskom inženjerstvu te medicinskom robotikom.

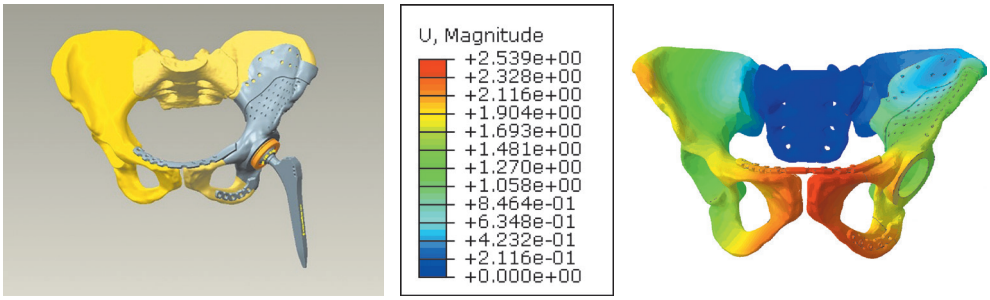
Numerička i eksperimentalna biomehanika

Posljednjih petnaestak godina dio istraživanja na Fakultetu strojarstva i brodogradnje je usmjeren na razvoj numeričkih algoritama koji mogu opisati ponašanje bioloških tkiva te omogućiti npr. predikciju krvožilnih bolesti ili tijeka ortodontske terapije u dentalnoj biomehanici ili analizirati strujanja krvi i predvidjeti pojave u slučaju stenoza, ugradnje graftova, promjene svojstava arterijske stijenke i sl. Cilj ovih istraživanja je omogućiti individualizirano liječenje te pomoći liječniku u odluci kada i je li uopće ići na operativni zahvat kod pojedinog pacijenta, odnosno kada i kako promijeniti parametre terapije. Istraživanja imaju cilj razviti numeričke algoritme koji omogućuju predikciju razvoja vaskularnih bolesti, odnosno rasta aneurizme i razvoja intraluminarnog tromba, širenja disekcije (razdvajanja slojeva) te predikciju rupture [93]. Također, cilj je modelirati i razviti novu umjetnu srčanu pumpu, utvrditi invazivno djelovanje pumpe na krvna zrnca, modelirati rad kardiovaskularnog sustava i plućne cirkulacije kako bi se omogućila simulacija rada srca i cijele cirkulacije uz primjenu u kliničkoj praksi.

Posljednjih petnaestak godina se intenzivno u Laboratoriju za eksperimentalnu mehaniku suvremenim metodama provode eksperimentalna ispitivanja bioloških tkiva te različitih implantata, fiksatora i pločica za osteosintezu sa svrhom provjere mehaničkih svojstava i razvoja novih rješenja i novih biomaterijala te provođenja računalnih simulacija pri različitim opterećenjima s istim modelima koji su eksperi-

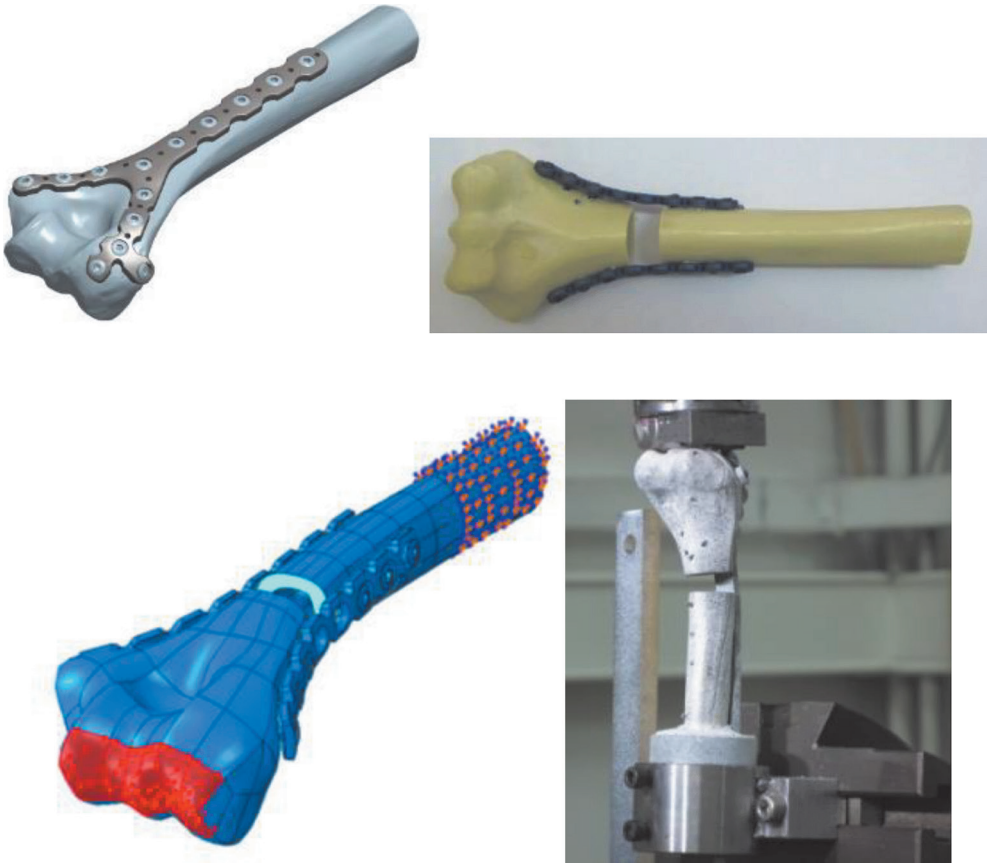


Sl. 7. Model rasta aneurizme



Sl. 8. Personalizirani implantat zdjelice

mentalno ispitani [94]. Razvijeni su implantati po mjeri pacijenta za rekonstrukciju koštanih defekta. U zagrebačkoj Klinici za traumatologiju 2013. g. ugrađen je personalizirani implantant zdjelice koji je konstruiran u suradnji ortopedskog tima Klinike za traumatologiju i inženjera tvrtke Instrumentaria, dok je biomehanička studija obavljena na Fakultetu strojarstva i brodogradnje.

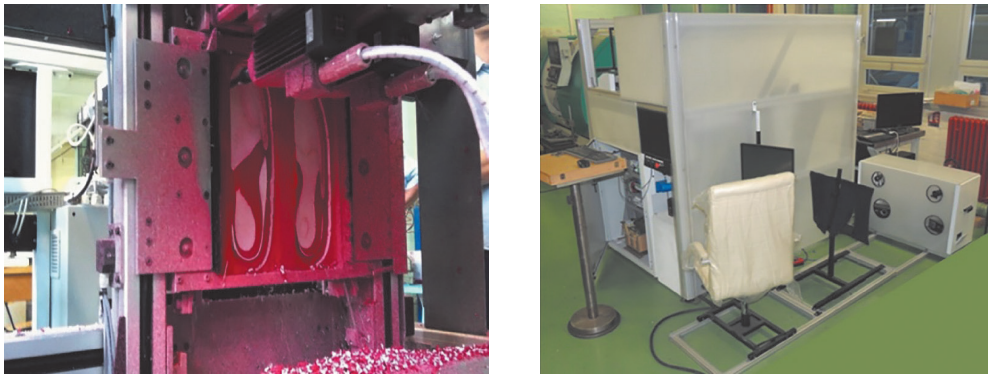


Sl. 9. Numerički model i eksperimentalno ispitivanje pločice za osteosintezu

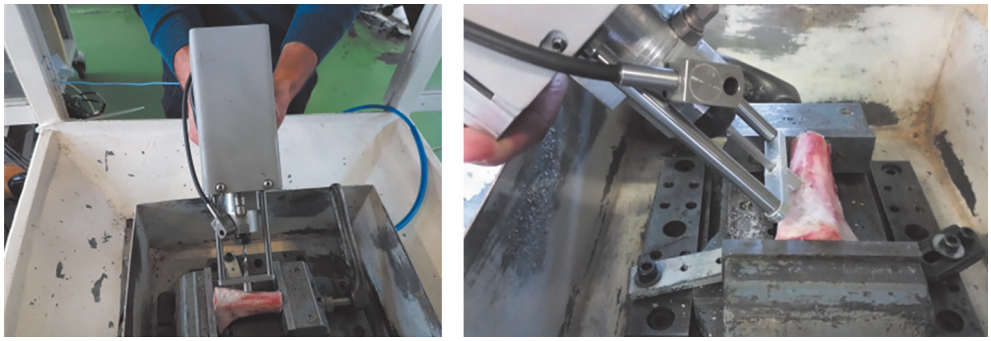
Proizvodni sustavi u biomedicinskom inženjerstvu

Na Fakultetu se već tridesetak godina primjenjuje CAD/CAM pristup u ortotici, a intenzivna aktivnost odvija se u Laboratoriju za medicinsko inženjerstvo gdje je razvijen integrirani autonomni modularni sustav za dizajn i izradu individualnih ortoza (u ovom slučaju ortopedskih uložaka) koji je zaštićen konsenzualnim patentom [95]. Sustav uključuje primjenu različitih uređaja i metoda digitalizacije stopala, programsku podršku za digitalizaciju, programsku podršku za automatski dizajn uloška i generiranje putanja alata te CNC stroj za izradu uložaka kojemu su pridodani sklop za pohranu i automatsko dodavanje pripremaka, kao i sklop za odvajanje uložaka od neobrađenog dijela. Sustav omogućuje digitalizaciju, dizajn i izradu individualnih konformnih ortopedskih uložaka u vremenu kraćem od 10 minuta, što se postiže istodobnom primjenom jednog ili dva para koaksijalnih nasuprotno postavljenih vretena, kao i programskom podrškom za sinkronizaciju rada. Sustav je mobilan i moguće ga je jednostavno postaviti. Moguća je nezavisna instalacija komponenti sustava te digitalizaciju raditi na jednoj (ili više lokacija), dizajn na drugoj (ili više lokacija), a samu proizvodnju na trećoj lokaciji. Velika razina autonomnosti sustava ostvarena je dodavanjem odgovarajućih modula za skladištenje i modula za automatsko povlačenje pripremaka u radni prostor CNC stroja. Modularnim dizajnom komponenti omogućena je velika prilagodljivost i rekonfigurabilnost sustava, odnosno omogućena je: primjena različitih tehnika digitalizacije; prihvat različitih formata ulaznih podataka po topografiji i drugim karakteristikama stopala (distribucija tlakova, RTG snimci, …); primjena različitih tehnologija i materijala za izradu uložaka; primjena različitih CNC strojeva.

Prije pet godina započelo je istraživanje u suradnji s KBC Zagreb i Medicinskim fakultetom Sveučilišta u Zagrebu s ciljem razvoja naprednih sustava bušenja u koštano-zglobnoj kirurgiji većeg stupnja automatizacije s mogućnosti nadzora obradnog procesa i/ili adaptivnog upravljanja parametrima obrade u cilju sprječavanja



Sl. 10. Prototip sustava i realizirani sustav

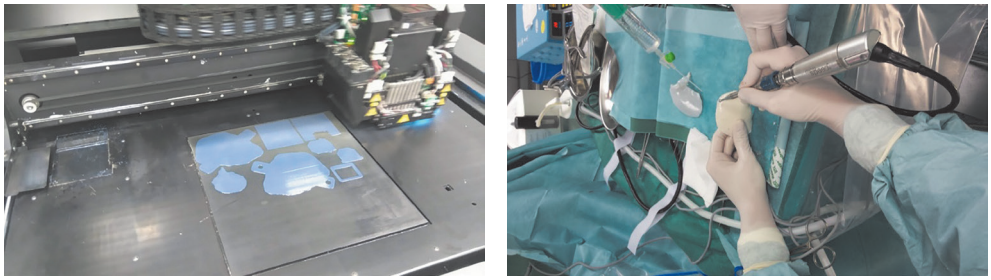


Sl. 11. Bušenje s mobilnim ispitnim postavom pod kutem

mehaničkih i termičkih oštećenja koštanog tkiva. Modelirana je i izrađena (3D printanje) mjerna sonda za mjerenje temperature kosti u tri točke na različitim dubinama i udaljenostima od stijenke provrta i razvijen je toplinski model pomoću kojeg je estimirana dinamika temperaturnog polja u području 0 – 0,5 mm od stjenke provrta. Time su dobivene informacije i o temperaturama kosti neposredno u zoni obrade, izvršena je analiza svrdla s protočnim hlađenjem te analiza postupka sterilizacije kanala, analiziran je efekt hlađenja kosti kod različitih protoka rashladnog sredstva i parametara obrade (brzine rezanja i posmaka), ispitan je utjecaj različitih protoka rashladnog sredstva na eventualnu promjenu volumena kosti, razvijen je niz modela za identifikaciju stanja alata i procesa bušenja primjenom algoritama računalne inteligencije. Pritom su primijenjene četiri vrste signala procesa (sile rezanja, struje servomotora, vibracije i akustična emisija). Ispitan je utjecaj različitih kombinacija parametara obrade kod primjene klasičnog i protočno hlađenog svrdla. Također je ispitan i utjecaj sterilizacije na intenzitet trošenja svrdla, primjena standardne i perforirane (modificirane) vodilice i utjecaj različitih putanji alata na temperaturu kosti kod bušenja. Razvijen je model trošenja medicinskog svrdla s mogućnošću kvalitetne kvantifikacije stupnja istrošenosti koji je verificiran ekperimentalnim rezultatima. Modelirano trošenje medicinskog svrdla je od iznimnog značaja za razvoj novih, potpuno autonomnih i adaptivnih mehatroničkih sustava za medicinsko bušenje [96].

Primjena aditivnih tehnologija u medicini

Istraživačka skupina u Centru za aditivne tehnologije Fakulteta strojarstva i brodogradnje posljednjih 5 godina proučava mogućnost primjene aditivnih tehnologija u medicini. Zbog ograničenog broja certificiranih materijala u medicini, a koji su dostupni za preradu aditivnim tehnologijama, razvili su metodu posredne izrade implantata od koštanog cementa (PMMA) u 3D tiskanim kalupima. Ova metoda omogućuje izradu kompliciranih geometrija individualnih implantata koje prije do-



Sl. 12. Izrada implantata od koštanog cementa (PMMA) u 3D tiskanim kalupima

stupnim tehnologijama izrade nije bilo moguće načiniti. Primjenom ove metode moguće je značajno skratiti vrijeme operacije. Trenutno se razvijaju tehnologije izrade implantata 3D tiskanjem od certificiranog biokompatibilnog polimernog materijala koji će se moći izravno ugrađivati u tijelo pacijenta te time pojednostaviti samu izradu inidividualnih implantata uz sve mogućnosti koje pruža 3D tiskanje.

U sklopu Fakulteta strojarstva i brodogradnje djeluje istraživačka skupina koja se bavi biomaterijalima – novim biokompatibilnim materijalima, bio-inspiriranim materijalima te bio mikro/nanotehnologijama. Provode se istraživanja biorazgradivih polimera za izradu implantata 3D printanjem, odnosno za augmentaciju koštanog tkiva u stomatologiji. Razvijaju se potpuno novi metalni materijali za dentalne implantate koji imaju niz prednosti u odnosu na trenutno postojeće materijale (bioaktivnost, niži modul elastičnosti…). Razvijena su ojačanja za protetske akrilate koji poboljšavaju mehanička svojstva proteza (HR patent).

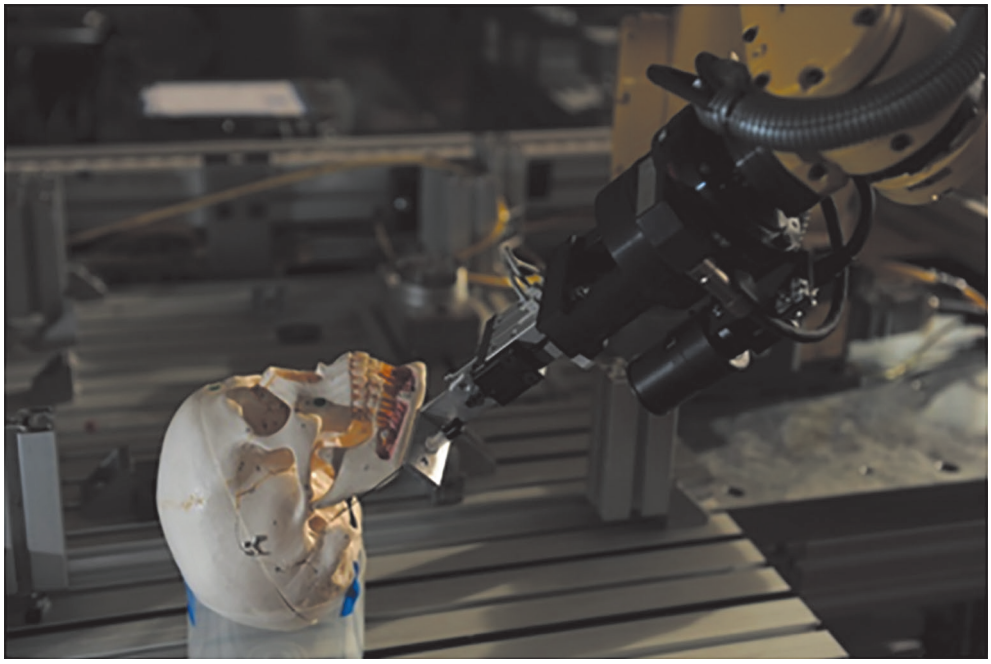
Robotska neurokirurgija

Izuzetan značaj za Fakultet strojarstva i brodogradnje i za široku društvenu korist ima medicinska robotika kojom se bavi istraživačka skupina pod vodstvom prof. Bojana Jerbića. Projekt RONNA – Robotska neuronavigacija iskorak je FSB-a u područje primjene robotike i umjetne inteligencije u medicini i otvara nove putove razvoja jednako toliko u robotici kao i u medicini [97], [98].

Projekt RONNA je započeo 2007. godine suradnjom s istraživačima s Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i KB Dubrava. Istraživanja u području medicinske robotike rezultirala su neurokirurškim robotom s visokom razinom autonomije i preciznošću izvođenja zahvata, koji se koristi kao asistent pri neurokirurškim zahvatima. Zahvaljujući umjetnoj inteligenciji, robot omogućuje izuzetnu preciznost uz jednostavnu upotrebu. Sustav sadrži softver za sposobnost planiranja i navigaciju u kombinaciji s naprednim inteligentnim robotskim funkcijama te omogućuje planiranje, automatsku registraciju pacijenta u fizičkom prostoru robota, precizno

pozicioniranje kirurškog alata u pacijentov intrakranijalni prostor te pomoć robota kod bušenja, umetanja intrakranijalnih igala i drugih pomoćnih operacija. Glavne značajke koje definiraju jedinstvena obilježja sustava su: automatska registracija pacijenta na CT snimci, inteligentna analiza tomografske slike, kalibracija robota na temelju dubokog učenja, optimalno pozicioniranje robota u odnosu na pacijenta, osjetljivo robotsko bušenje kostiju lubanje, precizna navigacija instrumenta. RONNA platforma se sastoji od dva robota pri čemu se jedan koristi za preciznu stereotaktičku navigaciju, a drugi kao pomoćnik za invazivne postupke. Za vrijeme postupka bušenja, prvi se robot koristi kao vodič za drugog robota pomoćnika koji izvodi invazivne operacije bušenja kroz sterilnu cilindričnu vodilicu koju nosi i postavlja prvi robot. RONNA se odlikuje iznimnom točnošću i preciznošću u usporedbi s bilo kojim drugim postojećim robotskim ili klasičnim navigacijskim sustavom u svijetu. Primjena RONNA-e kod stereotaktičkih neurokirurških zahvata značajno skraćuje trajanje operacije.

Prva robotska stereotaktička neurokirurška operacija izvedena je 10. ožujka 2016. što je označilo početak faze kliničkog ispitivanja (za komparativna klinička ispitivanja korištene su uobičajene stereotaktičke metode, čime se izbjegava bilo kakav rizik za pacijenta). Do sada su razvijene četiri generacije RONNA-e, a posljednja verzija se koristi u KB Dubrava na tjednoj osnovi, doprinoseći smanjenju postoperativne traume i bržem oporavku pacijenata podvrgnutih neurokirurškim zahvati-



Sl. 13. Prethodna istraživanja - lokalizacija pacijenta i registracija sustava



Sl. 14. RONNA u kliničkoj primjeni

ma. ROONA sustav sadrži sve glavne funkcije koje mora osigurati stereotaktični medicinski uređaj s prednošću velike prostorne fleksibilnosti i vještine. Eliminirana je potreba za korištenjem stereotaktičkih okvira, a velika preciznost pozicioniranja zadržana je korištenjem minimalno invazivnih reflektirajućih sfernih markera i jedinstvene rutine lokalizacije pacijenta, odnosno smještaja pacijenta u određenom prostoru. Funkcionalnost i jednostavna upotreba sustava za medicinsko osoblje postižu se automatiziranom lokalizacijom pacijenta u CT slikama, automatiziranom lokalizacijom pacijenta u fizičkom prostoru, softverskim pozicioniranjem robota i automatiziranim bušenjem kosti od strane kirurškog robotskog pomoćnika. Nijedan od postojećih kliničkih ili komercijalnih sustava ne pruža takvu vrstu funkcionalnosti i pametnih rješenja. RONNA predstavlja značajan iskorak u razvoju medicinske robotike i otvara nove putove razvoja i u robotici kao i u medicini.

3. Zaključak

Biomedicinski inženjeri, kao i svi ostali inženjeri, imaju mogućnost projektirati i proizvoditi niz medicinskih proizvoda, uređaja, usluga i sustava. BME je malen u usporedbi s tradicionalnim tehničkim područjima, poput elektrotehnike ili strojarstva, ali broj BM inženjera koji rade u istraživanju i razvoju naglo raste. Većina BM industrije i dalje se bavi električnim i elektroničkim uređajima, uključujući trenutno najbrže rastuće industrije aktivnih implantata i mobilnih zdravstvenih usluga. Hrvatska ima relativno mali udio djelatnosti koje se smatraju visoko-tehno-

loškima. Djelatnost "C26 *proizvodnja računala te elektroničkih i optičkih proizvoda*" uključuje i djelatnost "*Proizvodnja opreme za zračenje, elektromedicinske i elektroterapeutske opreme*" i spada među samo 3 djelatnosti u RH koje su prema Eurostatu svrstane u visoko-tehnološke djelatnosti, jer se radi o djelatnostima u kojima je prisutna najveća koncentracija kadrova koji imaju sposobnost razvoja znanja te analizirati tehnološku razinu tih djelatnosti pa je to prilika koju u stvaranju strategija razvoja RH svakako treba uzeti u obzir. Otvorene su također nove mogućnosti u prikupljanju i obradi velikih skupova podataka, posebno iz biologije, kombinirajući računalno utemeljene pristupe. Na ovoj granici između inženjerskih znanosti i biologije, otvara se prilika za nove studije i aplikacije. Istraživanje općenito danas je toliko složeno da gotovo nijedna istraživačka institucija ne može pokriti sva znanja i vještine potrebne za postizanje uspješnih rezultata u rješavanju složenih istraživačkih izazova. Nakon 60 godina institucionaliziranog razvoja biomedicinskog inženjerstva na međunarodnoj razini i malo kraćeg razvoja u Hrvatskoj, hrvatski inženjeri i znanstvenici na tom polju pridonose sve većem znanju iz područja biomedicinskog inženjerstva.

Literatura

[1] Voigt, H. & Magjarević, R., Eds.: *Launching IFMBE into the 21st Century: 50 Years and Counting*, 1st ed. Springer-Verlag, ISBN 978-3-642-30159-9, Berlin Heidelberg (2014)

[2] Nebeker, F.: Golden accomplishments in biomedical engineering , *IEEE Eng. Med. Biol. Mag.*, vol. 21 (2002) no. 3, pp. 17–47, ISSN 0739-5175

[3] Šantić, A.: Obrazovanje inženjera biomedicinske tehnike, U *Obrazovanje za informacijsko društvo. Treći dio Profesije budućnosti, Inženjer budućnosti*, (ur. J. Božičević), Akademija tehničkih znanosti Hrvatske i Hrvatsko društvo za sustave, ISBN 953-96354-4-6, Zagreb, (1999) str. 87-89

[4] Tonković, S.: Suradnja inženjera i liječnika u medicinskim ustanovama. U: *Obrazovanje za informacijsko društvo. Treći dio Profesije budućnosti, Inženjer budućnosti*, (ur. J. Božičević), Akademija tehničkih znanosti Hrvatske i Hrvatsko društvo za sustave, ISBN 953-96354-4-6, Zagreb, (1999) str. 59-64

[5] Tonković, S.; Medved, V.; Kniewald, Z. & Lončarić, S.: Tehnika i medicina. U: *Strategija promišljanja razvoja Hrvatske – Bijela knjiga – elaborat HATZ*, (ur. J. Božičević), Akademija tehničkih znanosti Hrvatske, izrađen za Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa RH, Zagreb, (2004)

[6] Šantić, A.: Input Admittance of Low-Frequency Parametric Amplifiers, *Med. Biol. Eng.*, vol. 12, no. 4, pp. 549–553, 1974, doi: 10.1007/BF02478615.

[7] Šantić, A.: Low-Frequency Parametric Amplifier for Small Voltage Measurements, *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 23, no. 1, pp. 8–14, 1974, doi: 10.1109/TIM.1974.4314208.

[8] Lacković, I.; Bilas, V.; Šantić, A. & Nikolić, V.: Measurement of gait parameters from free moving subjects, *MEASUREMENT*, vol. 27, no. 2, pp. 121–131, 2000, doi: 10.1016/S0263-2241(99)00063-9.

[9] Šantić A. & Neuman, M. R.: Low Input Voltage DC-DC Converter for Implanted Electronic Circuits, *J. Bioeng.*, vol. 1, no. 4, pp. 357–367, 1977.

[10] Šantić, A.: Theory and Application of Diffuse Infrared Biotelemetry, *Crit. Rev. Biomed. Eng.*, vol. 18, no. 4, pp. 289–309, 1991.

[11] Šantić, A.: *Biomedicinska elektronika*, Školska knjiga, ISBN 978-953-0-31637-9 Zagreb, (1995)

[12] Šantić, A.: Biomedicinska elektronika, u *Elektrotehnika: elektronika, komunikacije i električni strojevi*, B. Modlic and I. Budina, Eds. Zagreb: Školska knjiga, ISBN 953031664X, (2002), str. 755–783

[13] Nikolić, V. & Hudec, M.: *Principi i elementi biomehanike*, Školska knjiga, ISBN 978-953-0-31503-7, Zagreb, (1988)

[14] Nikolić, V. & Hudec, M.: Principi biomehanike, Naklada Ljevak, ISBN 9789533034355, Zagreb (2011)

[15] Medved, V. & Tonković, S.: Method to Evaluate the Skill Level in Fast Locomotion through Myoelectric and Kinetic Signal Analysis, *Med. Biol. Eng. Comput.*, vol. 29, no. 4, pp. 406–412, 1991, doi: 10.1007/BF02441662.

[16] Medved, V.; Tonković, S. & Cifrek, M.: Simple Neuro-Mechanical Measure of The Locomotor Skill – An Example of Backward Somersault, *Med. Prog. Technol.*, vol. 21, no. 2, pp. 77–84, 1995.

[17] Cifrek, M.; Tonković, S.; & Medved, V.: Measurement and analysis of surface myoelectric signals during fatigued cyclic dynamic contractions, *MEASUREMENT*, vol. 27, no. 2, pp. 85–92, 2000, doi: 10.1016/S0263-2241(99)00059-7.

[18] Cifrek, M.; Medved, V.; Tonković, S. & Ostojić, S.: Surface EMG based muscle fatigue evaluation in biomechanics, *Clin. Biomech.*, vol. 24, no. 4, pp. 327–340, 2009, doi: 10.1016/j.clinbiomech.2009.01.010.

[19] Božinovski, A.; Tonković, S.; Išgum, V. & Božinovska, L.: Robot Control Using Anticipatory Brain Potentials, *AUTOMATIKA*, vol. 52, no. 1, pp. 20–30, 2011.

[20] Badnjević, A.; Cifrek, M.; Magjarević, R. & Džemić, Z., Eds.: *Inspection of Medical Devices*, 1st ed. Springer, ISBN 978-981-10-6649-8, Singapore, (2018)

[21] Mali, B.; Žulj, S.; Magjarević, R.; Miklavčič, D. & Jarm, T.: Matlab-based tool for ECG and HRV analysis, *Biomed. Signal Process. Control*, vol. 10, pp. 108–116, 2014, doi: 10.1016/j.bspc.2014.01.011.

[22] Sovilj, S.; Van Oosterom, A.; Rajsman, G. & Magjarević, R.: ECG-based prediction of atrial fibrillation development following coronary artery bypass grafting, *Physiol. Meas.*, vol. 31, no. 5, pp. 663–677, 2010, doi: 10.1088/0967-3334/31/5/005.

[23] Šeketa, G;. Džaja, D; Žulj, S.; Celić, L.; Lacković, I. & Magjarević, R.: Real-Time Evaluation of Repetitive Physical Exercise Using Orientation Estimation from Inertial and Magnetic Sensors, in *First European Biomedical Engineering Conference for Young Investigators*, 2015, vol. 50, pp. 11–15, doi: 10.1007/978-981-287-573-0_3.

[24] Žulj, S.; Šeketa, G.; Džaja, D.; Celić, L. & Magjarević, R.: Virtual Reality System for Assisted Exercising Using WBAN, in *6th European Conference of the International Federation for Medical and Biological Engineering*, 2015, vol. 45, pp. 719–722, doi: 10.1007/978-3-319-11128-5_179.

[25] Džaja, D.; Varga, M.; Šeketa, G.; Žulj, S.; Celić, L.; Lacković, I. & Magjarević, R.: System for Assisted Exercising and Qualitative Exercise Assessment, in *6th European Conference of the International Federation for Medical and Biological Engineering*, 2015, vol. 45, pp. 682–686, doi: 10.1007/978-3-319-11128-5_170.

[26] Čorović, S.; Lacković, I.; Šuštarič, P.; Šustar, T.; Rodič, T.; & Miklavčič, D.: Modeling of electric field distribution in tissues during electroporation, *Biomed. Eng. Online*, vol. 12, 2013, doi: 10.1186/1475-925X-12-16.

[27] Pavlin, M.; Kandušer, M.; Reberšek, M.; Pucihar, G.; Hart, F. X.; Magjarević, R. & Miklavčič, D.: Effect of cell electroporation on the conductivity of a cell suspension, *Biophys. J.*, vol. 88, no. 6, pp. 4378–4390, 2005, doi: 10.1529/biophysj.104.048975.

[28] Marčan, M.; Pavliha, D.; Mušič, M. M.; Fučkan, I.; Magjarević, R. & Miklavčič, D.: Segmentation of hepatic vessels from MRI images for planning of electroporation-based treatments in the liver, *Radiol. Oncol.*, vol. 48, no. 3, pp. 267–281, 2014, doi: 10.2478/raon-2014-0022.

[29] Lacković, I.; Magjarević, R.; & Miklavčič, D.: Three-dimensional Finite-element Analysis of Joule Heating in Electrochemotherapy and in vivo Gene Electrotransfer, *IEEE Trans. Dielectr. Electr. Insul.*, vol. 16, no. 5, pp. 1338–1347, 2009, doi: 10.1109/TDEI.2009.5293947.

[30] Vidaček, S.; Janči, T.; Brdek, Z.; Udovičić, D.; Marušić, N.; Medić, H.; Petrak, T. & Lacković, I.: Differencing sea bass (Dicentrarchus labrax) fillets frozen in different conditions by impedance measurements, *Int. J. FOOD Sci. Technol.*, vol. 47, no. 8, pp. 1757–1764, 2012, doi: 10.1111/j.1365-2621.2012.03031.x.

[31] Zavadlav, S.; Janči, T.; Lacković, I.; Karlović, S.; Rogulj, I.; & Vidaček, S.: Assessment of storage shelf life of European squid (cephalopod: Loliginidae, Loligo vulgaris) by bioelectrical impedance measurements, *J. Food Eng.*, vol. 184, pp. 44–52, 2016, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2016.03.022.

[32] Cifrek, M.; Magjarević, R.; Valentić, M.; Stipetić, D. & Žuljević, Ž.: PC-based system for simultaneous recording of myoelectric activity and occlusal sounds, *Proc. IV Int. Symp. Biomed. Eng.*, pp. 120–121, 1991.

[33] Cifrek, M.; Magjarević, R. & Žuljević, Ž.: Silent period measurements in clinical dentistry, *Period. Biol.*, pp. 47–50, 1993.

[34] Valentić-Peruzović, M.; Magjarević, R.; Cifrek, M.; Čelebić, A. & Stipetić, D.: Tooth contacts and electromyographic characteristics of craniomandibular muscles, *Period. Biol.*, pp. 43–46, 1993.

[35] Alajbeg, I. Ž.; Valentić-Peruzović, M.; Alajbeg, I. & Cifrek, M.: The influence of age and dental status on elevator and depressor muscle activity, *J. Oral Rehabil.*, vol. 33, no. 2, pp. 94–101, 2006, doi: 10.1111/j.1365-2842.2006.01541.x.

[36] Srhoj-Egekher, V.; Cifrek, M. & Medved, V.: The application of Hilbert-Huang transform in the analysis of muscle fatigue during cyclic dynamic contractions, *Med. Biol. Eng. Comput.*, vol. 49, no. 6, pp. 659–669, 2011, doi: 10.1007/s11517-010-0718-7.

[37] Ostojić, S.; Peharec, S.; Srhoj-Egekher, V. & Cifrek, M.: Differentiating patients with radiculopathy from chronic low back pain patients by single surface EMG parameter, *Automatika*, vol. 59, no. 3–4, pp. 400–407, 2018, doi: 10.1080/00051144.2018.1553669.

[38] Persson, T.; Lanshammar, H. & Medved, V.: A Marker-Free Method to Estimate Joint Center of Rotation by Video Image-Processing, *Comput. Methods Programs Biomed.*, vol. 46, no. 3, pp. 217–224, 1995, doi: 10.1016/0169-2607(95)01621-Y.

[39] Medved, V. & Cifrek, M.: Kinesiological electromyography in: *Biomechanics in applications*, Vaclav Klika (Ed.), InTech, ISBN 953307969X, (2011), pp. 349-366 http://www.intechopen.com/articles/show/title/kinesiological-electromyography (as reprint with added abstract) Medved, V., Cifrek, M. 2015: Kinesiological electromyography in: *Annual 2015 of the Croatian Academy of Engineering*, (V. Andročec, Ed.), Croatian Academy of Engineering, ISSN 1332-3482, Zagreb, (2011), pp. 279-299

[40] Medved, V.: *Measurement of human locomotion*, CRC Press, ISBN 9780367397777 Boca Raton, Fl, (2001)

[41] Lučev, Ž.; Krois, I. & Cifrek, M.: Effect of Body Positions and Movements in a Capacitive Intrabody Communication Channel from 100 kHz to 100 MHz, in *2012 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC)*, 2012, pp. 2791–2795.

[42] Lučev, Ž.; Krois, I. & Cifrek, M.: A Capacitive Intrabody Communication Channel from 100 kHz to 100 MHz, *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 61, no. 12, pp. 3280–3289, 2012, doi: 10.1109/TIM.2012.2205491.

[43] Naranjo-Hernandez, D.; Callejon-Leblic, A.; Lučev Vasić, Ž.; Seyedi, M. & Gao, Y.-M.: Past Results, Present Trends, and Future Challenges in Intrabody Communication, *Wirel. Commun. Mob. Comput.*, 2018, doi: 10.1155/2018/9026847.

[44] Gao, Y. M.; Zhang, H. F.; Lin, S.; Jiang, R. X.; Chen, Z. Y.; Lučev Vasić, Ž.; Vai, M. I.; Du, M.; Cifrek, M. & Pun S. H.: Electrical exposure analysis of galvanic-coupled intra-body communication based on the empirical arm models, *Biomed. Eng. Online*, vol. 17, 2018, doi: 10.1186/s12938-018-0473-9.

[45] Zhou, H. Y.; Huang, L. K.; Gao, Y. M.; Lučev Vasić, Ž. Cifrek, M. & Du, M.: Estimating the Ankle Angle Induced by FES via the Neural Network-Based Hammerstein Model, *IEEE Access*, vol. 7, pp. 141277–141286, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2943453.

[46] Huang, L. K.; Huang, L. N.; Gao, Y. M.; Lučev Vasić Ž.;, Cifrek, M. & Du, M.: Electrical Impedance Myography Applied to Monitoring of Muscle Fatigue during Dynamic Contractions, *IEEE Access*, pp. 13056–13065, 2020.

[47] Išgum V. (urednik): *Elektrofiziološke metode u medicinskim istraživanjima*, Medicinska naklada, ISBN 953-176-135-3, Zagreb, (2003)

[48] Tudor, K. I.; Petravić, D.; Skorić, M. K. & Išgum, V.: Need for Thorough Standardization of CO2 Laser Evoked Potential Procedure, *J. Clin. Neurophysiol.*, vol. 35, no. 6, pp. 485–489, 2018, doi: 10.1097/WNP.0000000000000502.

[49] Gabelić, T.; Krbot, M.; Šefer, A. B.; Išgum, V.; Adamec, I. & Habek, M.: Ocular and Cervical Vestibular Evoked Myogenic Potentials in Patients With Multiple Sclerosis, *J. Clin. Neurophysiol.*, vol. 30, no. 1, pp. 86–91, 2013, doi: 10.1097/WNP.0b013e31827eda0c.

[50] Friganović, K.; Jerbić, A. B.; Medved, M.; Zavacki, T. & Cifrek, M.: Sučelje mozga i računala (Brain-computer Interfaces). *Tehničke znanosti: glasnik Akademije tehničkih znanosti Hrvatske* 21(1), 2017, 2-6.

[51] Krbot, M.; Šefer, A. B.; Išgum, V. & Cifrek, M.: Influence of parameters of the Sternberg memory task (the set size and probe item affiliation) on cognitive event-related potentials. Clinical Neurophysiology, 121(Supplement 1), Abstracts of 29th International Congress of Clinical Neurophysiology, Burke, David (ur.), Kobe Japan, 28.10–01.11.2010, 123.

[52] Deletis, V.; Išgum, V. & Amassian, V. E.: Neurophysiological mechanisms underlying motor evoked potentials in anesthetized humans. Part 1. Recovery time of corticospinal tract direct waves elicited by pairs of transcranial electrical stimuli, *Clin. Neurophysiol.*, vol. 112, no. 3, pp. 438–444, 2001, doi: 10.1016/S1388-2457(01)00461-8.

[53] Paćelat, E.; Magjarević, R. & Išgum, V.: Measurement of electrode-tissue interface characteristics during high current transcranial pulse electrical stimulation. *Measurement*. vol. 27, no. 2, 2; 133-43.

[54] Supek, S. & Magjarević, R.: Neurodynamic measures of functional connectivity and cognition, *Med. Biol. Eng. Comput.*, vol. 49, no. 5, SI, pp. 507–509, 2011, doi: 10.1007/s11517-011-0779-2.

[55] Krbot, M.; Šefer, A. B.; Cifrek, M.; Mitrović, Z.; Krois, I. & Išgum, V.: Somatosensory Vibratory Evoked Potentials: Stimulation Parameters, *AUTOMATIKA*, vol. 52, no. 1, pp. 31–38, 2011.

[56] Pribanić, T.; Sturm, P. & Cifrek, M.: Calibration of 3D kinematic systems using orthogonality constraints, *Mach. Vis. Appl.*, vol. 18, no. 6, pp. 367–381, 2007, doi: 10.1007/s00138-007-0068-0.

[57] Pribanić, T.; Džapo, H. & Salvi, J.: Efficient and Low-Cost 3D Structured Light System Based on a Modified Number-Theoretic Approach, *EURASIP J. Adv. Signal Process.*, 2010, doi: 10.1155/2010/474389.

[58] Pribanić, T.; Mrvoš, S. & Salvi, J.: Efficient multiple phase shift patterns for dense 3D acquisition in structured light scanning, *IMAGE Vis. Comput.*, vol. 28, no. 8, pp. 1255–1266, 2010, doi: 10.1016/j.imavis.2010.01.003.

[59] Salvi, J.; Fernandez, S.; Pribanić, T. & Llado, X.: A state of the art in structured light patterns for surface profilometry, *Pattern Recognit.*, vol. 43, no. 8, pp. 2666–2680, 2010, doi: 10.1016/j.patcog.2010.03.004.

[60] Ivanović, M.; Weber, D. A.; Lončarić, S. & Franceschi, D.: Feasibility Of Dual Radionuclide Brain Imaging With I-123 and TC-99M, *Med. Phys.*, vol. 21, no. 5, pp. 667–674, 1994, doi: 10.1118/1.597320.

[61] Chang, W.; Lončarić, S.; Huang, G. & Sanpitak, P.: Asymmetric Fan Transmission CT on SPECT Systems, *Phys. Med. Biol.*, vol. 40, no. 5, pp. 913–928, 1995, doi: 10.1088/0031-9155/40/5/013.

[62] Lončarić, S.: A survey of shape analysis techniques, *Pattern Recognit.*, vol. 31, no. 8, pp. 983–1001, 1998, doi: 10.1016/S0031-2023(97)00122-2.

[63] Subašić, M.; Lončarić, S. & Sorantin, E. Model-based quantitative AAA image analysis using a priori knowledge, *Comput. Methods Programs Biomed.*, vol. 80, no. 2, pp. 103–114, 2005, doi: 10.1016/j.cmpb.2005.06.009.

[64] Čikeš M.; Kalinić, H.; Baltabaeva, A.: Lončarić, S.; Parsai, C.; Miličić, D.; Čikeš, I.; Sutherland, G. & Bijnens, B.: The shape of the aortic outflow velocity profile revisited: is there a relation between its asymmetry and ventricular function in coronary artery disease?, *Eur. J. Echocardiogr.*, vol. 10, no. 7, pp. 847–857, 2009, doi: 10.1093/ejechocard/jep088.

[65] Lončarić, S.; Dhawan, A. P.; Broderick, J. & Brott, T.: 3-D image analysis of intra-cerebral brain hemorrhage from digitized CT films., *Comput. Methods Programs Biomed.*, vol. 46, no. 3, pp. 207–216, Apr. 1995, doi: 10.1016/0169-2607(95)01620-9.

[66] Jeličić, V.; Oletić, D.; Sever, T.; & Bilas, V.: Evaluation of MOX Gas Sensor Transient Response for Low-Power Operation, in *2015 IEEE Sensors Applications Symposium (SAS)*, 2015, pp. 108–112.

[67] Magno, M.; Jeličić, V.; Srbinovski, B.; Bilas, V.; Popovici, E. & Benini, L.: Design, Implementation, and Performance Evaluation of a Flexible Low-Latency Nanowatt Wake-Up Radio Receiver, *IEEE Trans. Ind. Informatics*, vol. 12, no. 2, pp. 633–644, 2016, doi: 10.1109/TII.2016.2524982.

[68] Jeličić, V.; Magno, M.; Brunelli, D.; Bilas, V. & Benini, L.: Benefits of Wake-Up Radio in Energy-Efficient Multimodal Surveillance Wireless Sensor Network, *IEEE Sens. J.*, vol. 14, no. 9, pp. 3210–3220, 2014, doi: 10.1109/JSEN.2014.2326799.

[69] Oletić, D.; Arsenali, B. & Bilas, V.: Low-Power Wearable Respiratory Sound Sensing, *SENSORS*, vol. 14, no. 4, pp. 6535–6566, 2014, doi: 10.3390/s140406535.

[70] Oletić, D. & Bilas, V.: Asthmatic Wheeze Detection from Compressively Sensed Respiratory Sound Spectra, *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, vol. 22, no. 5; pp. 1406-1414

[71] Oletić, D. & Bilas, V.: Energy-Efficient Respiratory Sounds Sensing for Personal Mobile Asthma Monitoring, *IEEE Sens. J.*, vol. 16, no. 23, pp. 8295–8303, 2016, doi: 10.1109/JSEN.2016.2585039.

[72] Oletić, D. & Bilas, V.: Empowering smartphone users with sensor node for air quality measurement, in *Sensors & Their Applications XVII*, 2013, vol. 450, doi: 10.1088/1742-6596/450/1/012028.

[73] Souček, B.; Cimerman, M. & Breyer, B.: Amplitude Distributions of Poisson Process Transformed by Systems with Memory, with Special Reference to Shot Noise and Pile-Up, *IEEE Trans. Nucl. Sci.*, vol. NS17, no. 3, p. 375+, 1970, doi: 10.1109/TNS.1970.4325716.

[74] Bistrović M.; Maricić, Z.; Greenfield, M. A.; Brejer, B.; Dvornik, I.; Slaus, I. & Tomas, P.: Energy Response of LiF, Film and a Chemical Dosimeter to High-Energy Photons and Electrons, *Phys. Med. Biol.*, vol. 21, no. 3, pp. 414–421, 1976, doi: 10.1088/0031-9155/21/3/007.

[75] Srdoč, D.; Breyer, B. & Sliepčević, A.: Rudjer Bošković Institute Radiocarbon Measurements I, *Radiocarbon*, vol. 13, no. 1, pp. 135–140, 1971, doi: 10.1017/S003382220000093X.

[76] Breyer, B.; Ferek-Petrić, B.; & Čikeš, I.: Properties Of Ultrasonically Marked Leads, *PACE-PACING Clin. Electrophysiol.*, vol. 12, no. 8, pp. 1369–1380, 1989, doi: 10.1111/j.1540-8159.1989.tb05051.x.

[77] Breyer, B. & Čikeš, I.: Ultrasonically Marked Catheter – A Method For Positive Echographic Catheter Position Identification, *Med. Biol. Eng. Comput.*, vol. 22, no. 3, pp. 268–271, 1984, doi: 10.1007/BF02442755.

[78] Ferek, B.; Čikeš, I. & Breyer, B.: Echo Marker in Temporary Pacing, *PACE-PACING Clin. Electrophysiol.*, vol. 8, no. 3, p. A14, 1985.

[79] Breyer, B.: *Medicinski dijagnostički ultrazvuk: uvod u fiziku i tehniku*, Školska knjiga, ISBN: 86-03-99526-5, Zagreb, (1991.)

[80] Breyer, B. & Čikeš, I.: Ultrasonically marked cardiac catheters, 1987.

[81] Ferek, B.; Drinković, N.; Išgum, V.; Juršić, M.; Pustišek, S. & Ugljen, R.: Sensing Shift of Sensitivity Programmable Pacemakers, *PACE-PACING Clin. Electrophysiol.*, vol. 10, no. 3, 2, p. 674, 1987.

[82] Ferek, B.; Pasini, M.; Pustišek, S.; Juršić, M. & Tonković, S.: Noninvasive Detection of Insulation Break, *PACE-PACING Clin. Electrophysiol.*, vol. 7, no. 6, pp. 1063–1068, 1984, doi: 10.1111/j.1540-8159.1984.tb05658.x.

[83] Drinković, N.; Ferek, B.; & Juršić, M.: Subcostal M-Mode Echocardiography of the Right Atrial Wall in Evaluation of Cardiac-Arrhythmias and Pacing, *PACE-PACING Clin. Electrophysiol.*, vol. 8, no. 1, pp. 110–122, 1985, doi: 10.1111/j.1540-8159.1985.tb05730.x.

[84] Ferek Petrić, B.: Monitoring P-Waves to Detect Degradation of Atrial Myocardium, 2009.

[85] Ferek Petrić, B.: Autocontrollable pacemaker with alarm, 1991.

[86] Šantić, A.: Vamvakas, S. & Neuman, M. R.: Micropower Electronic Switches for Implanted Instrumentation, *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, vol. 29, no. 8, pp. 583–589, 1982, doi: 10.1109/TBME.1982.324989.

[87] Magjarević R. & Ferek-Petrić, B.: Implantable Cardiac Pacemakers-50 Years from the First Implantation, *Zdr. Vestnik-Slovenian Med. J.*, vol. 79, no. 1, pp. 55–67, 2010.

[88] Sovilj, S.; Magjarević, R.; Lovell, N. & Dokos, S.: Realistic 3D Bidomain Model of Whole Heart Electrical Activity and ECG Generation, in *2013 Computing in Cardiology Conference (CINC)*, 2013, vol. 40, pp. 377–380.

[89] Friganović, K.; Kukolja, D.; Jović, A.; Cifrek, M. & Krstačić G.: Optimizing the detection of characteristic waves in ECG based on processing methods combinations. *IEEE Access,* 6, 2018, 50609-50626, https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2869943

[90] Lulić Jurčević, T.: Biomehanika, *Hrvatska tehnička enciklopedija*. 2015., dostupan na https://tehnika.lzmk.hr/biomehanika/, Pristupljeno 2020-02-13

[91] Muftić, O.; Orlić, D. & Ruszkowski, I.: Croatian model of hip joint endoprosthesis, *Period. Biol.*, vol. 104, no. 3, pp. 281–285, 2002.

[92] Fakultet strojarstva i brodogradnje, Monografija *FSB 100, 100 godina FSB-a*. Sveučilišna tiskara Zagreb, 2019.

[93] Horvat, N.; Virag, L.; Holzapfel, G. A.; Sorić, J. & Karšaj, I.: A finite element implementation of a growth and remodeling model for soft biological tissues: Verification and application to abdominal aortic aneurysms, *Comput. Methods Appl. Mech. Eng.*, vol. 352, pp. 586–605, 2019, doi: 10.1016/j.cma.2019.04.041.

[94] Pavić, A.; Kodvanj, J.; Sabalić, S.; Čukelj, F. & Bakota, B.: Novel external fixation fracture method with circular locking mechanism compared with the application of dynamic axial external fixator on experimental tibial model ensures better stability inšbending and favourable performance in dynamic loads, *Injury*, vol. 44, no. 3, pp. S52–S55, 2013.

[95] Obrovac, K.; Udiljak, T. & Mihoci, K.: Dizajn i izrada ortoza stopala, *Trans. FAMENA*, vol. 29, pp. 49–60, 2005.

[96] Staroveški, T.; Brezak, D. & Udiljak, T.: Drill wear monitoring in cortical bone drilling, *Med. Eng. Phys.*, vol. 37, no. 6, pp. 560–566, 2015, doi: 10.1016/j.medengphy.2015.03.014.

[97] Švaco, M.: Šekoranja, B.; Šuligoj, F.; Vidaković, J.; Jerbić, B. & Chudy, D.: A Novel Robotic Neuronavigation System: RONNA G3, *Stroj. Vestnik-Journal Mech. Eng.*, vol. 63, no. 12, pp. 725–735, 2017, doi: 10.5545/sv-jme.2017.4649.

[98] Šuligoj, F.; Jerbić, B.; Šekoranja, B.; Vidaković, J. & Švaco, M.: Influence of the localization strategy on the accuracy of a neurosurgical robot system, *Trans. FAMENA*, vol. 42, no. 2, pp. 27–38, 2018, doi: 10.21278/TOF.42203.

Sjećanje na proizvodnju u Tvornici telekomunikacijskih uređaja Nikola Tesla u Zagrebu

Prof. dr. sc. **Gojko Nikolić**,
Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, gojko.nikolic@ttf.unizg.hr

Prof. dr. sc. **Dubravko Rogale**, redoviti član HATZ-a,
Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, dubravko.rogale@ttf.unizg.hr

Uvod

Kako više nema proizvodnih djelatnosti u tvornici Ericsson-Nikola Tesla, valja se sjetiti perioda kada je ona bila jedan od glavnih djelatnosti Tvornice telekomunikacijskih uređaja od njenih početaka 1949. do 1990. godine, do kada je rastao njen uspon i bila jedna od najbolje organiziranih tehnološki suvremenih proizvodnja ne samo u bivšoj državi. Sada dok još postoje ljudi koji su radili i stvarali tu proizvodnju vrijedno je truda otrgnuti je od zaborava i ostaviti zapis o tim uspješnim danima hrvatskih stručnjaka i radnika. Posebno iz razloga jer je u mnogim aktivnostima bila suvremena i ispred tadašnjeg vremena i trendova.

Ne ulazeći u opravdanost gašenja proizvodnje u devedesetim godinama nakon što je Ericsson postao glavni dioničar i preuzeo upravljanje tvornicom prema svojim idejama i koncepcijama, ostaje sjećanje i ponos na ostvarena tehnička dostignuća i uspjehe koje je ta proizvodnja ostvarila.

Prije svega ovo je pisanje jedne od osoba koja je bila dio te proizvodnje u najintenzivnijim godinama rada tvornice od 1965. do 1990.godine. Prvi autor je bio jedan od njenih ključnih kreatora, pa će možda neki od iznesenih stavova biti ocijenjeni kao subjektivni[1]. Moguće da će takva ocjena biti donekle i točna, ali živjeti s proi-

[1] Gojko Nikolić bio je u Tvornici Nikola Tesla: konstruktor alata i naprava, šef Odjela za projektiranje automatiziranih uređaja, šef Ureda tehnološke pripreme rada serijske proizvodnje, šef Alatnice, pomoćnik Direktora proizvodnje, Direktor proizvodnje i na kraju član Poslovodnog odbora zadužen za Proizvodnju, Montažu, Nabavu, Investicije i Računski centar. Sukreator je projekta visokoregalnog skladišta, voditelj izgradnje Pogana tiskanih pločica na lokaciji Grana, te voditelj uvođenja upravljačkog sustava COPICS u tvrtku.

zvodnjom toliko godina, imati mogućnost slobodnog realiziranja vlastitih ideja postaje dio, htjeli ili ne htjeli, načina razmišljanja i viđenja događanja oko sebe pa i osobnog ponosa.

U opisu proizvodnje teško će se moći opisati svi interesantni procesi. Dati će se naglasak na one koje su bili u to vrijeme značajni i u neku ruku ispred tadašnjeg vremena, kao i na one koji su slijedili najnovije trendove procesa rada u svijetu. U svakom slučaju za tadašnju državu to su bili jedinstveni pothvati a neki su i danas, poslije toliko vremena, ostali posebno značajni, vrijedni i inovativni.

Šveđanin Per Olof Sjöstedt jedan od prvih direktora nove tvrtke Ericsson-Nikola Tesla je izjavio da nijedna Ericssona kompanija izvan Švedske nije imala tako potpun proizvodni proces kao Nikola Tesla, usprkos svom relativno malom obujmu proizvodnje [1].

Kratka povijest tvornice i proizvodnje

Na inicijativu Generalne direkcije pošta, predsjedništvo vlade Federativne Narodne Republike Jugoslavije (FNRJ) donijelo je odluku o spajanju zagrebačke PTT radionice, Odjela slabe struje tvornice Rade Končar i nacionaliziranog poduzeća Fuld u novoosnovani Tehnoservis. Tvornica telefonskih uređaja Nikola Tesla osnovana je 1. 11. 1949. [1] Od 1949. do 1995. nosi taj naziv kada u procesu privatizacije postaje Ericsson-Nikola Tesla (slika 1).

Prvi direktor tog Tehnoservisa, bio je inž. Augus Adam, koji je dužnost direktora obnašao od 1949. do 1951. Tada je na to mjesto imenovan inž. Petar Kovač, koji je



Sl. 1. Pogled na kompleks Tvornice Nikole Tesle osamdesetih godina [2]

najzaslužniji za razvoj i stvaranje Nikole Tesle i njenu ulogu u razvoju telekomunikacijskih sustava ne samo u Hrvatskoj i bivšoj državi, u kojoj je 1984. proizvela je 70% telefonskih i 100% telegrafskih mreža, već i u drugim državama. U SSSR je npr. do 1990. bilo instalirano 136 komutacijskih sustava proizvedenih u Nikoli Tesli [1].

Počeci proizvodnje 1949. godine su bili, može se reći, obrtnički. Radilo se uglavnom ručno kao što je uobičajeno u servisnim radionicama.

Još su dva značajna proširenja proizvodnje nastala izgradnjom elektropogona s visokoregalnim skladištem, alatnicom i održavanjem te pogona tiskanih pločica od 10.000 m2 na lokaciji Grana u Dubravi.

Osnovni podaci o Tvornici telekomunikacijskih uređaja Nikola Tesla kroz promatrani vremenski period

Početak rada Tvornice je u Palmotićevoj 82 u prostorima namijenjenih skladištu površine oko 2.795 m^2 s 113 radnika, slika 2. [3, 4] Preseljenjem na novu lokaciju 12. prosinca 1953. u postojeće zgrade u Krapinskoj ulici 45 (tada Moskovskoj) povećava se radni prostor tvornice na 9000 m^2, slika 3. [1, 5]



Sl. 2. Tvornica Nikola Tesla započela je 1949. sa svojim radom u zgradi Palmotićevoj 82 [3]



Sl. 3. Preseljenje 1953. u novu zgradu u Krapinskoj 45 [3]

Iste godine potpisan je licencni ugovor s LM Ericssonom te je započela poslovno-tehnička suradnja, u početku s crossbar sustavima, a 1977. nastavila s elektro-

ničkim, digitalnim sustavima. Tesla je počela izvoziti već 1958., a 1981. izvoz je bio 57 milijuna USD [1].

Početkom osamdesetih godina dolazi do velike transformacije sustava prelaskom s crossbar i poluelektroničkih na digitalne AXE i ASB komutacijske sustave. [1]

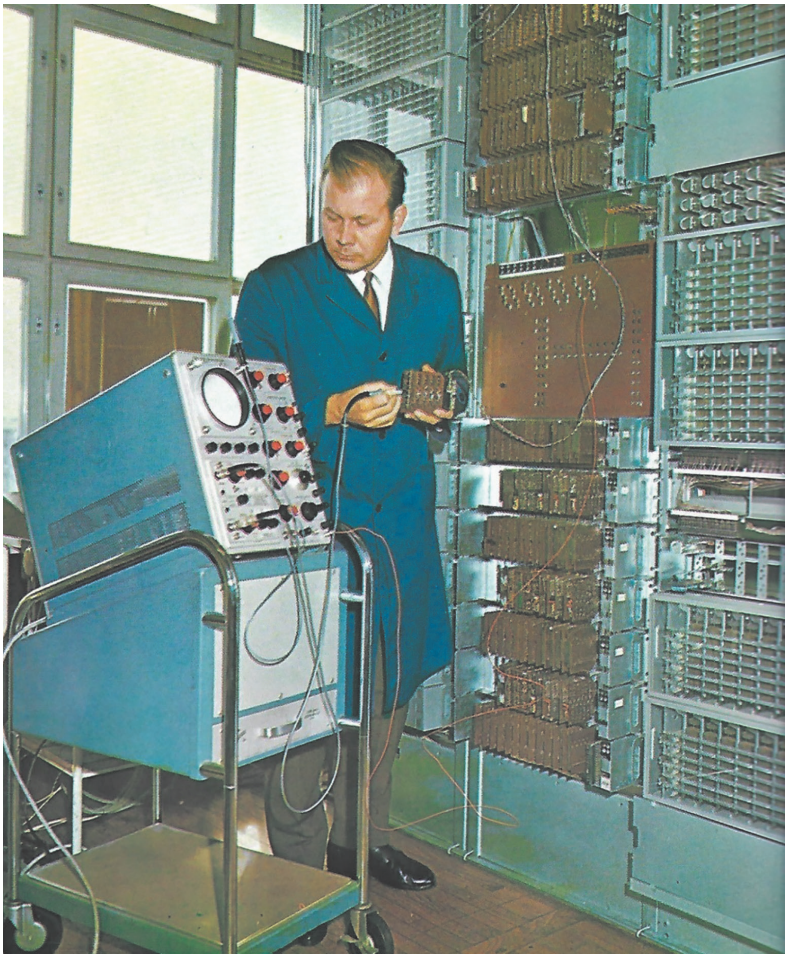
Povećanjem tvornice i broja djelatnika u njoj došlo je do potrebe izgradnje novog prostora. Tako se je nova upravna zgrada izgradila 1974 i 1975., elektro pogon se dograđivao od 1961 do 1981., Alatnica i Održavanje od 1974. do 1984., a galvanizacija i lakirnica 1973. Time je sav raspoloživi prostor izgrađen i iznosio je ukupno 66.000 m^2, slika 1 [3, 4].

Potreba za povećanom proizvodnjom tiskanih pločica za nove elektroničke centrale potaknula je izgradnju tada u Europi najmodernije tvornice tiskanih pločica na lokaciji Grana u Dubravi koja je završena 1988. godine, slika 4, (gašenjem proizvodnje oprema je prodana privatniku iz Slovenije a zgrada Tvornici čarapa Jadran).

Broj radnika od 1949. stalno je rastao tako da je 1989. iznosio 5.179. Osam godina ranije (1981.) iznosio je maksimalnih 5.437 [1]. Od tog broja oko 3000 ili nešto više bilo je zaposleno u proizvodnji.



Sl. 4. Pogon za proizvodnju tiskanih pločica na Grani (Dubrava) [3]



Sl. 5. Ispitivanja elektroničkih sklopova u Institutu [6]

Značajni broj stručnjaka radio je u Institutu čiji je zadatak bio ne samo usvajanje novih tehnoloških rješenja, definiranje njihovih karakteristika temeljem licencne dokumentacije, već i razvoj novih centrala, slika 5.

Proizvodnja

Proizvodnja je bila po broju radnika najveća organizacijska cjelina od svih u tvornici. Osim mehaničkog i elektro pogona, kasnije i pogona tiskanih pločica, imala je pogone alatnice i održavanja, te kontrole i skladišta. U sklopu tih pogona i ureda bilo je niz organizacijskih cjelina. Teško je sve njih nabrojati, zato će biti opisane samo one s najvećim utjecajem na proces proizvodnje i ostvarenu produktivnost rada.

Da bi se sagledao utjecaj pojedinih organizacijskih cjelina i njihovo djelovanje ukazuju podaci iz disertacije koja se znanstveno bavila analizom desetgodišnjeg perioda (1973. – 1983.) proizvodnje u Nikoli Tesli. Analiza je provedena na 6 tada najmasovnijih proizvoda (koordinatne sklopke, okruglog, trostrukog i multi releja, sloga utikača i sloga čepišta). U tom vremenskom periodu porast proizvodnosti rada tih proizvoda iznosio je nevjerojatnih 628%. Bilo je interesantno ustanoviti što je najviše utjecalo na taj rast. Analiziran je utjecaj 6 najznačajnijih čimbenika na uzorku od 1362 podatka i 227 radnih operacija te su dobiveni podaci o veličini tog utjecaja. Ti utjecajni čimbenici i veličina njihovog utjecaj su: Intenzitet rada (8,7%), rekonstrukcija proizvoda u cilju jednostavnije proizvodnje odnosno tehnologičnost proizvoda (13,9%), organizacija rada (8,8%), novi kupljeni strojevi (3,6%), unapređenje i novi tehnološki postupci (30%), te u Alatnici proizvedeni automatizirani strojevi (35%). Korištena je statistička metoda višestruke linearne regresije. Zaključak je da je Alatnica u ovakvim procesima proizvodnje izradom specijalnih automatiziranih strojeva i naprava najviše doprinosi porastu proizvodnosti rada. To su unikatni i specifični strojevi namijenjeni vlastitoj proizvodnji. [7]

Značaj vrhunske Alatnice u unapređenju procesa proizvodnje

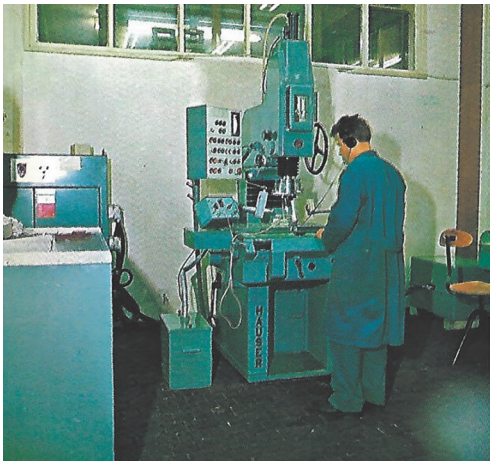
To je vrijeme kada se na tržištu nisu mogli nabaviti za proizvodnju specifični strojevi jednom jer ih tržište nije nudilo ili zbog nedostatka raspoloživih deviznih sredstava. Zato je, kako je već rečeno, najznačajniji doprinos izradi alata, naprava i automatskih uređaja i linija, imala je Alatnica. Bila je opremljena s vrhunskim strojevima, u ono doba rijetkim na ovom prostoru, kao što su stroj za erodiranje s elektrodama, kao i sa žicom, koordinatna brusilica, CNC stroj za glodanje, vrlo precizni strojevi za plansko i optičko profilno brušenje, uređaji za precizna mjerenja i sl. (slike 6, 7, 8, 9) Jedan od najznačajnijih upravitelja alatnice bio je inž. Zdenko Leicher, zaljubljenik u alatničarstvo, čovjek s vizijom razvoja i unapređenja te djelatnosti.

Alatnica je usvojila, kao jedna od rijetkih u Europi (osim Italije i Njemačke), izradu štancarskih alata s elementima od tvrdog metala, slika 10. U tom smislu uspostavljena je suradnja s tadašnjom tvrtkom Sintal-Votanit i zajedničko rješavanje nastalih problema izrade tankih žigova od posebne vrste tvrdih metala i njihovo sprečavanja izvijanja kod izrade sinterovanjem. Kod konstrukcije primijenjeno je niz inovativnih rješenja, koja su opisana u sveučilišnom udžbeniku[2] koji je nastao tijekom praćenja rada i aktivnosti od samih početaka istraživanja primjene i konstrukcije te izrade tih alata. Mnoge od tih inovacija bile su patentabilne, ali nažalost

[2] Knjigu, sveučilišni udžbenik: Visokoproduktivne štance s elementima od tvrdog metala, Liber, Zagreb 1980. napisao je Gojko Nikolić koji je razvijao i konstruirao te alate, a kako je trebala biti izdana u sklopu katedre prof. dr. Brune Rebeca na FSB i on je dodan kao koautor knjige.



Sl. 6. Optička profilna brusilica u Alatnici [8]



Sl. 7. Koordinatna brusilica u Alatnici [8]



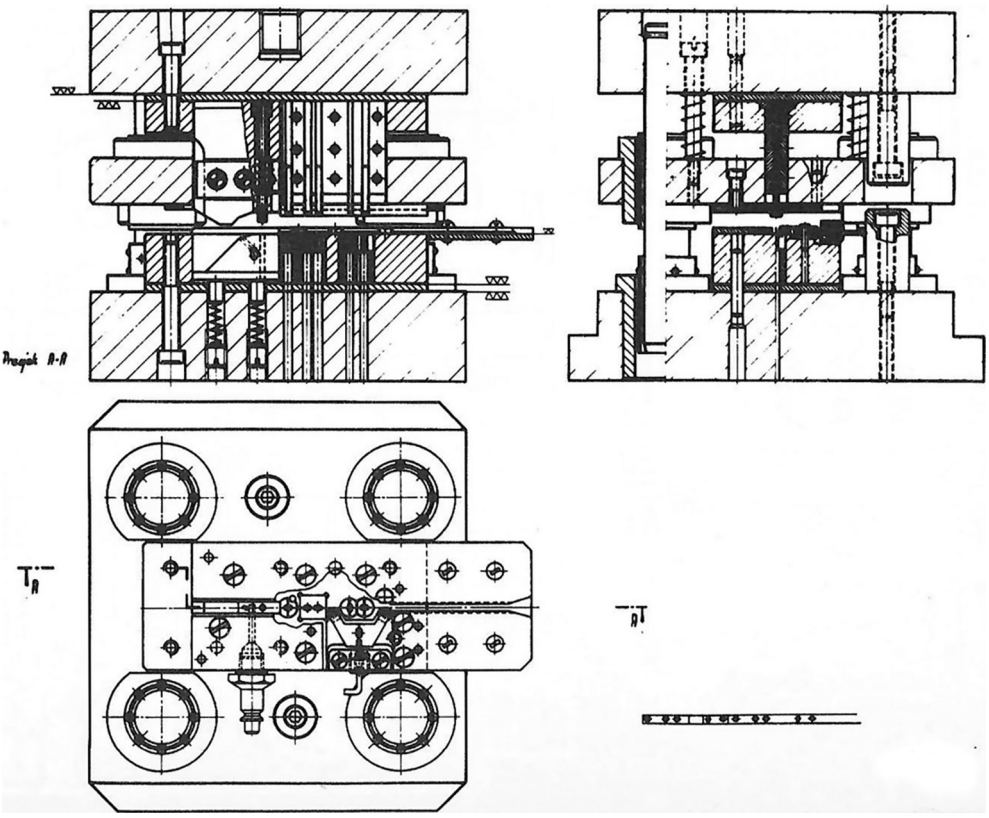
Sl. 8. Erozionka sa žicom Charmilles u Alatnici [3]



Sl. 9. Alatnica, strojevi za brušenje [4]

nisu bile prijavljene. Štance s tvrdim metalima su bile neophodne kod štancanja transformatorskih limova kao i proizvoda vrlo velikih serija proizvoda kod kojih ne smije doći do pojave srha. Kao primjer takvog proizvoda u Nikoli Tesli je "ušica okruglog relea" koja se proizvodila u serijama od više milijuna komada godišnje. Klasični alati s alatnim čelikom između dva brušenja izdržavali bi najviše 50000 do 60000 kom. Alati s tvrdim metalima odštancali su i nekoliko milijuna izradaka prije potrebe za brušenjem. Koliko je autoru ove knjige poznato ona je poslužila tvrtkama Bagatu, Končaru i Rudi Čajevcu, koji su imali namjeru uči u izradu takvih alata.

Obzirom na sve veću izradu automatskih uređaja formiran je 1968. Odjel za projektiranje automatiziranih uređaja unutar pogona Alatnice, u koje su uključeni projektanti iz konstrukcijskog biroa alatnice koji su već ranije projektirali takve uređaje.



Sl. 10. Crtež štance s elementima od tvrdog metala za izradu opružnog pera [9]

Alatnicu se smatralo jednom od najboljih "od Beča do Soluna" kako su znali reći mnogi posjetitelji. Kroz nju su prolazile mnoge delegacije i stručnjaci iz alatnica širom bivše države koji su se željeli upoznati s njenim radom. Jednom prilikom od predstavnika Ericssona, zaduženog za transfer tehnologije po licencom ugovoru (odjel DPU), dana je pohvala da je Teslina alatnica jednako dobra kao njihova. Znao je reći da su mnogi automati za proizvodnju napravljeni u Alatnici povezali više tehnoloških operacija, nego što su oni imali u svojim uređajima, iako je njihova proizvodnja 10 puta veća. U šali je izjavio da bi sada trebao biti obrnuti proces da Ericsson od Tesle kupuje te strojeve.

Za upravljanje automatiziranih linija ili naprava korišteni su u početku releji i pneumatski upravljački sustavi, a potom PLC-ovi. U jednom trenutku početkom sedamdesetih godina koristilo se upravljanje pomoću pneumatskih mini logičkih elementima sustava DRELOBA, koji su tada bili hit u svijetu i s kojima su se počeli



Sl. 11. Automat za izradu "kontaktnog niza" [8]



Sl. 12. Automat za izradu tijela "okruglog relea" [4]



Sl. 13. Proizvodna linije za izradu "jezgre okruglog relea" [4]



Sl. 14. Automat za ožičenje releja [4]

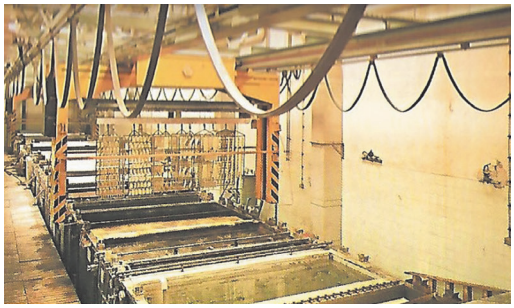
upravljati mnogi strojevi (jedan takav je opisan u Tehničkoj enciklopediji, Zagreb 1974. Tom br. 5, strana 469 pod pojmom Fluidika).[3]

Da bi se bar djelomično opisao značaj Alatnice za procese proizvodnje dati će prikaz putem slika samo nekih od automatskih strojeva koji su proizvedeni u tom pogonu i značajno povećali proizvodnost rada smanjujući udio ljudskog, slike 11, 12, 13.

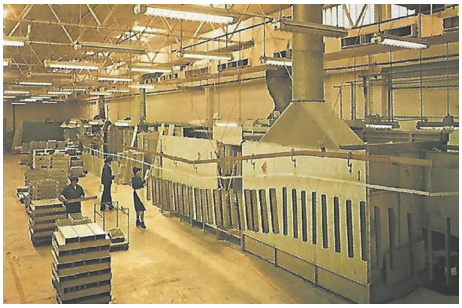
Na strojevima su postavljene automatske naprave za olakšavanje rada radnika.

Uz vlastite proizvedene strojeve nabavljani su i suvremeni na tržištu. Mnogi od njih i od licencnog partnera LM Ericssona. Kao primjer, nabavljen je veći broj automata za ožičenje releja, slika 14.

[3] Autor ovog dijela teksta je na FSB-u projektirao upravljanje s takvim elementima i simulirao rad na ispitnim pločama glodalice ALG 300 za Prvomajsku, kao i za gumarsku prešu za Borovo.



Sl. 15. Galvanizacija za "žuto kromatiranje" [2]



Sl. 16. Lakirnica [2]

Treba napomenuti da su galvanizacija i lakirnica bile automatizirane linije, slike 15 i 16.

U elektro pogon na trakama radio je veliki broj radnica, na linijama za izradi releja, tiskanih pločica ili ožičavanju stalaka, slike 17 i 18.



Sl. 17. Linije izrade "okruglog releja" [2]

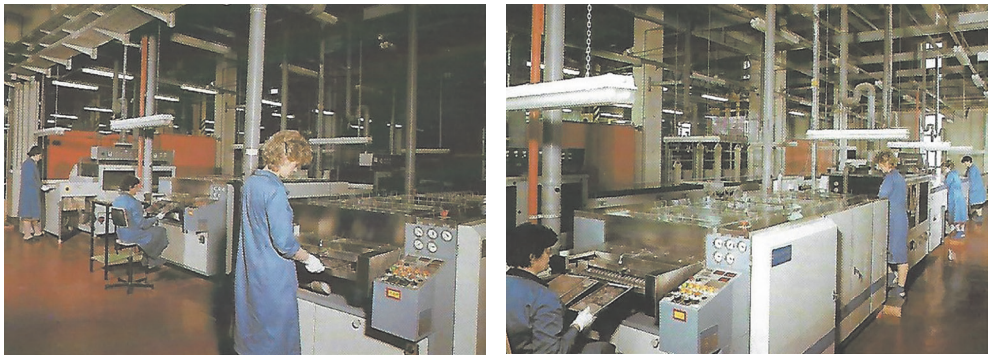


Sl. 18. Pogon ožičenja "stalaka" [2]

Proizvodnja tiskanih ploča na Grani bila je jedna od najmodernijih u Europi. Osim dvostranih s metaliziranim rupama IV klase rađene su i višeslojne tiskane ploče (4 sloja), slike 19, 20 i 21.

Pogon regeneracije otpadnih voda po veličini i složenosti bio je jednak onome za proizvodnju tiskanih ploča.

Za ubrzanje procesa ubacivanja elektroničkih komponenata na tiskane pločice nabavljen je 1988. robot japanske tvrtke Fuji. To je vjerojatno bio prvi robot nabavljen u industrijske svrhe u bivšoj državi, slika 22.



Sl. 19. Automatske linije Izrade tiskanih ploča [2]



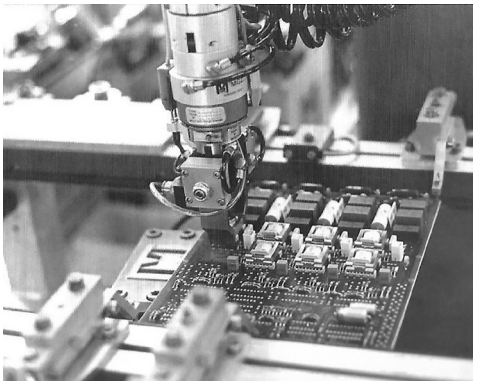
Sl. 20. Bušenje tiskanih pločica u Pogonu Grana [2]



Sl. 21. Skidanje bakrenog srha u rupama tiskanih ploča tehnologijom "plasma etchinga" u pogonu na Grani [2]



a)



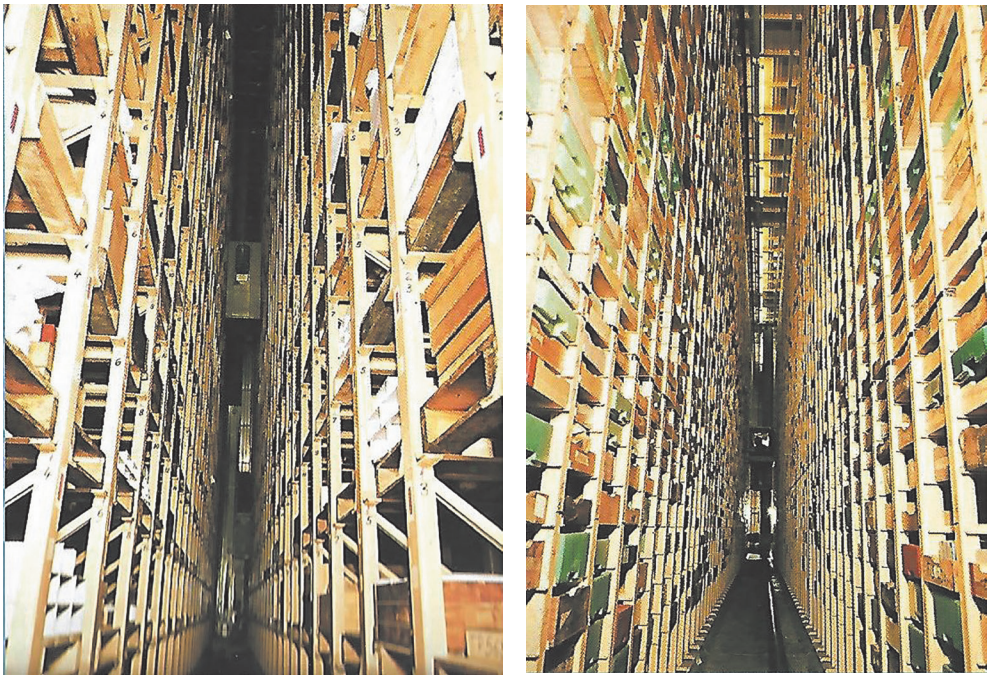
b)

Sl. 22. Robot japanske tvrtke Fuji za insertiranje komponenata u tiskane pločice **a)** Izgled robota [3], **b)** Detalj robota [1]

Sastavni elementi i dijelovi elektroničkih sklopova, tračnica (shelf-ova) i stalaka su dijelom proizvedeni u pogonima tvornice, a dijelom su kupovni. Kompletne telefonske centrale imaju više stotina tisuća različitih komponenata. Da bi se osiguralo kvalitetno snabdijevanje elektro pogona sa svim potrebnim dijelovima i elementima izgrađeno je visokoregalno skladište (16 m), ono je bilo potpuno automatizirano i računalno upravljano, slika 23a. Dio skladišta je izveden kao komisionirno skladište visine 8 m, slika 23b. Služilo je za komisioniranje komponenata po radnom nalogu. To je prvo visokoregalno skladište namijenjeno proizvodnji na ovim prostorima i jedno od rijetkih za tu namjenu u Europi i svijetu. Obično su to prodajna skladišta. Uz suradnju stručnjaka iz Nikole Tesle projektiranje i izgradnju visokoregalnog skladišta izvela je tvrtka Smelt iz Slovenije.

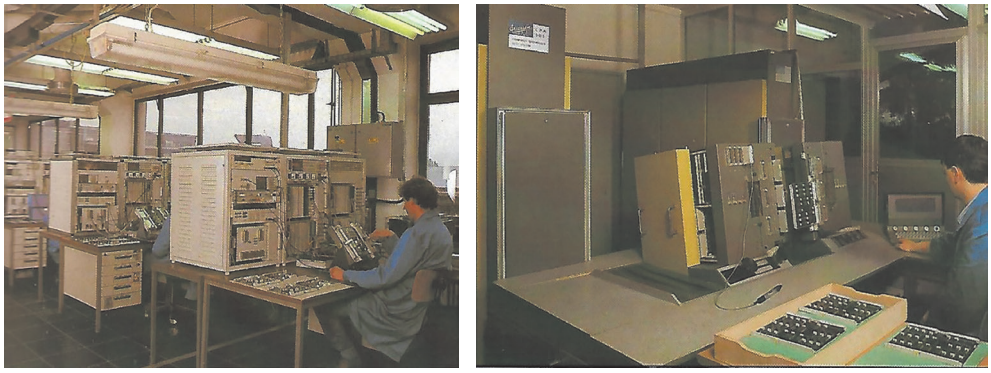
Poslovi u proizvodnji završavaju s ispitivanjem gotovih sklopova u ispitnoj stanici. Ispitivanja su potpuno automatizirana, s ispitnim uređajima nabavljenim od licencnog partnera LM Ericssona, slika 24.

Nakon ispitne stanice radi se tzv. predinstalacija, budući da je svaka centrala unikatna zbog specifičnih zahtjeva kupaca, izvršava se predinstalacija centrale i provjera njene funkcionalnosti. Nakon toga se tek isporučuje kupcu.



a) b)

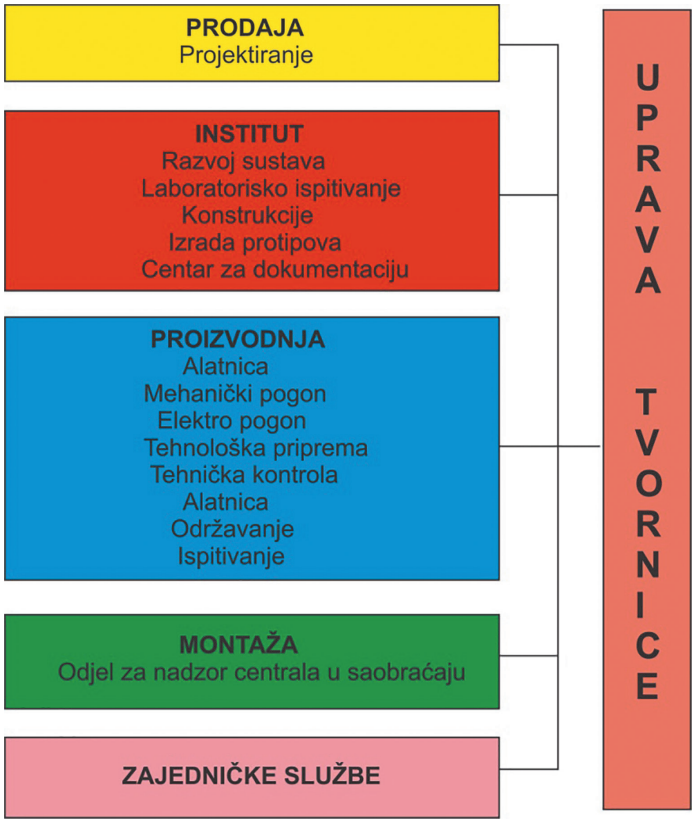
Sl. 23. Visokoregalno skladište u Nikoli Tesli, [2], **a)** Paletno skladište 16 metarsko, **b)** Komisonirno skladište 8 metarsko [2]



Sl. 24. Dva radna mjesta u ispitnoj stanici [3]

Organizacija rada

Načelna organizacija rada prikazana je slikom 25.



Sl. 25. Načelna organizacijska struktura Tvornice Nikola Tesla [8]

Obzirom na složenost procesa proizvodnje, kompleksnost finalnih proizvoda i rokova isporuke pristupilo se vođenju proizvodnje pomoću računala (CIM-koncept). Za ostvarenje tog koncepta korišten je IBM paket COPICS (Communications Oriented Production Information and Control System). On obuhvaća sljedeća područja: inženjersko-tehničko (struktura proizvoda, tehnologija i sl.), upravljanje tokom materijala (skladišta, radionice, dokumentacija), izračun troškova, kupce i dobavljače, opterećenje opreme i pogona, predviđanja te planiranje proizvodnje. Sastoji se od dvadeset i jednog "modula". Nakon uvedenog prvog "modula" ostali se postupno uvode i nadograđuju prema potrebi korisnika ali i dostupnosti odnosno ažurnosti dokumentacije, te spremnosti prihvaćanja organizacije rada koju određuje COPICS. Tesla je jedna od rijetkih koja je usvojila 15 "modula", na čemu su voditelju tima čestitali predstavnici IBM u Zagrebu. Prema nepotvrđenim ali procijenjenim podacima uštede koje je donio COPICS su bile enormne. Nabava materijala smanjila se na 1/3, koliko i trajanje procesa proizvodnje finalnog proizvoda. Zaliha finalnih proizvoda se smanjila na pola. Sredila se sva dokumentacija od nabave, tehnologije i pripreme proizvodnje. Mnogi organizacijski nedostaci su ispravljeni. To nije bio jednostavan posao jer svaka promjena kod ljudi izaziva otpor. Voditelj tima zato je u tom pogledu dobio ovlaštenja generalnog direktora da može uvesti organizacijske promjene koje traži COPICS. Proces uhodavanja trajao je nekoliko godina. Nabavljeno je vrlo snažno IBM-ovo centralno računalo, a do mjesta korisnika, obzirom na tadašnju tehniku rada korištenjem terminala, povezani su s žičanom vezom.

Zaključak

U članku se nije mogla opisati vrlo složena proizvodnja koja je postojala u Tvornici Nikoli Tesli dok se nije ugasila.

Ovim tekstom se bar malo željelo oživjeti uspomena na tu vrlo kompleksnu i suvremenu proizvodnju. Mogla se samo djelomično opisati i to oni najznačajniji dijelovi ili procesi. Zainteresiranom čitatelju veći broj slika više će pokazati pojedine dijelove i opremu u proizvodnji, nego što bi to mogle riječi.

Ostaje pitanje da li se to sve trebalo dogoditi. Objašnjenja da je to posljedica promjena tehnologije nije sasvim uvjerljivo jer te proizvode rade druge tvornice u Španjolskoj, Brazilu, Kini i vjerojatno još nekim zemljama. Jedan od početnih uvjeta kod privatizacije Tesle bio je zadržavanje jednog dijela proizvodnje za cijeli koncern Ericssona, ali to se nije ostvarilo.

Vrlo moderna i skupa oprema, instrumenti, naprave i alati prodavani su u bescjenje, često po kilogramu težine, te su mnogi završili na buvljoj pijaci na Jakuševcu.

Slovenac koji je kupio svu opremu za proizvodnju tiskanih pločica na Grani instalirao ju je kod sebe u Sloveniji i navodno isporučuje tiskane pločice na svjetsko tržište.

Postavlja se pitanje zašto je Ericsson bio zainteresiran za Nikolu Teslu? Tesla je bila uspješna tvornica koja je proizvodila kvalitetne i najmodernije telekomunikacijske sustave i imala izvrsne partnerske odnose s istočnoevropskim zemljama posebno s Rusijom. [1] Vjerojatno je to bilo presudno.

Zanimljivosti

Logo Tvornice Nikola Tesla, slika 26a, izradila je inž. Voja Pavić, stilizirajući potpis Nikole Tesle, slika 26b.



a)b)

Sl. 26. a) Logo Tvornice telekomunikacijskih uređaja Nikola Tesla, **b)** Potpis Nikole Tesle i njegov stilizirani potpis

Za neprekidni rad u tvornici dodjeljivale su se medalje, brončani odljevi s likom Nikole Tesle, rad poznatog akademskog kipara Koste Angeli Radovanija, slika 27. Na poleđini gdje je stilizirani logo Tvornice ugravirano je ime dobitnika medalje. Veličina medalje i njena površinska obrada vezivale su se za broj godine rada u Tvornici. Mala brončana medalja promjera 6 cm dodjelivala se za 10 godina, velika od 8 cm za 20 godina, velika posrebrena za 30 godina i velika pozlaćena za 40 godina rada u tvornici.

U Prvoj hrvatskoj zbirci mjerne i komunikacijske opreme sačuvani su brojni tehnički artefakti industrijske proizvodnje u Hrvatskoj [10]. U Zbirci je pohranjeno više od 1600 artefakata koji su proizvedeni u Hrvatskoj ili su poslužili u proizvod-



Sl. 27. Medalja Nikola Tesla za dugogodišni rad u Tvornici telekomunikacijskih uređaja Nikola Tesla

nji, a odnose se na područje mjernih instrumenata i uređaja te komunikacijske opreme.

Tako su sačuvani i artefakti povezani uz Tvornicu Nikola Tesla. Na slici 28a prikazan je vrlo kvalitetan razvojni cijevni osciloskop američke tvornice Tektronix oznake 535A, proizvođen od 1954. do 1973. godine. Osciloskop je pohranjen u izvrsnom tehničkom stanju, ispravan je i u potpunosti odgovara osciloskopu prikazanom na slici 5 u institutu Tesle.



Sl. 28. a) Cijevni osciloskop Tektronix 535A i **b)** poluvodički osciloskop Tektronix oznake 7623A [10]

Na slici 28b prikazan je razvojni poluvodički osciloskop Tektronix oznake 7623A proizvođen od 1972. do 1992. godine. Taj osciloskop je izvorno iz Tesle i još uvijek ima na sebi aluminijsku inventurnu pločicu. Osciloskop je kupljen u neispravnom stanju na buvljaku Jakuševac, a popravljen je u laboratoriju zbirke, tako da je sada u potpuno ispravnom stanju. Na istom mjestu kupljen je ispravan i u izvrsnom mehaničkom stanju laboratorijski stabilizirani ispravljač prikazan na slici 28c.



Sl. 29. Laboratorijski stabilizirani ispravljač izrađen u tvornici Tesla [10]

Razvidno je da je tvornica Tesla proizvodila i vlastite elektroničke mjerne instrumente izuzetno visoke kvalitete i profesionalne izvedbe. Na prednjoj ploči ispravljača izvrsno je, u gornjem desnom kutu, vidljiv ranije opisani logo tvornice Tesla, slika 26a.

Ovih nekoliko primjera sačuvanih tehničkih artefakata dodatno ilustrira izuzetno visoku razinu razvoja i stvaranja u tvornici Tesla, koja ju je i dovela do jedne od tvornica koje su prednjačile u Hrvatskoj. Na sličan način spašeni su i pohranjeni i drugi tehnički artefakti s teritorija Hrvatske. Stoga se može zaključiti da su sjećanja na bogatu tehničku stvaralačku kulturu Hrvatske važna i da ih valja zapisati kao spomen novim generacijama, kao što treba spasiti i pohraniti svaki tehnički artefakt koji nas podsjeća na našu blistavu tehničku povijest.

Literatura

[1] …: Ericsson-Nikola Tesla – 70 godina, monografija povodom obljetnice tvrtke 1949.-2019., Zagreb 2019., ISBN 978-953-55904-1-5

[2] …: 30. godina rada Tvornice telekomunikacijskih uređaja Nikola Tesla, edicija, Zagreb 1979.

[3] …: 40. godina rada Tvornice telekomunikacijskih uređaja Nikola Tesla, edicija, Interpublik, Zagreb 1989.

[4] …: 25. godina rada Tvornice telekomunikacijskih uređaja Nikola Tesla, monografija, Interpublik, Zagreb 1974.

[5] …: Zgrade pričaju povijest, dostupno na https://www.ericsson.hr/zgrade, pristup 25.1.2020.

[6] Ciraky R., Roboz O., Salopek J. Svirčević S.: Suvremene tranzitne telefonske centrale domaće proizvodnje i problemi Jugoslavenske telefonske mreže, Nikola Tesla, Interpublic CPP, Zagreb 1970.

[7] Nikolić G.: Disertacija, Jeftina automatizacija i njen utjecaj na produktivnost rada u strojarskoj proizvodnji, FSB (Mentor T. Šurina), Zagreb 1984.

[8] …: 20. godina rada Nikola Tesla, Tvornica telekomunikacijskih uređaja, Zagreb, Moskovska 45, monografija, izdavač Znanje, Zagreb 1969.

[9] Rebec B., Nikolić G.: Visokoproduktivne štance s elementima od tvrdog metala, Sveučilišni udžbenik, Liber, Zagreb 1980.

[10] Rogale D., Fajt S., Knezić Ž., Lukša D.: Prva hrvatska zbirka mjerne i komunikacijske opreme, Povijest i filozofija tehnike, 7. simpozij PIFT 2018, 355-364

Razvoj sigurnosnog tiska vrijednosnica u Hrvatskoj

Prof. dr. sc. **Klaudio Pap**, redoviti član HATZ-a,
Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, klaudio.pap@gmail.com

Prof. dr. sc. **Darko Agić**, član emeritus HATZ-a,
Odjel grafičkog inženjerstva, darkoagic@yahoo.com

Izv. prof. dr. sc. **Jana Žiljak Gršić**,
Tehničko veleučilište u Zagrebu, janaziljakgrsic@gail.com

Dr. sc. **Damir Modrić**,
Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, damir.modric@grf.hr

Prof. dr. sc. **Vilko Žiljak**, član emeritus HATZ-a,
Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, vilko@ziljak.hr

Sažetak: *Sigurnosni tisak je najzahtjevnija grana grafičke tehnologije jer se spajaju skoro sva znanja iz tog područja i to uvijek u koraku s razvojem najnovijih tehnoloških spoznaja s tendencijom biti uvijek ispred krivotvoritelja i njihovih mogućnosti. Povijesni razvoj te grane grafičke tehnologije u Hrvatskoj je usko vezan razvojem i mogućnostima tiskarstva na našim područjima. Razvoj sigurnosnog tiska vrijednosnica u Hrvatskoj doživio je pravi procvat u devedesetim godinama kada su se sve vrijednosnice uključujući I novci morali stvarati iz ničega na potpuno novi inovativan način. Pojavom svjetske hrvatske inovacije InfrareDesign dolazi do novih pomaka u razvoju sigurnosnog tiska..*

Ključne riječi: *Hrvatska, sigurnosni tisak, vrijednosnice, InfrareDesign*

1. Uvod

Sigurnosni tisak je najzahtjevnija grana grafičke tehnologije jer se spajaju skoro sva znanja iz tog područja i to uvijek u koraku s razvojem najnovijih tehnoloških spoznaja s tendencijom biti uvijek ispred krivotvoritelja i njihovih mogućnosti. Povijesni razvoj te grane grafičke tehnologije u Hrvatskoj je usko vezan razvojem i mogućnostima tiskarstva na našim područjima.

U 17. stoljeću nakon mira s Turcima (1606.g.), iako dolazi do slobodarskog pokreta što se očituje na primjer u vidu osnivanja isusovačke gimnazije (1607.g.), nije bilo tiskare u hrvatskom kraljevstvu. Svi autori su svoja dijela slali na tisak u Veneciju, Beč, Graz ili Ljubljanu. To je bio dosta dugačak period tiskarske ovisnosti. Isusovci su 1663. godine kupili tiskaru od isusovačkog kolegija u Ljubljani i prenjeli je u Zagreb i tada Zagreb dobiva svoju prvu tiskaru. Godine 1669. nastaje i razvija se Sveučilište u Zagrebu. Tiskara je slabo poslovala i praktički se ugasila, a nju su 1694. godine isusovci ustupili odlukom Hrvatskog sabora na upravljanje Pavlu Ritteru Godine 1695. tiskara je radila kao zemaljska ili kraljevska tiskara [1].

Povijesne su vrijednosnice od 18. stoljeća do 20. stoljeća većinom otisnute tehnikom knjigotiska. Grafička priprema se izvodila ručno od pojedinačnih grafičkih elemenata i znakova. Nesavršenost ručnog slaganja se vidjela u pokušaju spajanja uglova različitih vinjeta i linija pri ćemu nastaju vidljivi razmaci. S druge strane prilikom samog tiska knjigotiskom dolazi do efekata slučajnih zadebljanja na krajevima tipografskih znakova zbog neravnomjernog istiskivanja veće količine boje.

Nakon 2. svjetskog rada dolazi do masovnog korištenja offsetne tehnologije. Ne samo da je dosegnuta kvaliteta knjigotiska nego se usporedo podignula brzina otiskivanja što je bilo bitno za tisak novčanica. U procesu izrade novčanica uvijek se pokušavalo koristiti što više tiskarskih tehnologija s različitim vrstama bojila što je otežavalo mogućnost krivotvorenja. Tako se i nakon pojave offseta koristio s njim u kombinaciji i knjigotisak za na primjer tisak serijskih brojeva na vrijednosnicama.

Krajem 19. stoljeća i prvoj polovici 20. stoljeća vrijednosnice su zadržavale slične zaštitne elemente kao što su na primjer linije preko kojih se rukom ispisivala neka informacija (datum rođenja, nominalne vrijednosti i slično). Takav način se koristio na skoro svim vrijednosnicama od krsnog lista, domovnice, različitih svjedodžbi i isprava. U pojedinim oblicima rijetko postoji i danas kada se očekuje na primjer naš potpis na poleđini kreditne kartice. Isto vrijedi i za korištenje okvira u obliku pletera i različitih frizeva i rozeta. Takva pleterna ornamentika se znala tiskati s jednom bojom ili s dvije boje (jedna za okvir druga za podlogu). Naravno tu je i korištenje neizostavnog grba iz različitih stadija razvoja hrvatske države.

Imperativ razvoja tiskarske tehnologije je dugo bio novinski tisak. Visoke naklade su poticale na inovacije u integraciji tiskarskih područja pripreme sloga i ilustracija, tisak, rezanje, uvez koje dolazi u softverskoj integraciji pod nazivom “3P” (prepress, press, postpres).

2. Era novog vala hrvatskog sigurnosnog tiska

Pojavom računalne grafike sve se je promijenilo iz korijena. Više nije bilo ograničenja u grafičkoj pripremi kao u doba ručnog sloga. Pojavila su se nova jedinstvena rješenja u dizajnu dokumenata koji imaju vrijednosna svojstva. Na primjeru naše KUNE upotrijebili su se svi poznati novi i stari postupci izrade novčanica, ali iznutra, s vektorskom, računalnom grafikom.

Novčanice kuna prve serije tiskane su u njemačkoj tiskari Giesecke & Devrient (G&D) u Münchenu. Druga serija se tiska u dvije tiskare. Novčanice nižih nominalnih vrijednosti (5, 10 i 20 kuna) tiskaju se u tiskari G&D, dok se novčanice viših nominalnih vrijednosti (50,100 i 200) tiskaju u austrijskoj tiskari Oesterreichishe Banknoten und Sicherheitsdruck GmbH (OeBS), u Beču.

Originalni filmovi za novčanice iz kojih se radi tiskarska forma su djelo hrvatskih ljudi na čelu s Vilkom Žiljakom. Uvelo se nešto novo u sustav zaštite – računalnu grafiku kao neponovljiv matematički stohastički algoritam. Spojila se konvencionalna grafička umjetnost s umjetnosti koja je nastala s računalnom grafikom sedamdesetih godina. Bila je to radikalna inovacija, stvaranje novih ideja u sustavu sigurnosnog tiska, spoj konvencionalne i računalne grafike. To je donijelo iznenađenje koje je veliki njemački koncern G&D prihvatio za tisak novčanica. Te su novčanice izvedene na potpuno nov način. Proces izrade originalnih filmova bio je razdvojen po elementima na novčanici. Tako se moglo brzo intervenirati, promijeniti, doraditi.

Na tim novčanicama se također primjenila potpuno nova inovativna metoda rastriranja razvijena u hrvatskoj od istog tima ljudi. Na taj način se efikasno štitio dio dokumenta od pokušaja visokorezolucijskog skaniranja. Takvo rastriranje se već počelo koristiti u hrvatskoj od 1991. također u zaštiti i tisku poštanskih maraka, autobusnih karata, službenih isprava, ali i na papirnatim dionicama dok se nisu transformirale u digitalnu sferu.

Žiljak je sa svojim timom u ovom dijelu Europe proveo transformaciju grafičke pripreme od olovnog sloga prema računarskoj grafici što je uveo i postavio u svim velikim tiskarama ovog područja od Zagreba do Ljubljane, Beograda, Sarajeva, Tetova i Skopja. Uveo je u grafičku tehnologiju mnoge nove tehnologije zaštitnog tiska, među kojima je na svjetskoj razini najpoznatija inovacija InfrareDesign koju s timom suradnika s Grafičkog fakulteta razvija i predstavlja po čitavom svijetu dobivajući brojne nagrade i priznanja [2]. Povezanost tehničkog i kreativno-umjetničkog Vilko Žiljak pokazuje i svojim radovima kompjutorske grafike koji se nalaze u stalnom postavu Muzeja suvremene umjetnosti u Zagrebu.

U vrijeme stvaranja nove hrvatske države odnosno njenog osamostaljivanja nije bilo nikakve mogućnosti da bi nova država mogla svoje vrijednosnice stvarati u inozemstvu. Upravo zbog toga se u hrvatskoj osniva novo poduzeće Hrvatski tiskarski zavod (HTZ) na mjestu bivše tiskare "Ognjen Prica" u Savskoj ulici.u Zagrebu (danas je to Agencija za komercijalnu djelatnost – AKD). Tada se je pristupilo potpuno samostalno i inovativno stvaranju prve hrvatske putovnice, osobne karte, vozačkih i prometnih dozvola, pilotskih dozvola, oružnih listova, domovnice i svih drugih potrebnih državnih isprava. Sve se je tada radillo na novi inovativan način s računalnom grafikom. Od stvaranja nove hrvatske države treba spomenuti ove značajne iskorake i projekte vezane za razvoj sigurnosnog tiska hrvatskih vrijednosnica:

- V. Žiljak, K. Pap i grupa suradnika, Razvoj i izvedba originala dokumenata Republike Hrvatske (putovnica, domovnica, osobna iskaznica i ostalo), Hrvatski tiskarski zavod, Zagreb, 1991. drugo izdanje 1998/2002.
- V. Žiljak, M. Šutej, Razvoj i izvedba originala hrvatskog novca KUNE, papirni novac: 5, 10,20, 50, 100, 200, 500, 1000 kuna, Narodna banka hrvatske, Zagreb, 1992. – 1994. izdanje 31. 10 1993. drugo izdanje 10 kuna: 15. 1. 1995.
- V. Žiljak, M. Šutej Novi zaštitni i sigurnosni elementi (hologram, kinegram, O.V.I.) na novčanicama 5,10 i 20 KUNA, Hrvatska narodna banka, Gisecke & Devrient, Germany, izdanje 7. 3. 2001.
- V. Žiljak, M. Šutej Novi zaštitni i sigurnosni elementi na novčanicama 50, 100 i 200 KUNA, Hrvatska narodna banka, AOBS Austrija, izdanje 7. 3. 2002.

Zbog osamostaljivanja hrvatska država se našla pred problemom nedostupnosti originalnih fotolita zemljopisnih karata koji nisu bili dostupni Hrvatskoj (prva polovina devedesetih godina). Tada je započeo inovativni pothvat stvaranja novih originala iz dostupnih otisaka postojeće kartografije. Iz zastarjelih otisaka su izrađeni novi fotoliti za tisak kako bi se u svakoj razini plana osam spot boja grafičke pripreme izvela selektivna promjena: nazivi, nove ceste, novi objekti. Te selektivne podloge su prvi puta u svijetu izrađene iz otiska, a kao rezultat je stvoren osmerobojni zapis digitalno, na fotolitima i u integriranom tisku. Na novim kartama su izmjenjene, dopunjene i aktualizirane informacije pa je hrvatska kartografija u kratkom vremenu potpuno postala operabilna. Ovo su dvije faze koje su to ostvarile:

- V. Žiljak, K. Pap i grupa suradnika Razvoj metodologije i izvedba originala osnovnog državnog topografskog zemljovida 1 : 25000, 600 listova, 1:100000, 46 lista, Državna geodetska uprava i FS, Zagreb, 1995. – 1998.
- V. Žiljak, K. Pap i grupa suradnika DRŽAVNI TOPOGRAFSKI ZEMLJOVID 1 : 200000, 26 lista, Državna geodetska uprava i FS, Zagreb, 2000. – 2001.

3. Sigurnosni tisak vrijednosnica jučer, danas i sutra

Zaštitni tisak ima funkciju da zaštiti informacije na dokumentima i vrijednosnicama od krivotvorenja upotrebom originalnog likovnog rješenja. Oblikovanje vrijednosnica se oslanja danas na računarsku vektorsku grafiku te na individualne rasterske modele za ciljani, jednokratni grafički sigurnosni tisak. Linijski rasteri su u stara vremena izrađivani ručnim graverskim tehnikama. Današnja programska rješenja imitiraju graverske poteze kako bi dokument imao dugo razvijane, prepoznatljive oblike a koji su tipični za vrijednosnice [3].

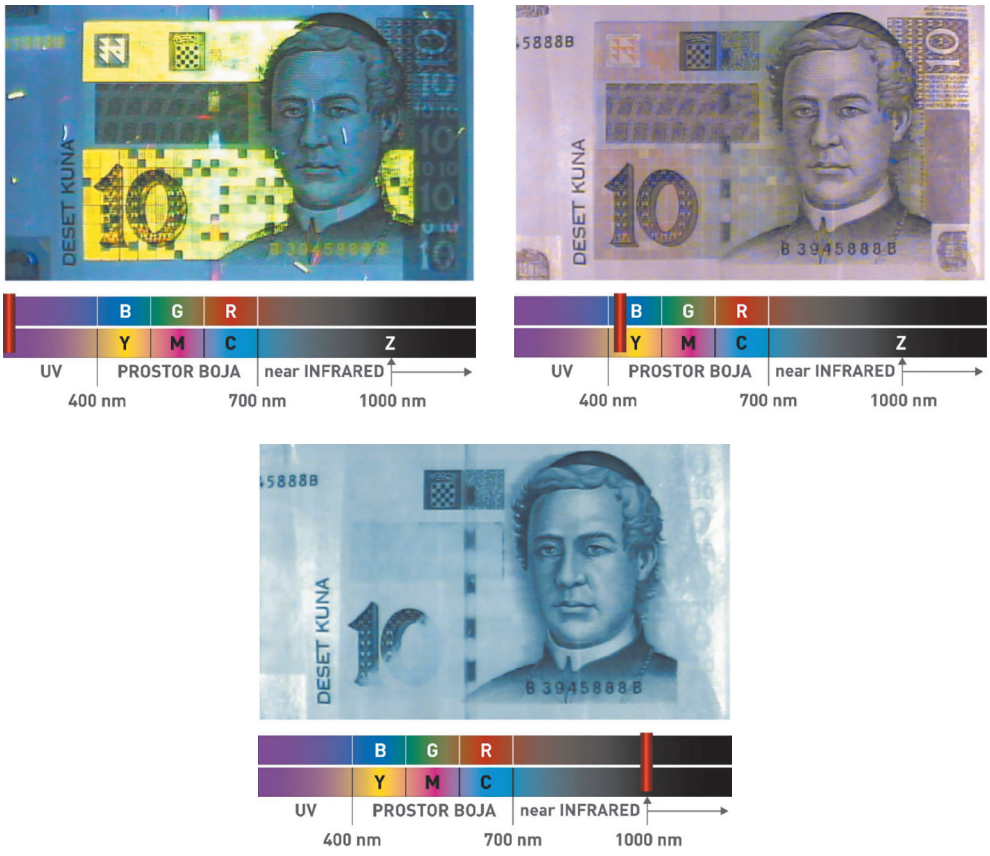
Grafički proizvodi: novac, putovnica, osobni dokumenti ili čekovi izrađuju se tiskarskim tehnikama sa grafičkom pripremom koja je zasnovana na inovativnim softverskim rješenjima. Noviji postupci koriste papire s ugrađenim nitima, mikro materijalim, sigurnosnim "UV" i NIR" dodatcima. Upotrebljavaju se boje koje mijenjaju svojstva apsorpcije i refleksije svjetla obasjane pod različitim valnim dužinama, a koje reflektiraju svjetlost u svakom kutu gledanja neku drugu boju (OVI boje). Novi tiskarski strojevi omogućuju jednim prolazom papira i desetak otisaka boja s različitim tehnikama: suhi ofset, mokri ofset, čelikotisak, intaglio tisak, digitalni tisak, upasivanje prozirnog registra, folio tisak s 3D efektom mikroleća. Tiskarski strojevi imaju potpuno računalom upravljan nanos boje i korekciju registra. Doradni strojevi su automatizirani u fazama: rezanje, sortiranje, pakiranje, izdvajanje makulature, optičko provjeravanje kvalitete.

Elementi zaštite od krivotvorenja različite su prirode, pa se koriste inovativne tehnike izrade radi zaštite od pokušaja djelomičnoga ili potpunoga patvorenja. Ti specifični elementi i tehnike bili su najprije rezervirani samo za vrijednosne papire i novčanice, ali se njihova upotreba vrlo brzo raširila i na dokumente za utvrđivanje identiteta. Razlikujemo zaštitu papira, postojanost informacije s obzirom na tehniku tiska i kvalitetu boja, te zaštitu od habanosti i trajnosti medija na kojem je sigurnosni tisak. Od novčanica i vrijednosnica zahtijeva se laka provjera njihove autentičnosti i samim tim, onom tko ga upotrebljava, da bude garancija ispravnosti svih podataka na tiskanicama.

Za izradu papira upotrebljavaju se sirovine koje su svojim oblikom, kada se gledaju pod mikroskopom, drugačije i opterećene odgovarajućim patentom. Tako lako možemo razlikovati da li se u papiru nalaze vlakna pamuka, lana, konoplje, topole, breze, bora, jele, rižine slame ili neke rijetke biljke kao što je remija, eukaliptus ili cedar. Izdvojimo papir bez optičkih bjelila koji će se upravo po tom svojstvu razlikovati od ostalih papira. Impregnirani papir s dodacima specifičnog sastava, na primjer, dokazuju se upotrebom određenog tipa kemikalije. Kod papira razlikujemo dva načina zaštite: "pasivnu", kada je zaštita sastavni dio papira, "aktivnu" kada se zaštita nanosi na površinu papira.

Pasivna zaštita papira odnosi se na samu izradu papira, vrstu papira i vodeni znak koji je u njemu izrađen. Vodeni znak je značajna zaštita papira. Krivotvorenje vodenog znaka zahtijeva izuzetan trud, vještinu, opremljenost i znanje koji će uprkos svemu biti uzaludni, jer se lažni vodeni znakovi vrlo uspješno otkrivaju, a za njihovu izradu su potrebna znatna sredstva i vrijeme. Pasivnu zaštitu predstavlja pravi vodeni znak koji nastaje prilikom formiranja lista na situ, zbog utiskivanja šablone u vlažnu papirnu masu. Taj postupak uzrokuje smanjenje količine vlakna na tom mjestu i u konačnom produktu očituje se kao prozirnost kojom se vodeni znak razlikuje od ostale mase papira. Vodeni znak ima izuzetnu vrijednost u sprečavanju krivotvorenja, a u sudskoj praksi može poslužiti za identifikaciju, utvrđivanje autentičnosti i utvrđivanje vremena proizvodnje dokumenta.

Aktivnu zaštitu čine elementi izvan papira, prikriveni ili vidljivi, koji vidljivo reagiraju na neplanirane kemijske supstancije. Aktivna zaštita koristi se u cilju zamje-



Sl. 1. Prikaz hrvatske novčanice od 10 Kuna u UV području na 360 nm, u vizalnom na 430 nm i u NIR području na Z poziciji od 1000 nm (cijela animacija kroz spektar se može vidjeti na poveznici www.vilko.ziljak.hr/UVNIR10K.mp4)

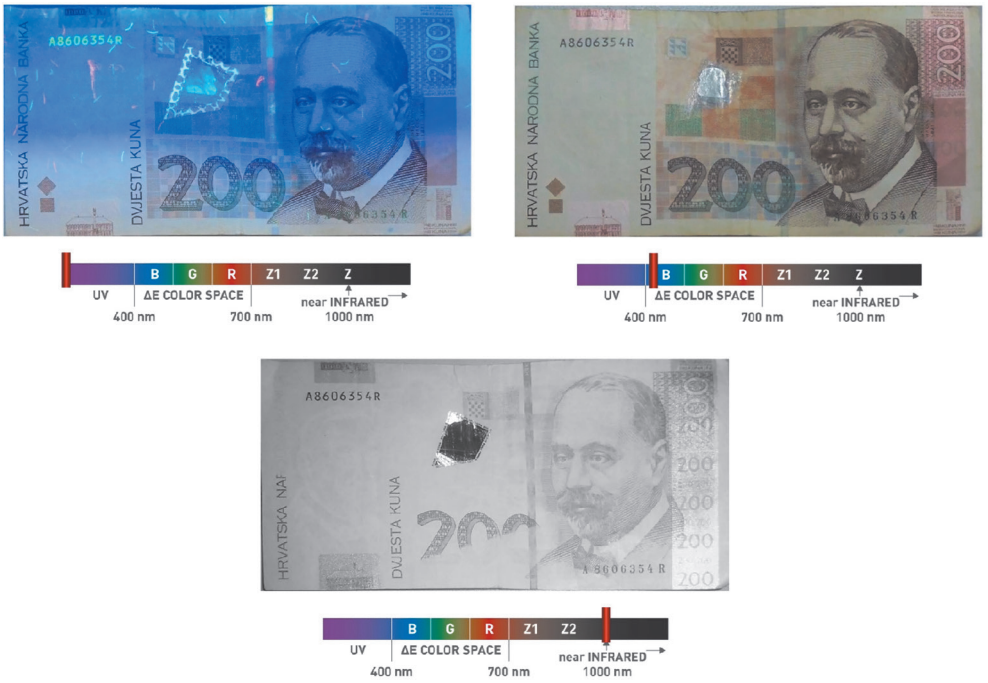
ne vodenog znaka na zaštićenom papiru, a može biti i dodana vodenom znaku. Obojena vlakna se stavljaju u masu za izradu papira, a može biti vidljiv ili nevidljiv oblik aktivne zaštite. To su obično tekstilna vlakna duga nekoliko milimetara različitih boja. Dodatci su i obojene pločice promjera koje fluoresciraju pod UV svjetlom. To se može vidjeti na Slici 1. na primjeru hrvatske novčanice od 10 kuna.

Sigurnosne niti su i polietilenske vrpce koje mogu biti metalizirane a stavljaju se u masu za izradu papira na različita mjesta. Planira se njihov slučajni raspored kako ne bi zadebljanja remetila veće naslage bunta novčanica. Te niti mogu biti čiste, odnosno bez tiska, bilo da su isprekidane bilo kontinuirane, vidljive ili nevidljive. Mogu biti i nosioci mikrotiska u pozitivu i negativu. Proizvođači papira orijentiraju se na niti čija se zaštitna funkcija povećava fluorescentnošću.

Razlikujemo dvije vrste zaštitnih podloga: jedna se nalazi na površini papira (vanjska) i dobiva se tiskom s bojama osjetljivim na sredstva za brisanje labilne boje. Druga se podloga nalazi unutar papira. U proizvodnji papira pomiješa se velik broj kemijskih zaštitnih reagensa koji reagiraju na različite vrste alata i materije za brisanje. Čim se na taj papir stavi kaplja kemijskog sredstva stvara se vrlo uočljiva mrlja koju nije moguće izbrisati.

Za zaštitu dokumenata upotrebljavaju se i boje, toneri i tinte različitih sastava i porijekla. Jedne od njih su fluorescentne kojima se često izvodi numeracija na raznim dokumentima i novčanicama. Fluorescentne boje izrađuju se u tonu boja čija je fluorescencija vidljiva na danjem svjetlu i one se čistoćom i kontrastom optički izdvajaju od podloge na kojoj su tiskane. U sigurnosnom tisku vrlo je raširena upotreba magnetskih boja, jer je magnetizam svojstvo koje se lakše kontrolira, a omogućava ispitivanje od luminiscencije osjetljivim mehanizmima ili elektroničkim čitačima. Kao osnova tih boja upotrebljavaju se oksidi željeza, nikla i kobalta. Oblici brojeva su strogo određeni kao i karakteristike koje će dati na magnetskim čitačima.

U optička svojstva papira ubrajaju se boja, bjelina, opacitet, transparencija i fluorescentnost. Ultraljubičasta fluorescenija povezana je s ekscitacijom svjetla u valnom području od 200-390 nm i emisije fluorescentne slike u vidljivom dijelu spektra od 400-750 nm. Ono što ljudsko oko ne može vidjeti u UV području postaje vidljivo pod djelovanjem UV radijacije svjetla, a taj princip je od praktičnog značenja u utvrđivanju istinitosti informacije. Za izvođenje te metode potrebno je imati izvor UV zračenja, tj. UV lampu – živinu lampu, koja ima filter ili set filtera za selekciju UV radijacije. Obično komercijalno urađene lampe imaju dvije valne dužine od 250 i 365 nm. Dobivena ultraljubičasta fluorescencija može se trajno zabilježiti pomoću fotografije s filterima za planiranu blokadu svjetla. Na taj način može se izvršiti brza diferencijacija velike količine raznovrsnih papira, jer se pojavljuju razlike u nijansama fluorescencije u uskom području koje je još uvijek



Sl. 2. Prikaz hrvatske novčanice od 200 Kuna u UV području na 360 nm, u vizalnom na 430 nm i u NIR području na Z poziciji od 1000 nm (cijela animacija kroz spektar se može vidjeti na poveznici www.vilko.ziljak.hr/UVNIR200K.mp4)

dovoljno da se dva slična papira razlikuju po strukturi vlakana, na primjer. Ta je metoda vrlo korisna kod dokazivanja raznih vrsta falsifikata, posebno kad se radi o precrtavanju. brisanju, dodavanju i sličnom prepravljanju dokumenata. Zbog sitnih detalja i dimenzija popularna je i upotreba tzv. fluorescentnog mikroskopa koji je kombinacija običnog mikroskopa, UV izvora zračenja i seta filtera koji omogućavaju dobivanje određene monokromatske svjetlosti. Na slici 2 se mnoga opisivana svojstva mogu vidjeti na primjeru hrvatske novčanice od 200 Kuna.

Ista vrijednosnica se planira, grafički dizajnira za tiska s nekoliko različitih tehnika i pripadnih bojila. Offsetne boje koristile su se za tisak svih vrsta zaštićenih dokumenata, uključujući novčanice, plastične kartice, čekove, putne čekove, poštanske marke, avionske karte, lutrijske listiće, bankovne obrasce, putovnice i slično. Tiskovine s ovim bojama izložu se djelovanjem kiselina, alkalija, oksidativnih sredstava, deterdženata i sapuna. kao i mehaničkom brisanju. Na bojama se neće uočiti promjena. Informacija je trajno sačuvana. U zaštiti informacije grafičkim postupkom sve se više koriste “nevidljive boje”. Pod pojmom “nevidljive boje” podrazumijevaju se one koje dnevnu svjetlost ne apsorbiraju pa naše oko vidi podlogu na kojoj je boja otisnuta. Ta ista boja apsorbira neku drugu svjetlost kao na primjer ultraljubičastu ili infrared. Zbog apsorpcije dijela svjetlosti naše oko razlikuje

podlogu (papir) i otisak, čime informacija postaje vidljiva. Fiksne se boje upotrebljavaju na svim vrstama papira pogodnim za sigurnosni tisak kao i na PVC folijama.

Brišuće offsetne boje obično se koriste za tisak linija ili određenog uzorka crnobijelim slovima kao mikropozadine na jednokratno upotrebljivim dokumetima, kao što su avionske karte, bankarski dokumenti i novčani nalozi. Boje se lako skidaju mehaničkim brisanjem. Što je glatkoća papira veća brisanje je uspješnije. Na taj način su onemogućena sva prepravljanja i izmjene dokumenata. Posebnu pozornost se posvećuje odabiru tiskovne podloge. Najbolji se rezultati postižu upotrebom jako premazanih podloga s kojih se boja lako briše. Za razliku od njih porozne podloge se zbjegavaju, jer kod njih dolazi do penetracije boje u podlogu i gubitka osnovnog svojstva laganog brisanja. Sve lako brišuće boje mogu se tiskati tehnikama offseta i suhog offseta. Boja se koristi kao i sve ostale offsetne boje, uključujući i proces vlaženja.

Fiksne knjigotiskarske boje za numeriranje koriste se na novčanicama, čekovima, kontrolnim kartama svih vrsta, bankovnim nalozima, putovnicama, poštanskim nalozima, bonovima i ostalom. Boje kojima se otiskuje numeracija na čekovima bile su idealan primjer za testiranje otpornosti prema kemikalijama i mehaničkom brisanju, a svojstvo fluorescencije je ostalo prisutno u podlozi i nakon vrlo grubog struganja boje. Boja ima izuzetnu tiskovnu stabilnost i napravljena je za tisak na svim vrstama numeratora, na rotacionim ili knjigotiskarskim strojevima na arke. Magnetske knjigotiskarske boje za numeriranje su višestrukoj primjeni i namjeni, a prva je brzo čitanje velikog broja tiskanica, brža obrada podataka, te brzo i jednostavno utvrđivanje autentičnosti.

Čelični tisak najvažniji je tisak u procesu izrade vrijednosnih papira, osobito novca, kao vrsta reljefnog dubokog tiska s izuzetno efektnim otiskom čija se informacija lako može provjeriti taktilno i otiranjem. Zahtijeva složenu pripremu, jer je za otiskivanje gravirane čelične ploče, u čijim se urezima nalazi boja, potrebno izraditi protuploču koja će prilikom otiskivanja utisnuti papir u dubine crteža. Čelični tisak i linijski bakrotisak često se pri krivotvorenju nadomještaju termografskim tiskom, odnosno knjigotiskom s termoekspandirajućom bojom. Razlika se lako i brzo uočava najobičnijim otiranjem otiska, jer termoboja neće ostaviti nikakav trag na bijelom papiru.

Irisni tisak upotrebljava se u mnogim tehnikama, a u digitalnoj pripremi i tisku kao imitacija prelaznih tonova u nekoliko smjerova. U konvencionalnom (offset) tisku, njegova je prednost što se može obavljati na bilo kojem stroju za tisak konzistentnim bojama i bočnim razribavanjem. Tako se može kombinirati nekoliko boja odvojeno na bojaniku, a to će na valjcima za razribavanje i otisku rezultirati harmoničnim bojama.

Pronalaskom i komercijalnim korištenjem strojeva za fotokopiranje u boji povećala se i mogućnost jednostavnog i dosta uspješnog krivotvorenja dokumenata. Kopirnim uređajima se suprostavljaju spot boje svojstvene samo sigurnosnom tisku: svijetle pastelne boje, metalne boje, UV, NIR, OVI i magnetske boje, na primjer. Za digitalni tisak s tonerom i tintama moguće je danas nabaviti ciljane spot boje koje će isporučioc izraditi samo za poznatog, krajnenjeg kupca.

4. Svjetska hrvatska inovacija InfrareDesign u sigurnosnom tisku

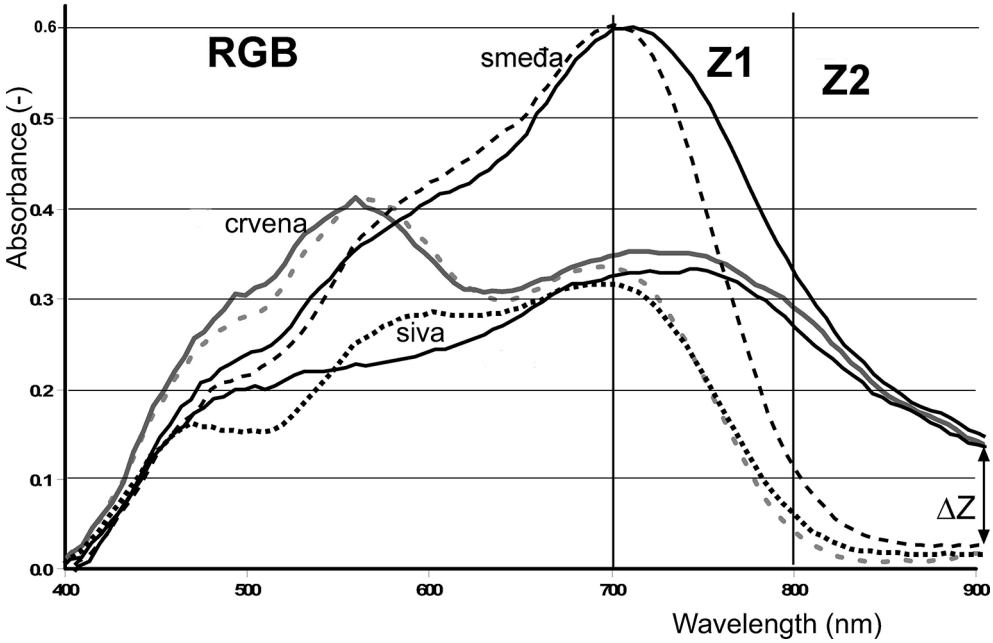
Sigurnosni tisak je danas središte pokretanja inovacija u grafičkoj tehnologiji. Na vrhu unapređenja je tehnika i teorija INFRAREDESIGN® (IRD) koja je prvi put javno objavljena 2008. godine, a potom su uslijedila objavljivanja u svjetskim CC, SCI časopisima [4]. Za tu inovaciju su dr. sc. Vilko Žiljak, dr. sc. Klaudio Pap, dr. sc. Ivana Žiljak Stanimirović i dr. sc. Jana Žiljak Gršić dobili Državnu nagradu za znanost za 2010. godinu u području tehničkih znanosti od Hrvatskog sabora.

Uveden je dualizam kao vidljiva i nevidljiva slika koja je ugnježđena jedna u drugu. Razvijen je matematički model spajanja dviju slika s potpuno različitim grafičkim dizajnima. Slike su na istom mjestu, ali se svaka odaziva izdvojeno u vizualnom (V) i bliskom infracrvenom spektru (NIR-Z). Razvijena je višerazinska ovisnost spajanja informacija iz dviju nezavisnih grafika koje nose sigurnosne informacije o dokumentu. To je zaštita od poznatih postojećih postupaka skaniranja, fotografiranja i retuširanja.

Integrirana dualna grafika se prikazuje u dva svjetlosna spektra pa se na taj način potvrđuje originalnost s forenzičkim instrumentarijem. Dodatno, detekcija je prilagođena promatranju s dualnim sigurnosnim kamerama koje nalazimo u bankarskim poslovima te sigurnosnim kamerama masovno instaliranim u urbanim sredinama. To je potaknulo tisak u tekstilnoj industriji čime se je razvio novi dizajn sa skrivenom slikom, skrivenom informacijom [5].

Tehnika miješanja bojila za sigurnosnu IRD metodu tiska, podređena je dualnom dizajnu. Nov pristup pigmentima i tintama je razvoj blizanaca bojila. Ista boja vizualno za skup njenih blizanaca daje spektrograme koji se razlikuju tek u bliskom infracrvenom spektru [6].

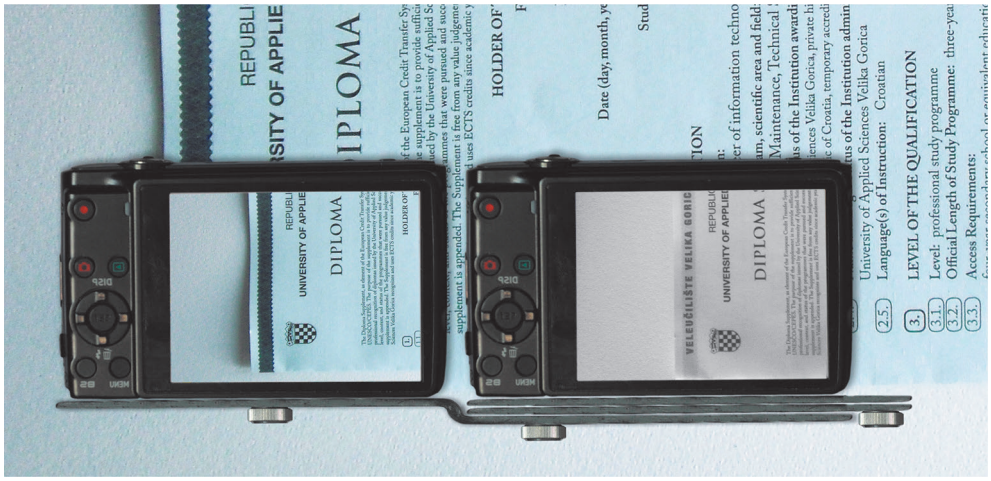
Na slici 3 prikazani su spektrogrami za tri para V i Z blizanaca: smeđu, crvenu i sivu boju. Recepture sastava CMYK bojila (u postotcima) su:



Sl. 3. Spektrogrami za tri para blizanaca: smeđu, crvenu i sivu boju

smeđa; V: 70, 40, 0, 40, Z: 33, 28, 5, 40 %
crvena; V: 40, 80, 40, Z: 6, 42, 33, 40, %
siva: V: 28, 32, 34, 0, Z: 0, 0, 0, 30 %,

Svaka boja je prikazana s dvije linije: u njenom V obliku (koji ne apsorbira NIR svjetlost, crtkana linija). Puna linija je ta ista boja, ali njen sastav rezultira s znat-



Sl. 4. Primjena InfrareDesign metode korištenjem blizanaca boje na zaštiti Diplome

nim svojstvom apsorpcije NIR radijacije. Prelazni dio od RGB (V) u NIR razdjeljen je na dva dijela Z1 i Z2. Razdvajanje grafikona dva bojila koji prikazuju istu boju počinje na 700 nm. Z1 je područje koje daje informaciju da fenomen istih V i Z boja završava na 700 nm, odnosno točka gdje se razdvajaju spektrogrami blizanaca bojila [7]. Skrivena NIR grafika se detektira u Z2 području koje počinje na 800 nm. Sigurnosna grafika se promatra u tom području s blokadma svjetlosti na desetak pozicija u forenzičkom utvrđivanju, razlikovanju originala od krivotvorine.

Na slici 4. prikazana je metoda InfrareDesign primjena na zaštiti diplome. Za istovremeno prikazivanja detalja diplome korištena je inovativna ZRGB aparatura za detekciju krivotvorina.

Literatura

[1] Mesaroš, F. :*Početak i razvitak tiskarstva u hrvatskoj*, 100 godina grafičke škole u Zagrebu, Grafička škola u Zagrebu, ISBN 953-96265-0-1; Zagreb (1994)

[2] Žiljak, I.; Pap K.; Žiljak, J.& Žiljak, V.: Nagrade za inovacije sigurnosnog tiska:, , *Dostupan na* http://www.infraredesign.net/ *Pristupljeno:* 2020-02-21

[3] Žiljak, J. :*Sigurnosna grafika:* Tehničko veleučilište u Zagrebu, ISBN 978-953-7048-33-4; Zagreb (2014)

[4] Žiljak, V.; Pap, K. & Žiljak, I.: CMYKIR security graphics separation in thinfrared area, *Infrared Physics and Technology,* **Vol.** 52. No.2-3, Elsevier B.V., p: 62-69, (2009), ISSN 1350-4495

[5] Žiljak, I.; Pap K. & Žiljak, J.: Infrared design on textiles as product protection, *Tekstil,* **Vol.** 58 No. 6 (2009), pp. 239-253 (2009), ISSN 0492-5882

[6] Bernašek, A.; Žiljak Vujic J. & Uglješic, V.: Visual and infrared spectrum of inks for digital printing, *Polytechnic and Design,* **Vol.** 2. No 2. 2014. TVZ, ISSN 1849-1995

[7] Žiljak Gršic J.; Jurečić, D.; Morić Kolarić, B. & Jeličić, T.: The Technique of Security Print on Textiles with a Hidden Sign in the Near-Infrared Spectrum, *Tehnicki vjesnik/Technical Gazette,* Print:, **Vol.** 27/No. 2; (2020), ISSN 1330-3651,

Struktura i artefakti Prve hrvatske zbirke mjerne i komunikacijske opreme

Prof. dr. sc. **Dubravko Rogale**, redoviti član HATZ-a,
Sveučilište u Zagrebu Tekstilno-tehnološki fakultet, dubravko.rogale@ttf.unizg.hr

Sažetak: *Opisana je zbirka mjerne i komunikacijske opreme koja predstavlja skupinu s preko 1600 tehničkih artefakata koji su se koristili u Hrvatskoj. Zbirka je podijeljena na dva glavna područja, mjeriteljski i na komunikacijski dio, a svako područje na više tematski različitih podpodručja. Za mjeriteljske izloške je zajednička značajka da su korišteni u našoj sveučilišnoj i srednješkolskoj nastavi, a dio njih su proizvodi hrvatskih tvornica ili su u njima korišteni dijelovi koje su proizvele hrvatske tvornice ili koje su projektirali hrvatski inženjeri. Neki strani mjerni uređaji su korišteni u institutima, razvojnim laboratorijima naših vrhunskih tvornica ili u proizvodnom procesu, u servisima ili hobistički u privatnom vlasništvu. Artefakti komunikacijske tehnike ukazuju o razvoju, proizvodnji i primjeni radiokomunikacijskih uređaja u Hrvatskoj vojsci, policiji, interventnim i drugim hrvatskim službama te radioamaterskom hobiju u Hrvatskoj, a drugi dio na žičane komunikacije. Uz svaki izložak su dokumentirani dostupni podaci o njegovom projektiranju, tehničkim podacima, nastanku, proizvodnji, uporabi, pronalasku i donaciji.*

Osnivanjem i radom zbirke te pohranjivanjem artefakata mjerne i komunikacijske opreme očuvan je vrlo važan materijalni dio hrvatske tehničke povijesti od zaborava koji je jako izražen u razdoblju zamiranja industrijske proizvodnje u nas.

Ključne riječi: *Hrvatska tehnička baština, artefakti mjerne i komunikacijske tehnike, Prva hrvatska zbirka mjerne i komunikacijske opreme*

1. Uvod

Prva hrvatska zbirka mjerne i komunikacijske opreme nastaje od 1967. godine, kroz gotovo pola stoljeća i danas sadrži preko 1600 većih izložaka, te više tisuća elektronskih cijevi, poluvodiča i elektroničih komponenti, shema, uputstava i popratne dokumentacije sačuvanih od zaborava. Izlošci predstavljaju istinske artefakte tehničkog stvaranja i primjene tehničkih uređaja u Hrvatskoj. Zbirka je najvećim dijelom nastajala donacijama brojnih zaljubljenika i istinskih poštovatelja tehničkog stvaralaštva i

ingenioznosti hrvatskih građana. Značajnim dijelom nastala je i otkupom izložaka s različitih sajmova i iz oglasnika te od kolekcionara kad je trebalo tematski kompletirati pojedine cjeline. Značajan dio izložaka je kupljen ili doniran u tehnički neispravnom stanju, električki, elektronički i mehanički nefunkcionalni, nekompletni i fizički oštećeni, bez ikakve tehničke popratne dokumentacije. U njih je uložen velik napor da se poprave i obnove, uz često skoro nemoguće uvjete kupovine originalnih zamjenskih dijelova, barem do razine njihove dugotrajne pohrane.

Zbirka je još uvijek u nastajanju, a otkako je postala vidljiva na Internetu i kroz više javnih nastupa na stručnim skupovima sve više ljudi je spremno donirati artefakte zbirci. Stalna saktivnost je na zadaćama popravljanja, restauracije, pohrane, katalogiziraja izložaka i njihovog tematskog predstavljanja našoj i svjetskoj javnosti. U tom smislu načinjena je još uvijek eksperimentalna i u nastajanju mrežna stranica na adresi web.hamradio.hr/9a9dr/ gdje se zbirka može pogledati [1].

Zbirka je fizički smještena u prizemlju kuće obitelji Rogale u prostoru površine 120 četvornih metara i visine od 3,2 m, na čeličnim stalažama ukupne duljine 46 metara, slike 1 do 4 [2].

Fundusu zbirke doprinijelo je oko devedesetak donatora, istaknutih u poglavlju donatori na web stranici. Posebno istaknuti donatori su Ivica Dimnjaković, prof. dr. sc. Siniša Fajt, doc. dr. sc. Željko Knezić, Krešo Lerota, dipl. oec., mr. sc. Darko Lukša, Branimir Runkas i Damir Sauerbrun koji su zbirci donirali više od 100 izložaka. Pri tome posebno valja istaknuti izuzetan doprinos koji je zbirci dao Krešo Lerota doniravši preko 300 izložaka. Uvidom u popis donatora vidljiv je i velik broj donatora iz akademske zajednice i radioamaterskog okruženja. Ovdje valja istaknuti da su neki donatori i članovi HATZ-a: prof. dr. sc. Davor Bonefačić, prof. dr. sc. Zvonko Dragčević, prof. dr. sc. Siniša Fajt, prof. dr. sc. Jelka Geršak, prof. dr. sc. Bojan Jerbić, prof. dr. sc. Drago Katović, doc. dr. sc. Željko Knezić, prof. dr. sc. Željko Penava, prof. dr. sc. Dubravko Rogale, prof. dr. sc. Darko Ujević, i prof. dr. sc. Edita Vujasinović.

Iz poštovanja prema donatorima, valja istaknuti da niti jedan izložak do sad nije bio prodan ili zamijenjen s nekim drugim. Kreator i urednik eksperimentalne web stranice je Zdravko Todorovski.

2. Struktura zbirke

Dio zbirke koji se odnosi na izloške mjerne tehnike podijeljen je na šest skupina: generatori frekvencija. osciloskopi, specijalni instrumenti, mjerila frekvencije, izvori napona i voltmetri.

Generatori frekvencija su bili zasebna skupina, no ona je, zbog opsežnosti, nedugo podijeljena na dvije podskupine i ona se sada sastoji od nisko i visokofrekventnih izvora signala [3]. Skupina osciloskopa sada ima oko 150 artefakata i ona će se u skoroj budućnosti podijeliti na barem dvije podskupine cijevnih i poluvodičkih osciloskopa. Specijalni instrumenti imaju više stotina izložaka i također će se morati formirati podskupine koje će obuhvaćati ampermetre, vatmetre, mjerila električnog otpora, mjerila kapaciteta, višenamjenske mjerne mostove, grid dip metre, pH metre, niz instrumenata specijalnih namjena, mjernih dekada, ispitivača tranzistora, mjerila temperature, ispitivača elektronskih cijevi i drugo.

Mjerila frekvencije će se najvjerojatnije morati podijeliti u dvije cjeline starijih analognih i novijih digitalnih mjerila.

Skupina voltmetara će, također zbog brojnosti i lakšeg praćenja fundusa zbirke, morati biti podijeljena na podcjeline analognih voltmetra, digitalnih voltmetra i univerzalnih mjernih instrumenata u čijem su sastvau voltmetri.



Sl. 1. Dio zbirke s elektroničkim voltmetrima i izvorima signala



Sl. 2. Dio zbirke s osciloskopima proizvođača Hameg, Philips, Iskra, Tektronix i Heathkit



Sl. 3. Dio zbirke s komunikacijskim uređajima iz razdoblja prije i za drugog svjetskog rata

te razdoblja hladnog rata



Sl. 4. Dio zbirke s uređajima IEV Ljubljana i Iskra Kranj koji su bili često korišteni u obrazovnim visokoškolskim i srednješkolskim institucijama i servisima za elektroničke uređaje u Hrvatskoj

U dijelu zbirke koji se odnosi na komunikacijske tehnike izlošci su predstavljeni u 14 skupina: radijski prijemnici, cijevne radio stanice, poluvodičke radio stanice, prijenosne radio stanice nošene na leđima, voki-tokiji, mjerila stojnih valova i umjetne antene, slušalice, telegrafska tipkala, zvučnici, antenski prilagođivači, telefoni, pomoćne naprave, mikrofoni i radioamaterske radio stanice. S obzirom da su u zbirku prispjele i neke vrlo atraktivne špijunske radiostanice iz drugog svjetskog rata i iz razdoblja hladnog rata, razmišlja se i o otvaranju te tematske skupine.

3. Karakteristični izlošci iz skupine mjernih uređaja

Izlošci za zbirku su često dobivani u vrlo lošem stanju, slika 5. Na slici 5a vidljiv je bačen školski pokazni voltmetar iz jedne osječke srednje škole, razbijenih stakala i devastirane unutrašnjosti. Instrument je očito bio i pod vodom jer je stradalo drvo od kojeg je sazdano kućište tako da se furnirana površina uništila i odvojila, slika 5b, a pokazivački sustav sa zakretnim svitkom i permanentnim magnetom je nagrižen korozijom u takvoj mjeri da je svitak ostao blokiran naslagama željeznog oksida, slika 5c. Nakon duge i strpljive obnove, oba dobivena školska instrumenta, koji mogu raditi kao pokazni istosmjerni ili izmjenični voltmetar, odnosno ampermetar, poprimaju gotovo izvoran oblik i izgled te su potpuno ispravni i točnog pokazivanja vrijednosti napona i struja.

Obnova i popravak izložaka izvodi se u posebnom laboratoriju, pridruženom zbirci, površine 16 m^2.

U zbirci se nalaze i značajan broj prvih mjernih instrumenata koji su se koristili u srednješkolskoj i visokoškolskoj nastavi u nas. To su instrumenti čija je izražena gradbena komponenta bila drvo, a kasnije bakelit, što se više ne koristi pri suvremenim uređajima. Ovim starim mjernim uređajima drvo daje plemenitost, toplinu i svevremensku ljepotu.

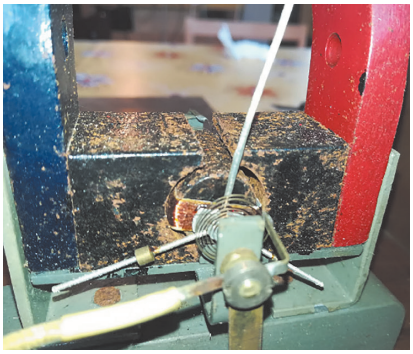
Na slici 6a prikazani su obnovljeni prvi detektorski prijemnici koji su primali radijski program u nas, odmah po pojavi radija, ranih dvadesetih godina prošlog stoljeća. Takvi detektorski prijemnici nisu trebali baterijskog napajanja i nisu imali nisko ili visokofrekventnog pojačalo. Bili su vrlo jednostavni i pogodni za samogradnju. Detektorski prijemnik prikazan na slici 6a lijevo imao je cilindričnu zavojnicu i kristalnu demodulatorsku diodu i visokoomske slušalice, a za svoj rad je rabio vanjsku žičanu antenu duljine 20-40 metara tako da je mogao primati program i udaljenijih radio stanica. Prijemnik prikazan na istoj slici desno nije trebao vanjske antene već je radiovalove prikupljao tzv. spider-web antenom križno upletenom na



a)



b)

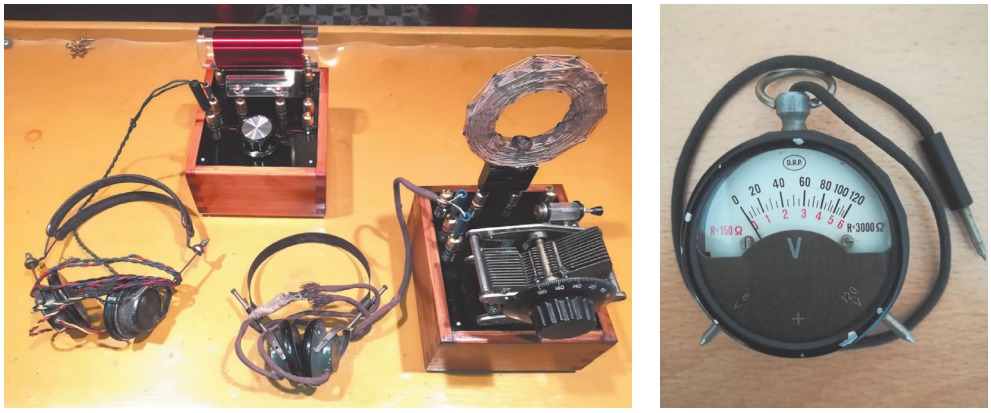


c)



Sl. 5. Stanje dobivenog školskog pokaznog instrumenta prije i nakon restauracije

samom detektoru. Kao demodulator se koristio kristal galenita na koji se naslanjala čelična igla dok se nije začuo ton u slušalicama. Opisanom antenom bio je moguć samo prijem bližih stanica.



a) b)

Sl. 6. Restaurirani kristalni detektori i instrument za mjerenja napona baterijski napajanih radijskih prijemnika

Razvojem radio tehnike i pojavom elektronskih cijevi počeli su se graditi radijski direktni, reakcijski i superheterodinski prijemnici. Kako u to doba još nije bila razvijena distribucija električne energije po kućama, prvi radijski prijemnici bili su napajani baterijama. Bile su potrebne dvije vrste baterija za napajanje žarenja elektronskih cijevi nižih napona i velikih struja te baterije za anodni napon cijevi s višim naponima i niskim strujama. Na slici 6b prikazan je specifični voltmetar kojeg je trebao imati svaki vlasnih opisanog prijemnika za provjeru stanja baterija. Stoga je voltmetar imao dva mjerna područja do 6V za baterije napajanja i do 120V za anodne baterije. Konstrukcija voltmetra je vrlo neobična, dolje je imao dva šiljka kojim se ubadalo na pozitivni pol baterija, a gornji priključni kabl spajao se na masu radio aparata. Voltmetar je njemačke proizvodnje iz ranih tridesetih godina prošlog stoljeća.

Utvrđena je, strukovnoj javnosti razmjerno slabo poznata, a vrlo zanimljiva, činjenica da je naša vrhunska tvornica Radioindustrija Zagreb, ili mnogima poznatiji RIZ, po brojnim proizvodima i svojim blistavim razvojnim postignućima izrađivao i složene mjerne uređaje poput osciloskopa, slika 7.

Cijevni osciloskop Radioindustrije Zagreb, oznake OS-155, proizveden 1955. godine prikazan je na slici 7a. Konstruktori su tada izveli pomak slike katodne zrake na zaslonu cijevi s pomoću trimer potenciometara i odvijača što nije bilo osobito dobro rješenje. Ono je ispravljeno na osciloskopu Radioindustrije Zagreb, oznake OS-157A iz 1957. godine kada je pomak slike izveden konvencionalnim potenciometrima pri čemu ostale funkcije i izgled nije mijenjan, slika 7b. Razvoj i proizvodnja se nastavila pa se, veći i znatno bolji, osciloskop Radioindustrije Zagreb, oznake OS-258 pojavio 1958. godine, prikazan na slici 7c. Zagrebačka tvornica računskih strojeva, TRS, proizvela je 1984. godine tada vrlo suvremen dvokanalni poluvodič-



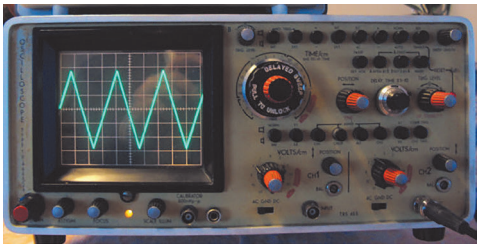
a)



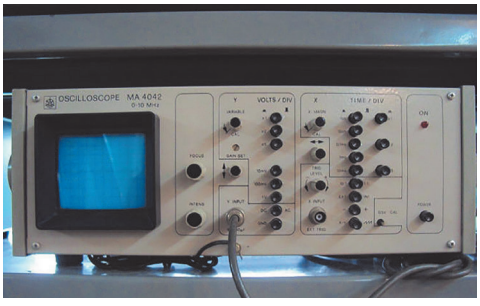
b)



c)



d)



e)

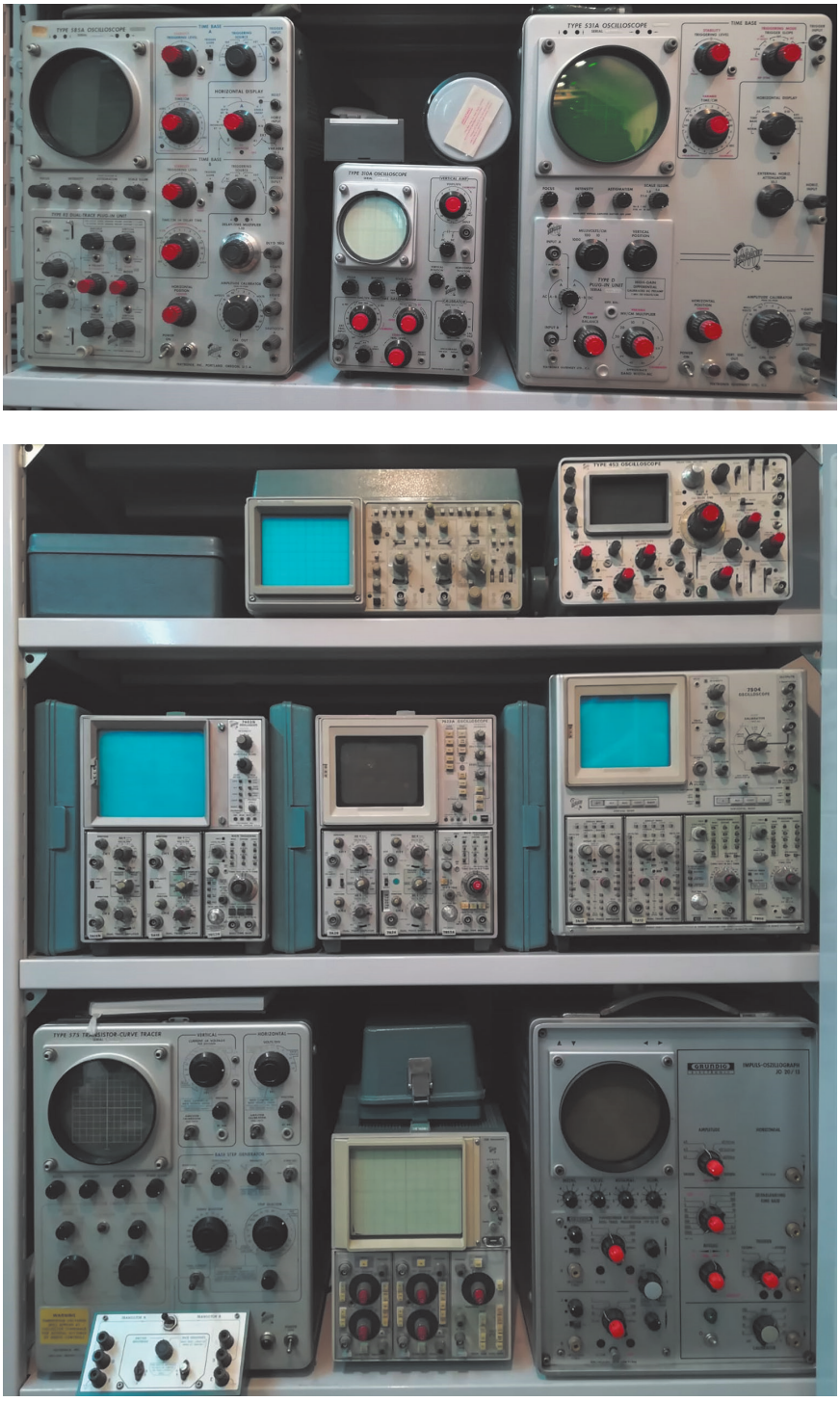
Sl. 7. Osciloskopi tvornica RIZ, Zagreb **a)**, **b)**, **c)** i TRS, Zagreb **d)** te Iskra, Kranj **e)**

ki osciloskop, slika 7d, s dvostrukom vremenskom bazom i linijom za kašnjenje, oznake TRS 455. Ovdje valja spomenuti i bivšu tvornicu Iskra koja je u bivšoj državi proizvela petnaestak vrsta osciloskopa, slika 7e, a ovdje se spominje zbog činjenice da su u te osciloskope ugrađivani poluvodički elementi Tvornice poluvodiča koja je radila u sklopu RIZ-a, Zagreb.

U hrvatskoj industriji, školama, fakultetima i istraživačkim institutima koristili su se brojni osciloskopi mnogih eminentnih proizvođača poput tt. Tektronix, Hewlett Packard, Philips, Siemens, Hameg, Rohde&Schwarz, Telequipment, Hameg i dr. U zbirci je pohranjeno oko 150 različitih tipova osciloskopa, a najbrojniji su osciloskopi tt. Tektronix, slike 8 i 9. Oni su i inače bili najbrojniji u većim poduzećima, fakultetima i institutima. U zbirci su osciloskopi koji su se koristili u Tvornicama RIZ, TRS, Tesla, ICL computers, Institutu Ruđer Bošković, te brojnim fakultetima i srednjim školama kao i društvenim i privatnim servisima elektroničke opreme. Osim osciloskopa pohranjen je i veći broj mjernih sondi, utičnih modula, kolica za prijevoz osciloskopa i dokumentacije.



Sl. 8. Dio zbirke osciloskopa tt. Tektronix



Sl. 9. Dio zbirke osciloskopa tt. Tektronix

4. Karakteristični izlošci iz skupine komunikacijskih uređaja

Zagrebačka tvornica RIZ proizvodila je izuzetno širok spektar komunikacijske opreme i zasigurno je bila njezin najveći hrvatski proizvođač, a u mnogočemu je bila pionir u ondašnjem okruženju [4]. Napravila je prvu poluvodičku ručnu prijenosnu radio stanicu (tzv. voki toki) u robusnom metalnom kućištu s natpisima otisnutim tehnikom sitotiska [2]. Na njoj su karakteristični gumbi za upravljanje radnim parametrima koji su na neki način postali zaštitni vizualni znak RIZ-a, a kasnije se ponavljaju na nizu drugih prijenosnih radio stanica, slika 10a i b. Još dvije zanimljivosti: prvo, RIZ je dugo godina proizvodio poluvodičke radio stanice dok su se za vojne potrebe još uvijek proizvodile cijevne radio stanice u drugim republikama bivše države i drugo, RIZ-ove stanice su nosile imena hrvatskih rijeka za što je u tadašnje vrijeme trebalo imati hrabrosti. Oznake Korana i Sutla su nosile prijenosne stanice, a Krka i Mura stacionarne i mobilne stanice u postajama i vozilima policije. Možda su postojali uređaji i s nazivima drugih hrvatskih rijeka, ali nisu pohranjeni u zbirci.



a)



b)



c)



d)

Sl. 10. Domaće radio stanice za civilnu namjenu, proizvodnje RIZ Zagreb i ELTING Nova Gradiška

Na slici 10a i 10b su prikazane prijenosne RIZ-ove radiostanice s nazivima Sutla i Korana, a izrađene su u germanijskoj poluvodičkoj tehnici s tri frekvencijska kanala kontrolirana kristalima kvarca. Služile su za ophodarske civilne službe za nadzor šuma, vodotoka rijeka, cestarske i željezničke ophodnje, servisne terenske službe, u elektroprivredi te nafnoj i plinskoj industriji i drugdje. Novije inačice za civilne namjene više nisu nosile oznake rijeka već numeričke oznake poput radio stanica za ugradnju u vozila RIZ 5000, slika 10c. Osim RIZ-a slične mobilne radio stanice proizvodio je i Elting iz Nove Gradiške. Te vrste su građene na bazi silicijske poluvodičke tehnike, a ugrađivane su u vatrogasna, bolnička, taksi i servisna vozila, a koristile su se u postrojbama civilne zaštite.

Policija bivše države se gotovo u cijelosti koristila tada najsuvremenijim RIZ-ovim stanicama. Na slici 11a prikazana je mobilna radio stanica Sutla s 12 frekvencijskih kanala kontroliranih kristalima kvarca, a na slici 12b stacionarna stanica oznake Mura, sličnih karakteristika kao Sutla, ali s mogućnošću rada na 6W manje izlazne snage i na 12W s većom izlaznom snagom, ovisno o čujnosti kod korespodenta.



a)



b)



c)



d)

Sl. 11. RIZ-ove radio stanice za policijsku namjenu

Na sl. 11c prikazana je suvremenija policijska radio stanica s digitalnom sintezom frekvencije i displejem oznake RIZ PPM 250A1/23, izrađena u silicijskoj poluvodičkoj tehnici. Jedan od zadnjih RIZ-ovih modela policijskih stanica s oznakom RIZ M4800V prikazan je na slici 11d. Imao je digitalne enkodere za namještanje prijemne i predajne frekvencije, a osim govorne komunikacije, mogao je primati i slati digitalne podatke. Isti uređaj u zelenoj boji rađen je i za vojne potrebe.

Na slici 12 prikazano je nekoliko uspješnih RIZ-ovih artefakata namijenjenih vojnoj uporabi. Na slici 12a prikazana je prijenosna radio stanaca, oznake RUP-3, izrađena početkom 60-ih godina prošlog stoljeća u germanijskoj poluvodičkoj tehnici s pet frekvencijskih kanala, u području 52 do 60 MHz, kontroliranih kristalima kvarca. Nasljednik te stanice je bio radijski uređaj RUP-33, sagrađen 1978. godine, koji je radio u istom frekvencijskom području i s istom snagom od 0,3W, ali je imao digitalni sintezator frekvencije i tada najsuvremenije MOSFET tranzistore.

Na slici 12c prikazan je izvrstan RIZ-ov kratkovalni uređaj PD-8, snage 15W, koji je radio na frekvencijama od 2 do 12 MHZ. Proizveden je 1962. godine i već tada



a)



b)



c)



d)



e)

Sl. 12. RIZ-ove radio stanice za vojnu namjenu

su u njega ugrađivali FET tranzistore, a imao je također i digitalnu sintezu radnih frekvencija. Mogao je raditi telegrafijom (CW) ili govornom komunikacijom na principu amplitudne modulacije (AM) ili s donjim bočnim opsegom (LSB), a imao je ugrađen ručni antenski prilagodni sustav.

Nasljednik PD-8 bio je RU 20 prikazan na slici 12d. Radio je u frekventnom području od 2 do 30 MHz s ugrađenim sintezatorom frekvencija i s izlaznom snagom od 20W telegrafijom (CW), amplitudnom modulacijom (AM) i SSB načinom s gornjim (USB) i donjim (LSB) pojasom. Podešavanje impedancije izlaznog stupnja na impedanciju antene izvođeno je automatski ugrađenim tjunerom.

Početkom 90-ih godina prošlog stoljeća RIZ je za potrebe Hrvatske vojske razvio i proizvodio napredniju inačicu RU 20 oznake TRC-20H s digitalnom upravljačkom glavom i s mogućnošću frekventnih skokova kojima se otežava neprijateljsko prisluškivanje.

Na žalost, niti jedan od prikazanih uređaja se više ne proizvodi, novog razvoja nema, a i proizvodni pogoni praktički su nestali.

5. Zaključak

Na primjeru prikazanih samo dvadesetak (zbog dozvoljenog opsega) uređaja domaće proizvodnje iz zbirke mogu se donijeti dva bitna zaključka. Na temelju sačuvanih mjernih uređaja koji su se koristili u visokoškolskoj nastavi u nas može se zaključiti da je obrazovanje u Hrvatskoj bilo vrlo kvalitetno i da su se koristila najsuvremenija tehnička dostignuća primjerena tadašnjem vremenu i drugo, da su hrvatske tvornice i hrvatski tehnički stvaratelji imali dokazanu crtu ingenioznosti ravnu najrazvijenijim zemljama svijeta.

Može se smatrati da je uspostava tehničkih zbirki najbolji način da se sačuva tehnička i industrijska materijalna baština Hrvatske. Osim skupljanja samih izložaka, za zbirke je važno da prikupljaju i pohranjuju dostupnu tehničku dokumentaciju kao i rezervne dijelove za popravak neispravnih izložaka. Stoga bi trebalo sačuvati sve, pa i najmanju korisnu sitnicu, koja može ukazivati na naše tehničko stvaralaštvo kako bi uz naše poznate i manje poznate tehničke stvaratelje, pa i one namjerno ili nenamjerno zaboravljene, gradili i očuvali svoj nacionalni ponos i s motrišta razvoja tehnike i tehnologija.

Nažalost, od prikazanog se više ništa ne proizvodi i nije sačuvano u Hrvatskoj pa upravo ovakve zbirke uređaja postaju fizičkim svjedokom izrečenih tvrdnji te su stoga nezaobilazni čimbenik pomalo zaboravljene i potisnute hrvatske tehničke baštine i tehničke kulture.

Literatura

[1] …: web.hamradio.hr/9a9dr/, pristupljeno 2020-02-10

[2] Rogale, D.; Fajt, S.; Knezić, Ž.; Lukša, D.: Prva hrvatska zbirka mjerne i komunikacijske opreme, *Zbornik Povijest i filozofija tehnike 7. simpozij PIFT 2018.,* Benčić, Z. (ur), str. 355-364, ISBN 978-953-7992-15-6, Zagreb, svibanj 2108., I Kiklos – Krug knjige d.o.o., Zagreb (2018.)

[3] Rogale, D; Lukša, D., Fajt, S., Knezić, Ž.: Zbirka niskofrekvencijskih izvora signala, *Zbornik Povijest i filozofija tehnike 8. simpozij PIFT 2019.,* Benčić, Z. (ur), str. 1115-1133, ISBN 978-953-7992-17-0, Zagreb, svibanj 2108., I Kiklos – Krug knjige d.o.o., Zagreb (2019.)

[4] Kuljiš, M: *Na valovima sudbine radioelektronike u Hrvatskoj (1942.-2014.)*, Kiklos, ISBN 978-953-7992-03-3, Zagreb, (2014.)

Povijest Zavoda za elektroakustiku Fakulteta elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu

Prof. dr. sc. **Branko Somek**, član emeritus HATZ-a,
Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva, branko.somek@fer.hr

Prof. dr. sc. **Siniša Fajt**, član suradnik HATZ-a,
Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva, sinisa.fajt@fer.hr

Sažetak: *Povijest Zavoda za elektroakustiku Fakulteta elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu rezultat je rada njegovih djelatnika od samog njegovog osnivanja do danas. Zato je nužno sjetiti se ljudi koji su radili na Zavodu za elektroakustiku ili su s njim surađivali i zabilježiti njihova djela dok sjećanja još postoje. Ovaj prikaz povijesti Zavoda za elektroakustiku ograničen je prostorom, ali zato ne i vremenom, i sigurno je dobra podloga za neki budući opširniji i detaljniji prikaz.*

Ključne riječi: *Akustika, elektroakustika, Zavod za elektroakustiku, Fakultet elektrotehnike i računarstva*

1. Uvod

Zavod za elektroakustiku Fakulteta elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu bavi se elektroakustikom kao posebnom granom elektrotehnike, tj. pretvorbom zvuka u električni signal i obrnuto, njegovim prijenosom, obradom, analizom, sintezom i pohranom u analognoj i digitalnoj domeni, te mjerenjem i ispitivanjem. To podrazumijeva suvremene digitalne medije, uređaje i sustave za pohranu, obradu i prijenos audiosignala, npr. računala, digitalne audio radne stanice, internet (s mogućnošću stacionarnog i mobilnog korištenja), digitalna audio radiodistribucija (zemaljska i satelitska). Općenito se bavi zvukom, čujnim i nečujnim (infrazvuk i ultrazvuk), koji se može širiti plinovima, tekućinama i krutinama. Područje primjene je u elektronici, arhitekturi, građevinarstvu, okolišu, medicini, tehnici, industriji, komunikacijama, umjetnosti i zabavi. Znanja koja tokom studija dobiju studenti omogućuje im da se mogu uspješno uključiti u sva interdisciplinarna područja elektroakustike.

2. Osnivanje Zavoda za elektroakustiku

Zavod za elektroakustiku osnovan je 1. listopada 1954. godine u okviru tadašnjeg Tehničkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Osnivač i dugogodišnji predstojnik Zavoda bio je prof. dr. sc. Tihomil Jelaković, znanstvenik, stručnjak i posebno dobar čovjek.



Sl. 1. Prof. dr. sc. Tihomil Jelaković

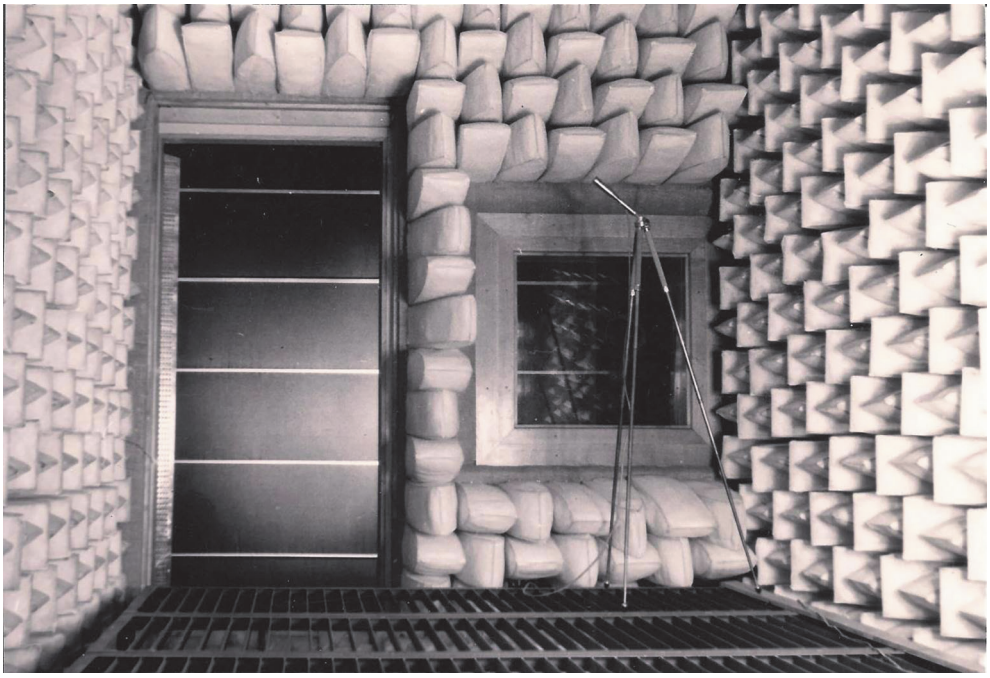
Nakon njegove smrti 1978. godine rad i ideje prof. Jelakovića nastavljaju njegovi tadašnji suradnici: prof. dr. sc. Miroslav Gregurić, prof. dr. sc. Ivan Jelenčić i prof. dr. sc. Branko Somek, od kojih su se potonja dvojica izmjenjivala na mjestu predstojnika sve do njihove mirovine, a zatim i drugi nastavnici. Predstojnici Zavoda bili su:

1. prof.dr.sc. Tihomil Jelaković 1954. – 1978.
2. prof.dr.sc. Branko Somek 1978. – 1982.
3. prof.dr.sc. Ivan Jelenčić 1982. – 1986.
4. prof.dr.sc. Branko Somek 1986. – 1990.
5. prof.dr.sc. Ivan Jelenčić 1990. – 1994.
6. prof.dr.sc. Branko Somek 1994. – 1996.
7. prof.dr.sc. Ivan Jelenčić 1996. – 1998.
8. prof.dr.sc. Mladen Maletić 1998. – 2002.
9. prof.dr.sc. Hrvoje Domitrović 2002. – 2006.
10. prof.dr.sc. Bojan Ivančević 2006. – 2010.
11. prof.dr.sc. Siniša Fajt 2010. – 2014.
12. prof.dr.sc. Ivan Đurek 2014. – 2018.
13. prof.dr.sc. Kristian Jambrošić 2018. –

Godine 1955. prof. dr. sc. M. Gregurić postaje prvi asistent, a prof. dr. sc. B. Somek prvi demonstrator u Zavodu. Opći razvoj znanja i tehnologije prate i djelatnici Zavoda, te i nadalje nastoje približiti postignuća Zavoda međunarodnim standardima. Ostvarena je suradnja sa srodnim sveučilištima u inozemstvu, podupiru se strukovne asocijacije, radi se na stručnim i znanstvenim projektima. Jedna od važnih premisa je interdisciplinarnost, pa članovi Zavoda sudjeluju u radu i na područjima medicine, ekologije i stručnog usavršavanja. Članovi Zavoda su u upravnim tijelima domaćih i međunarodnih strukovnih organizacija (AES, HAD, EAA, AAAA). Zbog širokog područja primjene akustike i elektroakustike relativno je velik interes mladih ljudi za stjecanjem odgovarajućih znanja i sudjelovanjem u znanstvenom i stručnom radu.

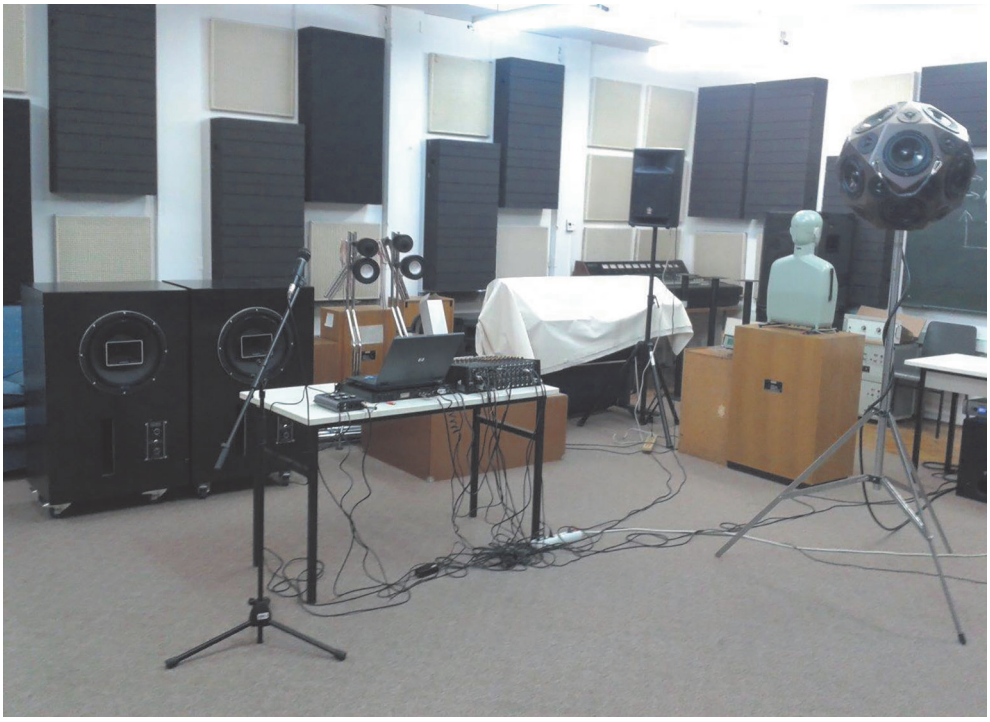
3. Prostorni smještaj Zavoda za elektroakustiku

U početku svoga postojanja Zavod za elektroakustiku bio je smješten u zgradi Srednje tehničke škole u Klaićevoj ulici. Dvije prostorije, koje su mu bile na raspolaganju, nisu ni izdaleka bile dovoljne za rad. Stanje se nešto popravilo preseljenjem u staru zgradu Veterinarskog fakulteta u Zagrebu, Savska cesta 16, gdje se u pet prostorija djelatnost Zavoda već mogla normalnije odvijati.



Sl. 2. Gluha komora Zavoda za elektroakustiku

Daljnjim razvojem Zavoda i taj je prostor postao premalen, pa je preseljenjem 1963. godine u novu C-zgradu Elektrotehničkog fakulteta u Zagrebu Zavod za elektroakustiku dobio jedan kat, tj. 10. kat i dio prostora u podrumu. U Zavodu je u sklopu posebnog elektroakustičkog laboratorija izgrađena "gluha komora" s predprostorom i "akustički studio-slušaonica", koja je akustički obrađena i opremljena potrebnom elektroakustičkom i studijskom opremom.



Sl. 3. Slušaonica Zavoda za elektroakustiku

Osim toga, opremljeni su u određenoj mjeri laboratoriji za rad sa studentima grupe predmeta Akustika i elektroakustika. Tu se nalaze i prostorije za konstrukcijske programe, diplomske radove i poslijediplomsku nastavu, te magistarske radove. U tom je prostoru smještena bogata knjižnica Zavoda za elektroakustiku, a osim toga opremljene su radionice za gradnju elektroakustičkih komponenata, opreme, uređaja i instrumenata za nastavne svrhe, za projekte u vezi s gospodarstvom, te prostorija administratora. Nastavnici imaju svoje sobe, a u ostalim su prostorijama smješteni suradnici i znanstveni novaci. Međutim, zbog velikog broja studenata i diplomanata u to vrijeme treba naglasiti da taj prostor nije bio dostatan. Zavod za elektroakustiku trebao je više laboratorijskih prostora. Nastava iz navedenih grupa predmeta održavala se i u predavaonicama u zgradama A, B i D Fakulteta elektrotehnike i računarstva.

4. Nastavno osoblje

U Zavodu za elektroakustiku djelovali su prof. dr. sc. Tihomil Jelaković, prof. dr. sc. Miroslav Gregurić, prof. dr. sc. Branko Somek, prof. dr. sc. Ivan Jelenčić, izv. prof. dr. sc. Momir Vujnović, izv. prof. dr. sc. Mladen Maletić, prof. dr. sc. Bojan Ivančević, prof. dr. sc. Hrvoje Domitrović, prof. dr. sc. Siniša Fajt, prof. dr. sc. Ivan Đurek, prof. dr. sc. Kristian Jambrošić, izv. prof. dr. sc. Antonio Petošić i doc. dr. sc. Marko Horvat. Nastavnici rade ovisno o specijalizaciji i izboru na jednoj od dvije grupe predmeta ili na obje grupe predmeta Akustika i elektroakustika, te Tonfrekvencijska i prijamnička elektronika.

5. Nastavna djelatnost Zavoda za elektrokaustiku

Razvoj i napredak elektrotehnike, elektronike, komunikacija i informatike odražava se i u nastavnim planovima Elektrotehničkog fakulteta/Fakulteta elektrotehnike i računarstva. Te su promjene nužno utjecale i na nastavno područje Zavoda za elektroakustiku. U početku rada Zavoda, tj. 1954. godine, započinje nastava iz predmeta Elektroakustika, koji se počeo predavati već u nastavnom planu 1951./1952. godine s honorarnim nastavnicima. U školskoj godini 1959./1960. za studente smjera jake struje predaje se predmet Slaba struja, a za smjer slabe struje predmeti Elektroakustika i Audiotehnika. Godine 1967. uvodi se novi studijski program ETF2 sa smjerovima Elektroenergetika, Elektrostrojarstvo i automatizacija te Elektronika, koju čine usmjerenja Elektrokomunikacije i Automatika. U školskoj godini 1967./1968. za smjer Elektronika – usmjerenje elektrokomunikacije predaju se predmeti Elektroakustika, Prijemnici, Audiotehnika, Prostorna akustika i Tehnika visokokvalitetne reprodukcije zvuka. Osim toga Zavod djeluje i u nastavi III. stupnja. Na poslijediplomskoj su nastavi sljedeći predmeti: Elektroakustički pretvarači, Magnetsko registriranje, Slušna akustika i Prijemna tehnika. Godine 1971. u studijskom programu ETF3 uvode se nova usmjerenja na Elektronici: Telekomunikacije i informatika, Automatika, Računarska tehnika i informatika te Radiokomunikacije. Taj nastavni program identičan je programu ETF2. Godine 1978. nastaje studijski program ETF4 sa smjerovima Energetika, Elektrostrojarstvo i automatizacija, Industrijska elektronika, Telekomunikacije i informatika, Automatika, Računarska tehnika, Radiokomunikacije i profesionalna elektronika te Nuklearna energetika. Donošenjem nastavnog plana ETF-4 za školsku godinu 1979./1980. Zavod za elektroakustiku zajedno sa Zavodom za visokofrekventnu tehniku postaju nositelji smjera Radiokomunikacije i profesionalna elektronika.

Zavod djeluje s nastavom na tom smjeru, ali i u drugim smjerovima s pojedinim predmetima. U smjeru Radiokomunikacije i profesionalna elektronika Zavod izvo-



Sl. 4. Ocjenjivanje pismenih ispita na Zavodu za elektroakustiku
s lijeva na desno: prof. dr. sc. Domitrović, izv. prof. dr. sc. Maletić, prof. dr. sc. Ivančević, prof. dr. sc. Fajt (u vrijeme nastanka slike nisu imali navedena znanstveno-nastavna zvanja)

di nastavu iz dvije grupe predmeta Akustika i elektroakustika, te Tonfrekvencijska i prijamnička elektronika. Uvode se redovni i izvanredni predmeti. Redovni su predmeti : Elektroakustika, Tonfrekvencijska tehnika, Prijemnici i Magnetsko registriranje. Izborni su predmeti : Kvaliteta elektroakustičkih sustava, Profesionalni tonfrekvencijski uređaji, Specijalni prijemnici, Zvučnici i zvučnički sustavi, Digitalna audiotehnika, Muzička i govorna akustika, Buka i vibracije, Ultrazvučna i infrazvučna tehnika, a za smjerove Industrijska elektronika i Telekomunikacije predaju se predmeti Elektroakustika i Audiometrija. Uz to studenti Radiokomunikacija i profesionalne elektronike u osmom semestru obvezno rade konstrukcijski program koji im je uvod u diplomski rad. Na poslijediplomskom studiju nastavnici Zavoda za elektroakustiku predaju sljedeće predmete: Elektroakustički pretvarači, Slušna akustika, Prijamna tehnika, Elektroakustičko-mehaničke analogije, Teoretska hidroakustika, Hidroakustički pretvarači i sistemi, Mjerenje buke i vibracija. Nastavnici ovog zavoda za pojedina su nastavna područja napisali knjige, skripte i upute za laboratorijske vježbe, tako da je područje koje obrađuje Zavod dobro pokriveno literaturom. Za laboratorijske su vježbe izrađeni programi, makete, modeli i ostala pomagala. Zavod intenzivno djeluje u donošenju novog nastavnog plana FER-1. Na temelju znanstvenog i tehničkog razvoja akustike, elektroakustike, hidroakustike, tonfrekvencijske i prijamničke elektronike (analogne i digitalne), informatike, komunikacija i dr. predloženi su za smjer Radiokomunikacije i profesionalna elektronika, kao i za ostale smjerove, novi redovni i izborni predmeti. U okviru Zavoda djeluju nastavnici iz društvenih područja kao što je Industrijska so-

ciologija. Reformu iz 2005. godine, tzv. Bolonjski proces, FER uvodi sa studijskim programom FER-2 na preddiplomskoj razini sa dva studija, Elektrotehnika i informacijska tehnologija te Računarstvo. Na diplomskoj razini, uz ova dva studija, uveden je i studij Informacijske i komunikacijske tehnologije. U okvir nastavnog plana FER-2 predavali su se predmeti na sveučilišnom preddiplomskom studiju Audiotehnika, Elektroakustika, Prijenos zvuka, Zvuk i okoliš, Zvuk i računala. Na diplomskom sveučilišnom studiju po FER-2 predavali su se Audiosustavi, Analiza i obrada audioinformacija, Akustika prostora, Ozvučenje, Govorna i glazbena akustika, Profesionalni tonfrekvencijski uređaji. Na poslijediplomskom sveučilišnom studiju po FER-2 predavali su se Akustičko projektiranje, Audiokomunikacije, Buka i vibracije, Elektroakustička mjerenja, Forenzička analiza audio signala, Slušna akustika, Ultrazvučni sustavi, Zvuk u arhitekturi, Zvuk u multimedijskim sustavima.

6. Fakultet elektrotehnike i računarstva

Fakultetsko vijeće Elektrotehničkog fakulteta 12. srpnja 1994. godine prihvatilo je promjenu naziva Elektrotehnički fakultet (ETF) u Fakultet elektrotehnike i računarstva (FER), da bi 7. ožujka 1995. godine promjena naziva bila upisana u registar Suda u Zagrebu, a 1. kolovoza 1995. godine (NN 55/95) i "službeno" je promijenjen naziv fakulteta u Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva.



Sl. 5. FER – Fakultet elektrotehnike i računarstva

Donosi se i novi studijski program, FER1, o kojemu po prvi puta Fakultet izvodi dva studija: Elektrotehniku sa 6 smjerova, koji uglavnom odgovaraju smjerovima iz staroga studijskog programa te Računarstvo. Nastavni program FER1 uglavnom je nastavak programa ETF4. Reformu nastave prema tzv. Bolonjskom procesu FER provodi 2005. godine. U studijskom programu FER2 na preddiplomskoj razini postoje dva studija, Elektrotehnika i informacijska tehnologija te Računarstvo. Na diplomskoj razini, uz ova dva studija, uvodi se i studij Informacijske i komunikacijske tehnologije. U reformu prema tzv. Bolonjskom procesu, osim korisnih i značajnih novina, pokazalo se da u tom programu ima i dosta nedostataka. U listopadu 2018. godine započelo je izvođenje sedmog po redu studijskog programa na Fakultetu, nazvanog FER3, čija je izrada trajala nekoliko godina. Studijski program i dalje se drži svih načela Bolonjske deklaracije i prilagođeniji je zahtjevima poslodavaca i suvremenim potrebama. Zavod za elektroakustiku je prepoznatljiv i po znanstvenom radu, broju međunarodnih projekata.

7. Suradnja s drugim fakultetima

Suradnja Zavoda s drugim fakultetima Sveučilišta u Zagrebu razvija se gotovo od njegova osnutka. Članovi Zavoda surađivali su s Institutom za fonetiku Filozofskog fakulteta u Zagrebu i Rudarsko-geološko-naftnim fakultetom. Zavod je suosnivač interfakultetskog poslijediplomskog studija Ekološko inženjerstvo na kojem profesori Zavoda za elektroakustiku predaju predmete iz grupe predmeta Akustika i Elektroakustika. U nastavi sudjeluje Tehnološki fakultet i Fakultet strojarstva i brodogradnje. Zajedno s Muzičkom akademijom u Zagrebu Zavod osniva Studij za toninženjere. Na Medicinskom fakultetu zaposlenici Zavoda predaju na poslijediplomskom studiju pojedina područja iz slušne akustike i audiometrije, a na Muzičkoj akademiji predmet Glazbena akustika. Nastavnici Zavoda surađivali su iz područja hidroakustike i s Fakultetom strojarstva i brodogradnje u Splitu. Do 1991. godine nastavnici Zavoda predaju na ETF-u u Banjoj Luci. Na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu predavali su predmete Elektroakustika, Zvuk i računalo i Integraciju medija. Na Učiteljskom fakultetu sudjelovali su u poslijediplomskoj nastavi na doktorskom studiju Rani odgoj i obvezno obrazovanje na predmetu Audiovizualne multimedijske komunikacije u odgoju i obrazovanju. U suradnji s Tekstilno tehnološkim fakultetom dobivene su sljedeće nagrade za inovacije:

- 44. Hrvatski salon inovacija s međunarodnim djelovanjem i 15. izložba inovacija, prototipova i studentskih poslovnih inovacija INOVA-BUDI UZOR 2019., Zagreb (Hrvatska)
    - Zlatna medalja i Zlatna medalja INOVA 2019 – Časar Veličan, dipl. inž., prof. dr. sc. Dubravko Rogale, prof. dr. sc. Snježana Firšt Rogale, prof. dr. sc. Siniša Fajt, doc. dr. sc. Željko Knezić: Inteligentna odjeća za detekciju apneje i hrkanja

- Srebrna medalja INOVA 2019 – prof. dr. sc. Dubravko Rogale, doc. dr. sc. Željko Knezić, prof. dr. sc. Siniša Fajt, prof. dr. sc. Snježana Firšt Rogale: Tradicijski tkana vrpca promjenjivog električnog otpora
- Platinum Award (dodijeljena od strane International Invention and Trade Expo, London) – prof. dr. sc. Snježana Firšt Rogale, prof. dr. sc. Jelka Geršak, Prof. dr. sc. Dubravko Rogale, doc. dr. sc. Željko Knezić, doc. dr.sc. Suzana Uran, prof. dr. sc. Siniša Fajt, Daniel Časar Veličan, Damir Begić, doc. dr.sc. Sonja Šterman, dr. Simon Rajh: Pametna odjeća za osobe s dijagnosticiranom demencijom
- Srebrna nagrada INOVA 2019 – prof. dr. sc. Snježana Firšt Rogale, prof. dr. sc. Jelka Geršak, Prof. dr. sc. Dubravko Rogale, doc. dr. sc. Željko Knezić, doc. dr.sc. Suzana Uran, prof. dr. sc. Siniša Fajt, Daniel Časar Veličan, Damir Begić, doc. dr.sc. Sonja Šterman, dr. Simon Rajh: Pametna odjeća za osobe s dijagnosticiranom demencijom
- Posebna nagrada dodijeljena od strane Highly Innovative Unique Fundation in the Kingdom of Saudu Arabia i Posebna nagrada za promicanje znanosti, dodijeljena od strane Tera tehnopolisa i Hrvatske udruge inovatora poduzetnika: Časar Veličan, dipl. inž., prof. dr. sc. Dubravko Rogale, prof. dr. sc. Snježana Firšt Rogale, prof. dr. sc. Siniša Fajt, doc. dr. sc. Željko Knezić: Inteligentna odjeća za detekciju apneje i hrkanja

- International Invention and Innovation Show INTARG® 2019 Katowice (Poljska)
  - Zlatna medalja Ecole Marocaine Des Science De L'Ingénieur – Membre de Honoris United Universités – Daniel Časar Veličan, Dubravko Rogale, Snježana Firšt Rogale, Siniša Fajt i Željko Knezić: Inteligentna odjeća za detekciju apneje i hrkanja
  - Zlatna medalja Gold Medal Award INTARG 2019. – Daniel Časar Veličan, Dubravko Rogale, Snježana Firšt Rogale, Siniša Fajt i Željko Knezić: Inteligentna odjeća za detekciju apneje i hrkanja
- · Euroinventu 2019 Iaşij (Rumunjska)
  - Zlatna medalja – Daniel Časar Veličan, Dubravko Rogale, Snježana Firšt Rogale, Siniša Fajt i Željko Knezić: Inteligentna odjeća za detekciju apneje i hrkanja
- KIDE 2019 – međunarodna izložba inovacija i dizajna, Kaohsiung, Taiwan, prosinac 2019.
  - Zlatna medalja i posebna nagrada "INDIA" – prof. dr. sc. Snježana Firšt Rogale, prof. dr. sc. Jelka Geršak, Prof. dr. sc. Dubravko Rogale, doc. dr. sc. Željko Knezić, doc. dr.sc. Suzana Uran, prof. dr. sc. Siniša Fajt, Daniel Časar Veličan, Damir Begić, doc. dr.sc. Sonja Šterman, dr. Simon Rajh: Pametna odjeća za osobe s dijagnosticiranom demencijom

8. Opremanje Zavoda

Opremanje Zavoda potrebnim instrumentarijem počelo je samogradnjom instrumenata: elektronskih voltmetara, osciloskopa, mjerača faze, oscilatora, stabilizatora napona, pojačala, zvučničkih sustava, audiometara, zvukomjera i dr. Za izvođenje nastave u početku su posuđivani instrumenti od RIZ-a Zagreb, Radiotelevizije i Jugotona. Na tim su uređajima školovane generacije studenata. Nabava instrumenata povećavala se postupno. Nabavljaju se instrumenti sljedećih proizvođača: Iskra, Siemens, Grundig, Philips, Hewlet & Packard, Tektronix, Rhode & Schwartz i dr. Prvo značajnije opremanje akustičkom opremom nabava je akustičke mjerne opreme svjetski poznate tvrtke Bruel & Kjaer iz Danske. Nabavljeni su zvukomjeri, analizatori, pisači, etaloni za baždarenje mikrofona, mjerni mikrofoni, akcelerometri, umjetne glave, umjetno uho i dr. Sljedeće veće opremanje bilo je 1991. godine kada Zavod dobiva prva osobna računala i suvremenu akustičku opremu tvrtke Bruel & Kjaer – digitalni zvukomjer, vremensko– energetsko– frekvencijski analizator Techron TEF, profesionalni prijenosni magnetofon Nagra-Kudelsky, AKG mikrofine, i dr. Oprema Zavoda nadopunjuje se gotovo svake godine. Slušaonica-studio Zavoda za elektroakustiku služi za snimanje i ispitivanja iz slušne akustike, za ocjenu kvalitete elektroakustičkih sustava. Zahvaljujući prof .dr. sc. B. Someku, koji je vodio projekt UNIVERZIJADA 87, dobivena je od organizacijskog odbora Republike Hrvatske studijska i profesionalna oprema za ozvučenje: višekanalni tonski stol TOA, pojačala snage TOA, uređaji za efekte i obradu signala, prijenosni tonski mješači, mikrofoni i ostali uređaji za studio.



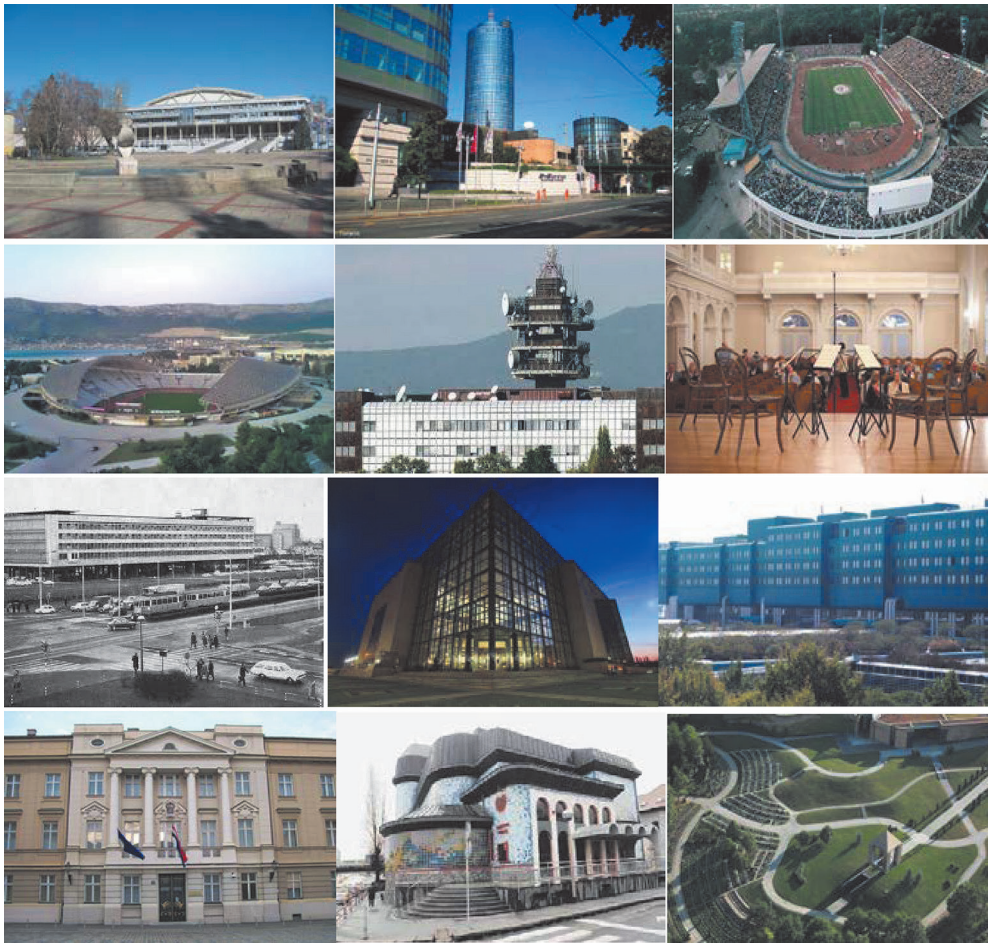
Sl. 6. Radio prijemnici RIZ 614 i 634 STEREO (prof. dr. sc. Branko Somek)

9. Knjižnica

U Zavodu se posebna pozornost posvećivala znanstvenoj i stručnoj literaturi. U knjižnici se, osim velikog broja knjiga, njih više od 3200, nalazi i 40-tak stručnih časopisa. Posebno su vrijedna izdanja IEEE, JASA, Acoustica, NB i dr., koji pokrivaju sva znanstvena i stručna područja Zavoda. Zbog pomanjkanja prostora, a i zbog drugih suvremenih načina dostupnosti potrebnih materijala, građa je poslana u fakultetsku knjižnicu FER-a.

10. Znanstveno-istraživačka djelatnost, značajni projekti, te suradnja

Suradnja Zavoda s ustanovama, fakultetima i gospodarstvom razvija se već od njegova osnutka. Sustavni rad u znanstveno-istraživačkoj djelatnosti počinje šezdesetih godina 20. stoljeća, posebno u okviru većih znanstvenih projekata, ranije SIZ-a za znanost, a sada Ministarstva znanosti RH. Do 1990. godine radilo se na sljedećim projektima: "Mjerenje i analiza radiokomunikacijskih sustava", "Istraživanja, razvoj i primjena tankoslojnih, hibridnih i diskretnih komponenata u području radiokomunikacija", te "Tonfrekvencijska, prijamnička i profesionalna elektronika". Od 1990. radi se na projektu "Razvoj mjernih metoda i procesiranje signala u elektroakustici". Voditelji ovih projekata su prof. T. Jelaković, prof. M. Gregurić i prof. B. Somek. Znanstvenici sa Zavoda za elektroakustiku vodili su ili sudjelovali u sljedećim znanstvenim projektima: Procesiranje tonfrekvencijskog signala u radiokomunikacijama, Procesiranje akustičkog signala u radiokomunikacijama, Utjecaj vestibularnog osjetila na ugradnju umjetne pužnice, Analitički model praćenja novih obrazovnih tehnologija, Vrednovanje kvalitete multimedijskih edukacijskih prostora i sustava, Procesiranje i ocjenjivanje akustičkog signala u komunikacijama, Utjecaj ultrazvuka velike snage na tkivo, Semantic multimodal analysis of digital media, Soundscape of European Cities and Landscape, Predviđanje, motrenje i zaštita od buke, Analiza i sinteza ultrazvučnog polja u svrhu aplikacije na tkivo, Akustičke osobine kompozitnih elemenata i konstrukcija u graditeljstvu, Integrating and Harmonizing Sound Insulation Aspects in Sustainable Urban Housing Constructions, Element za ugađanje akustičkih značajki prostorija, Zvučni okoliš kao baština – koliko je značajan?, Ocjenjivanje zvučnog okoliša u Kini i Hrvatskoj, Ultrazvučni sustav za određivanje parametara kompleksnih materijala u nelinearnim uvjetima rada, Ocjena akustičkog komfora akustički neosjetljivih zatvorenih prostora u Kini i Hrvatskoj, Platforma za tečaj akustike – strateško partnerstvo u području akustike, Napredne akustičke i psihoakustičke dijagnostičke metode kao temelj inovativnog dizajna u građevinskoj akustici, DENORMS: Designs for Noise Reducing Materials and Structures, Tečaj industrijske akustike o buci, utjecaju buke na ljude i buci okoliša, Razvoj karijera mladih istraživača – izobrazba novih doktora znanosti, 4D akustička kamera, Projekt razvoja karijera mladih istraživača – izobrazba novih doktora znanosti, Udruženje znanja iz akustike, Audio tehnologije u sustavima virtualne stvarnosti za primjenu u auralizaciji, Razvoj i toplinska svojstva inteligentne odjeće – ThermIC. Rezultati istraživanja objavljeni su u velikom broju izvještaja, u zbornicima međunarodnih i stručnih skupova, časopisima, skriptama i knjigama. Određena su rješenja i patentirana. Za znanstveno-istraživački rad, naročito izradom magistarskih i doktorskih radnji, osposobljeno je mnogo istraživača. Suradnja Zavoda s gospodarstvom, institutima i drugim ustanovama vrlo je plodna. To su: RIZ Zagreb, Elak-Đurđevac, Jugoton, danas Croatia Records, Končar, Prvomajska, Iskra-RIZ, Nikola Tesla-Ericson, Brodarski institut, INA-



Sl. 7. Neki od projekata djelatnika Zavoda za elektroakustiku:

OKI, Alea d.o.o., Industrogradnja, GP Tehnika, HRT, HP, HŽ, brodogradilišta, tekstilna industrija, Audiološki centar, Hrvatska vojska, Ghetaldus, KD V. Lisinski, Zavod za normizaciju i dr.

Dom sportova, Zagreb, Cibona, Zagreb, Stadion Maksimir, Zagreb, Stadion Poljud, Split, Hrvatska radiotelevizija, Zagreb, Hrvatski glazbeni zavod, Zagreb, KD "Vatroslav Lisinski", Zagreb, Klinička bolnica Dubrava, Zagreb, Hrvatski sabor, Zagreb, Kazalište "Trešnja", Zagreb, Krematorij Mirogoj, Zagreb

Osim u znanstvenim projektima, Zavod sudjeluje i u značajnim stručnim projektima. Izrađeni su brojni projekti, konstrukcije, elaborati i studije. Tako su, npr., izvršena prva akustička mjerenja i ocjenjivanje akustične kvalitete različitih dvorana i prostora: KD V. Lisinski, HGZ, OTV, Studentski centar, crkve, kino dvorane, učio-

nice, režije, studiji i dr. Izrađeni su projekti prema kojima su izvedeni studiji i režije: HRT doma, Jugotona, HPT-a, te srednjih i manjih radio-stanica u Hrvatskoj. Zavod djeluje na projektiranju i konstrukciji komponenti, aparata i uređaja za velikoserijsku industrijsku proizvodnju (od 10000 do 100000 i više godišnje). Na temelju toga RIZ proizvodi: zvučnike i zvučničke kutije, gramopojačala, prijamnike, pojačala, muzičke centre i dr., tj. proizvode namijenjene domaćem i stranom tržištu. Za potrebe lokalnih radio-stanica projektirani su i izvedeni studijski uređaji. Na području audiometrije i audiologije Zavod surađuje s Medicinskim fakultetom, zdravstvenim centrima i ustanovama. Razvojni rad na konstrukciji i izgradnji različitih audiometara počinje već od 1955. godine. Takvim su aparatima domaće proizvodnje opremljeni medicinski fakulteti, bolnice i zdravstvene ustanove gotovo u svim gradovima. To se područje proširuje na izradu aparata za rehabilitaciju osoba s oštećenjem sluha , kojima su opremljene odgovarajuće ustanove u Hrvatskoj. Članovi Zavoda sudjelovali su pri prvoj ugradnji kohlearnog implantata (umjetne pužnice) kao dio ekipe i pri stvaranju Strategije rehabilitacije vezane uz hrvatski jezik. Iz tog je područja objavljeno više članaka koji su često citirani. Izrađeni su projekti akustike i elektroakustike višenamjenskih dvorana u inozemstvu (RIGA–Moskva). Zavod sudjeluje pri projektiranju sportskih dvorana i sportskih centara: Dom sportova Zagreb, Cibona, stadioni NK Dinamo, NK Zagreb, NK Varteks i dr. Uz to su izrađeni akustički i elektroakustički projekti Kazališta "Trešnja", kino-dvorana i koncertnih dvorana. Izrađeni su projekti prema kojima su izvedene "gluhe komore", "odječne komore" i "slušaonice". Pojedini članovi Zavoda sudjelovali su u ostvarenju većih projekata za prijenos, snimanje i reprodukciju zvuka: Europsko prvenstvo u klizanju, Zagreb 1970., Zlatna pirueta, Zagreb 1970., Univerzijada, Zagreb 1987., Pjesma Eurovizije, Zagreb 1989., Europsko atletsko prvenstvo A90 Split, olimpijade u Sarajevu 1988. i Barceloni 1992. godine. Pojedini su članovi Zavoda vodili projekt akustike i elektroakustike Nacionalne i sveučilišne biblioteke u Zagrebu i projekt akustike, elektroakustike, audiovideo sustava i konferencijskog sustava Sabora RH. Članovi Zavoda rade na projektima ozvučenja za različite namjene,a posebno za sustave za uzbunjivanje i obavješćivanje . Posebna problematika kojom se Zavod bavi jest mjerenje buke i vibracija, kao i projekti za njihovo smanjenje: prometna buka, industrijska buka, buka uređaja, kao i buka prometnih sredstava. Izrađene su studije o buci za gradove Bjelovar i Varaždin. U Zavodu djeluje Društvo za zaštitu od buke i vibracija. Izrađena je i studija o ultrazvuku "Primjena ultrazvuka u industriji, medicini i pomorstvu", a izvedene su i konstrukcije za primjenu ultrazvuka u farmaceutskoj industriji "Pliva". Nastavnici Zavoda sudjeluju u radu za potrebe Hrvatske vojske. U posljednjih se nekoliko godina čine veliki napori za uvođenje u nastavu povećanog udjela elektroakustike u digitalnim multimedijskim komunikacijama. Osim navedenog djelatnici Zavoda za elektroakustiku bave se projektiranjem akustike prostora za slušanje, izradom elaborata akustičkih svojstava prostora, računalnim simulacijama akustike prostora i odgovarajućih parametara akustičke kvalitete , prikazom rezultata statističke analize parametara akustičke kvalitete u računalnoj simulaciji, auralizacijom. Provode i

kontrolna mjerenje parametara akustičke kvalitete prostora sukladno normi ISO3382. Daju preporuke vezane uz akustičku obradu prostora , preporuke odgovarajućih materijala i načina primjene u prostoru, preporuke oblika prostora, preporuke potrebnih vrijednosti parametara akustičke kvalitete prostora, ovisno o konačnoj namjeni prostora. Član Zavoda, dugogodišnji suradnik HRT-a, osim sudjelovanja u projektiranju studija i režija HRT-a kao tonmajstor, snimao je mnoge glazbene sadržaje , a posebno valja istaknuti snimke Antologija hrvatske glazbe, koje su posebno nagrađene zbog visoke kvalitete, te ih je izdao Jugoton kao LP ploče.

11. Međunarodna suradnja i suradnja u struci

Zavod za elektroakustiku danas aktivno surađuje na znanstvenom i stručnom polju na projektima ozvučenja konferencijskih sustava, audiovideo sustava i slušnih pomagala sa sljedećim tvrtkama: Siemens-Graz, Wien, Summezberger Wien, TOA Japan, Philips, Studer, Wienato-Resound i drugima. Na znanstvenom području surađuje s tehničkim fakultetima u Munchenu, Berlinu, Aachenu, Bonnu, PTB Braunschweigu, Slovačkim tehničkim fakultetom Bratislava, Tehničkim fakultetom Prag i dr. Pojedini zaposlenici Zavoda članovi su međunarodnih znanstvenih i



Sl. 8. Neki od djelatnika Zavoda za elektroakustiku
s lijeva na desno sjede: prof. dr. sc. Ivančević, prof. dr. sc. Domitrović, Ljubica Konjević, prof. dr. sc. Somek, prof. dr. sc. Jelenčić, izv. prof. dr. sc. Vujnović, dr. sc. Sanja Grubeša
s lijeva na desno stoje: mr.sc. Gašparović, Futivić, izv. prof. dr. sc. Maletić, izv. prof. dr. sc. Petošić, doc. dr. sc. Horvat, prof. dr. sc. Đurek, prof. dr. sc. Jambrošić, Mišerić

stručnih udruženja: International Commission on Acoustics (ICA), Federation Acoustics Societes of Europa (FASE), International Institute of Noise Control Engineering (I-INCE), German Acoustical Society – Deutsche Gesellschaft für Akustik (DEGA), Deutschen Arbeitsgemeinschaft für Akustik (DAGA), Audio Engineering Society (AES), Hrvatsko društvo za komunikacije, računarstvo, elektroniku, mjerenja i automatiku (KOREMA), Hrvatsko društvo elektronika u pomorstvu (ELMAR) i dr. U Zavodu su održana mnoga znanstvena predavanja iz gotovo svih područja elektroakustike. Tvrtka Bruel & Kjaer gotovo je redovito organizirala izložbe i predavanja o svojim mjernim uređajima. Zavod su posjetili mnogi poznati znanstvenici : dr. Bril, prof. Kutruff, prof. Meyer, Chatrin i Don Davis i dr. U Zavodu je sjedište AES Hrvatska koji je osnovan 1. 2. 1993. godine, a zaposlenici Zavoda članovi su ili predsjednici te udruge. Isto tako je i sjedište Hrvatskog akustičkog društva (HAD) koje je u Berlinu 1998. za vrijeme kongresa AAC i DAGA primljeno u Europsku akustičku asocijaciju. Osim toga HAD je član Alps Adria Acoustics Association (AAAA) i European Acoustics Association (EAA).

12. Nastavnici i suradnici koji su značajno pridonijeli razvoju Zavoda za elektroakustiku

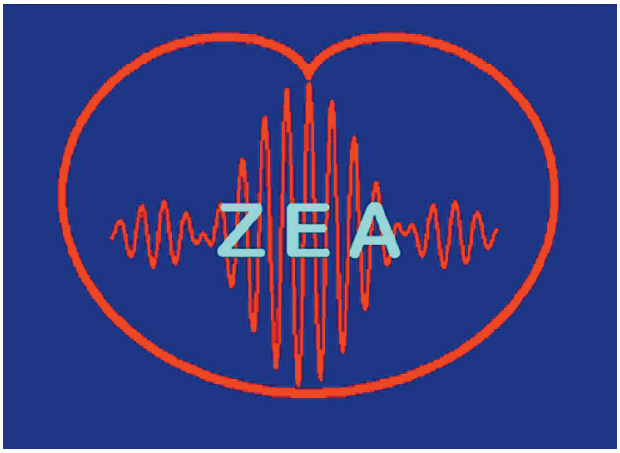
Osim već spomenutih nastavnika i suradnika, u Zavodu su radili: Anton Škunca, mr. sc. Vladimir Matijević, Veljko Lipovšćak, mr. sc. Božidar Radanović, dr. sc. Tihomir Štimac, Vladimir Kalafatić, dr. sc. Miljenko Krhen, Jasenko Krovinović, Karlo Filipan, Pero Volarević, Neven Krajačić, dr. sc. Sanja Grubeša, dr. sc. Mia Suhanek, Petar Franček, Dominik Kisić. Na području industrijske sociologije u Zavodu su djelovali viši predavači mr. Ivo Šimičević i dr. Lukić. Svi su oni svojim djelovanjem pridonijeli ugledu Zavoda.

13. Tehničko i administrativno osoblje Zavoda

Radu Zavoda za elektroakustiku uvelike su pridonijele tajnice Branka Podunavac, a posebno dugogodišnja tajnica Zlata Nikičević, Ljubica Konjević i Đurđica Jelić koje su uzorno vodile sve administrativne poslove Zavoda za elektroakustiku. Laboranti Zavoda za elektroakustiku bili su Vilko Hrbić, Matija Stipetić, Emil Fresl, Damir Matić, Želimir Senta, Vjekoslav Futivić i mr. sc. Darko Gašparović koji je ujedno i voditelj ispitnog laboratorija. Domaćice na Zavodu za elektroakustiku bile Sofija Bedeniković, Rada Božić, Ljiljana Mišerić, Marija Kočiš i Manda Marković. Svi oni utkani su svojim radom, zalaganjem, vještinama i znanjem u povijest Zavoda za elektroakustiku.

14. Zaključak

Ova kratka povijest Zavoda za elektroakustiku predstavlja sjećanje na vrijeme, prostor, djela, događaje i prije svega ljude koji su utjecali na živote mnogih generacija. Ona ukazuje da je elektroakustika interdisciplinarna znanstvena djelatnost, pa se može reći da postoji otkad postoje munja i grom. Proučavanja pokazuju da se stalno pojavljuju nova područja koja u akustici i elektroakustici treba obrađivati, te da ljudi koji na tom području rade trebaju pratiti mnoga životna zbivanja i iznova ih proučavati. Zbog toga je nužno poznavati povijesne doprinose ljudi i povijesno tehnički kontekst u kojem su radili i stvarali na Zavodu za elektroakustiku imajući na umu ograničenja (prostor, mjerna instrumentacija, pristup znanjima i informacijama iz područja elektroakustike putem stručne literature i dr.) koja su imali, a koja se često zanemaruju prilikom vrednovanja njihovog doprinosa iz današnje perspektive.



Sl. 9. Znak Zavoda za elektroakustiku

Literatura

[1] Prilozi spomenici Zavoda za elektroakustiku, https://www.fer.unizg.hr/_download/repository/Prilozi_Spomenici_ZEA.pdf

[2] ETF spomenica 1919 – 1969 – 50 godina studija elektrotehnike u hrvatskoj, Zagreb 1969.

[3] FER spomenica 1956 – 1996 – 40. obljetnica Fakulteta, Fakultet elektrotehnike, Zagreb 1996.

[4] Sveučilište u Zagrebu, Tehnički fakulteti 1919. – 1994. – monografija u povodu 75. obljetnice osnutka tehničke visoke škole u Zagrebu, Zagreb 1994.

[5] Internetska stranica Fakulteta elektrotehnike i računarstva, https://www.fer.unizg.hr/

[6] Internetska stranica Zavoda za elektroakustiku, https://www.fer.unizg.hr/zea

Tehnički razvoj javnoga radija u Hrvatskoj

Damir Šimunović,

Nikolina Bujić,

Prof. dr. sc. **Siniša Fajt**, član suradnik HATZ-a,
Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva, sinisa.fajt@fer.hr

Sažetak: *Radio Zagreb, začet u radioamaterskom klubu, započeo je svoj profesionalni put 1926. godine. Njegova tehnička ekipa kroz cijelu je povijest postojanja nastojala slijediti tehnološki napredak, programskoj ekipi osigurati suvremene uvjete rada, a slušateljima kvalitetan prijem, usprkos brojnim političkim i financijskim preprekama i previranjima. Od jedne stanice sa slabašnim srednjevalnim odašiljačem do mreže Hrvatskoga radija s tri nacionalna, osam regionalnih i jednim internacionalnim programom u zemaljskoj, digitalnoj satelitskoj, kabelskoj i internetskoj distribuciji trebalo je prihvatiti niz promjena u tehnologijama, izgrađivati nove studije i reportažna kola, mijenjati standarde, a ipak održati kontinuitet. Ovim se tekstom želimo podsjetiti na brojne inženjere i tehničare koji su to ostvarili.*

Ključne riječi: *radio, mediji, Radio Zagreb, Hrvatski radio*

1. Uvod

Zamislite djedicu koji sa svoje 94 godine još uvijek jednako dobro govori, svira, pjeva, priča priče, prenosi nogometne utakmice i stigne skoro u isto vrijeme biti svuda. Rado ga slušaju stari i mladi, a čak i kad se s njim svađaju, opet ga hvale. Vidi se da je u školi dobro svladao hrvatski i strane jezike, da se snalazi u povijesti i zemljopisu, tu i tamo čak nešto kaže i na latinskom da ga i liječnici razumiju dok s njima razgovara. Ne ustručava se popeti na snijegom zameteno brdo ili posjetiti ljude u nevolji, sve da bi drugima ispričao kako je to. Ali moramo se upitati, ako je tako svestran, kako je u školi prolazio iz matematike i fizike, je li bio dobar na tehničkom odgoju, zna li danas što treba stisnuti na mobitelu da bi preko društvene mreže uspostavio video-razgovor sa svojom unučicom u Irskoj? Pitamo se, dakle, što je činio protekle 94 godine da bi sve to mogao, da bi ga ljudi čuli i poštovali.

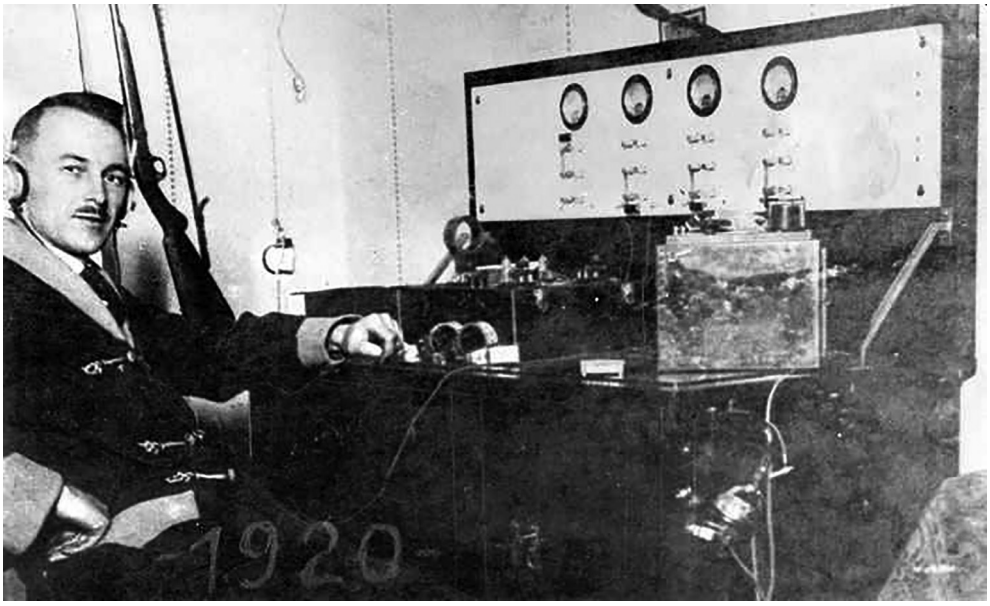
Odakle mu ta kondicija, koje je sposobnosti razvio, kako uspijeva tako brzo biti svuda, kako to da ga ljudi slušaju i u automobilu i na uređaju koji nose u džepu i zašto kupuju velike zvučničke kutije da bi ga u punoj snazi čuli i u svojoj dnevnoj sobi? Pa, zna se: djedica se zove Radio. To sve govori.

Ovaj tekst se kronološki te u objašnjenjima spomenutih tehnologija, institucija i kratica oslanja na tekst Razvoj radijske i televizijske tehnologije.[1]

2. Aktivnosti u Hrvatskoj do 1926.

U studenome 1918. postavljena je na kulu Lotrščak u Zagrebu prva radiotelegrafska postaja u Hrvatskoj, Radio Grič. Postavio ju je bivši pomorski časnik J. Menike, a sastojala se od uređaja skinutih s austrougarske krstarice *Novara*. Antena je bila rastegnuta od kule Lotrščak do zgrade današnjega Geofizičkog zavoda. Postaja je bila važan, praktički jedini izvor informacija iz inozemstva koje su svakoga dana objavljivane u posebnim biltenu. Za Narodno vijeće Slovenaca, Hrvata i Srba uspostavljale su se veze s glavnim europskim zemljama.[2][3]

1920/1921. Šime Torbarina izradio je u Dubrovniku (Gružu) srednjevalni odašiljač prigušenih valova sa iskrištem po uzoru na Marconieve odašiljače. Za pogon odašiljača nabavio je iz Njemačke Ruhmkorffov induktor s napajanjem iz akumulatora



Sl. 1. Gustav Patačić na fotografiji iz 1920. [izvor: hr.radiomuseum-croatia.com]

od 6 V i strujom primarnog kruga od oko 4-5 A. Za prijem signala upotrijebio je koherer vlastite konstrukcije koji je na udaljenosti od nekoliko desetaka metara pod utjecajem signala odašiljača aktivirao električno zvonce.

1920. nastala je fotografija radioamatera **Gustava Patačića**, hrvatskog najstarijeg radioamatera, na kojoj se vidi detektor iz 1908. proizvođača "C. Lorentz" koji je radio na srednjem i dugom valu, a ispravan je i danas. Patačić je imao i prijemnik "Telefunken D", proizveden 1915. za potrebe vojske, radio je na srednjem valu s cijevnim audionom.

Tijekom 1921. godine Torbarina je nabavio kristal od galenita (olovni sulfid PbS), koji je omogućio izradu prijemnika sa kristalnim detektorom. Ovaj prijemnik s antenom dužine oko 50 metara i visinom od oko 10 metara bio je dovoljno osjetljiv da omogući prijem na slušalice radio-telegrafskih emisija obalnih radiostanica, koje su radile na valnoj dužini oko 600 m (500 kHz) kao na primjer Kotor-Klinci (UNK), Bari (ICQ), Brindini (ICE) i da se prati njihova radio-telegrafska komunikacija s brodovima do udaljenosti od oko 200 do 300 km za vrijeme dana, a primali su se i znakovi točnog vremena s Eiffelovog tornja u Parizu na oko 1500 metara valne dužine. Noću je bilo moguće primati obalske i brodske stanice iz cijelog područja sredozemnog mora i neke francuske stanice s atlantske obale udaljene i više od 2000 km. Brodske obalne radio stanice su u to vrijeme već imale prijemnike s elektronskim cijevima, dok su brodovi za prijem koristili kristalni detektor.

1923. godine Torbarina je konstruirao prve radio prijemnike s elektronskim cijevima za prijem telegrafije i radiodifuznih stanica koje su se mogle primati noću i to uglavnom Radio London i još nekoliko engleskih stanica. Izradio je i pokusne odašiljače neprigušenih valova s elektronskim cijevima i telefonskom modulacijom. [4]

Na putničkom brodu Kumanovo, koji je plovio duž naše obale, brodski oficir i radio-amater **Milan Baletin** iz Dubrovnika izradio je i instalirao je svoj odašiljač snage nekoliko vata s odličnom antenom, kao i prijemnik s pet elektronskih cijevi s vlaknom za 4 V i 0,6 A. S njime je redovito održavana radio-telegrafska veza na frekvenciji oko 500 kHz prilikom dolaska i odlaska iz Dubrovnika na putu za Korčulu. To je bila u stvari prva veza između dvije amaterske stanice ostvarena iz Dubrovnika.

1923. Ministarstvo pošte i telegrafa Kraljevine SHS izdalo je Pravilnik o privatnim radiotelegrafskim prijemnim aparatima. Pravilnik se bavio ograničenjima, a ne poticajima, u vrijeme kada je radio već bio u burnom razvoju. Rješenja Ministarstva po tom pravilniku čekala su se i po godinu dana.

29. ožujka 1924. održana je konstituirajuća sjednica Radio-kluba Zagreb na kojoj su inicijatori, zagrebački radijski entuzijasti, za predsjednika izabrali dr. Otona Ku-

čeru. Oton Kučera, fizičar, astronom i književnik, bio je veliki promicatelj prirodoslovnih i tehničkih znanja. Pokrenut je najstariji radioamaterski klub u Hrvatskoj i jedan od najstarijih u Europi.

15. travnja 1924. Pravila Kluba odobrio je veliki župan zagrebačke oblasti. Klub je ubrzo imao 300 članova. Istaknuti članovi bili su dr. S. Varićak, Miroslav Plohl, Lj. Šplajt, Josip Lončar, H. Weinberger, inž. V. Stiasni, dr. Ivan Stern, inž. C. Joachimsthal, prof. Vj. Stefanini i mnogi drugi. Tajnik je bio D. Maruzzia.

19. travnja 1924. izašao je prvi broj glasila Radio-kluba *Radiošport* koji je uređivao prof. dr. Svetozar Varićak, a odigrao je važnu ulogu u promociji radiodifuzije. U glasilu su uz brojne tehničke informacije i upute bili objavljivani i podaci o tome što se sve može radioprijemnicima čuti na području Zagreba, uvjeti za dobivanje dozvole za nabavku radioaparata, radiovijesti i sl. U prostorijama Radio-kluba u dvorišnoj zgradi na Markovu trgu broj 9 organizirani su tečajevi za radiofile koji obuhvaćaju ne samo tehnike prijema nego i samogradnju prijemnika i antena.

1924. je Šime Torbarina napravio prijemnik za kratkovalno područje i kratkovalni odašiljač s cijevi francuske tvornice “Metal”.



Sl. 2, Zaglavlje lista Radio šport iz 1924.

O zanimanju građana Osijeka za gradnju i slušanje radioprijemnika zabilježila je "Hrvatska obrana" 17. siječnja 1921. kada je izvijestila da je Ministarstvo pošte odobrilo nekolicini osječkih građana da mogu podići radiotelegrafsku stanicu. Osnovan je odbor radi prikupljanja novčanih sredstava te se razmatralo formiranje novinskog ureda.[5] 1922. je u Osijek donesen prvi radio-aparat te je uz naplatu organizirano slušanje radija najprije u hotelskoj sobi, a zatim u Jagerovoj školi. 15. srpnja 1924. osječanin Vinko Papež omogućio je slušanje koncerata iz Londona, Pariza, Beča i Trsta s brodskog radio-prijemnika u dravskoj luci. 26. srpnja 1924. Urania kino d.d. dobiva dozvolu da u svojim prostorijama podigne radio-telefonsku stanicu. 4. rujna 1924. stigla je u Osijek prva radio-aparatura Trgovačkom klubu.

15. studenoga 1924. Redarstvo u Osijeku upozorava građane da je zabranjeno korištenje prijemnih radio-stanica bez prethodnog odobrenja vlasti. Tri dana nakon toga sastaje se inicijativni odbor za osnivanje radio-kluba u Osijeku u kojemu su profesor Adam, dr Städler i Jagodić. 19. studenoga 1924. Trgovački klub je uspio u "Grandu" postaviti radio-aparat D-tip koji je za 20.000 dinara kupio od Telefunkena. Uskoro sve veći broj građana Osijeka posjeduje radio-prijemnike, 1935. njih više od 2.000, pa zbog toga "Hrvatski list" redovito objavljuje "Izvadak iz radio-rasporeda".

Zagrebački su radioamateri objavili da će od 19. do 23. rujna 1925. u okviru športske izložbe na Zagrebačkom zboru prirediti Radiotelefonsku izložbu. Na toj izložbi je prvi puta u Kraljevini SHS proradila mala radiostanica s radiofonskim programom. Radila je šest dana pod tehničkim vodstvom inž. Joachimsthala i Pokornoga, te inženjera St. Stiania i tehničara Fuchsa. Program, u kojemu su nastupali Bruss, Nikolov, Mandl, Miletić, Kune, Šafranek-Kavić, Plein, Graf i drugi, stanica je emitirala redovito od 16.30 do 17.30 i navečer od 20.00 do 21.30.

3. Razvoj radija u Hrvatskoj od 1926. do 1941.

3.1 Društveni, politički i ekonomski kontekst

U srpnju 1918. Hrvatsku je pogodila španjolska groznica.

U procesu raspada Austro-Ugarske Monarhije, 19. listopada 1918. Narodno vijeće Slovenaca, Hrvata i Srba donosi deklaraciju u ime svih Slovenaca, Hrvata i Srba na jugoistočnim područjima Austro-Ugarske, što uključuje Hrvatsku, Slavoniju s Rijekom, Dalmaciju, Bosnu i Hercegovinu, Istru, Trst, Kranjsku, Goričku, Štajersku, Korušku, Bačku, Banat i Baranju, u kojoj proglašava razrješenje svih državno-pravnih odnosa kraljevine Hrvatske, Slavonije i Dalmacije s kraljevinom Ugarskom i carevinom Austrijskom te, na temelju narodnog jedinstva Slovenaca, Hrvata i Srba proglašava zajedničku narodnu suverenu Državu Slovenaca, Hrvata i Srba. Hrvat-

ski sabor tu deklaraciju smatra obvezujućom i priznaje Narodnom vijeću SHS vrhovnu vlast. Zadaće Narodnog vijeća bile su: uspostavljanje unutrašnjopolitičkog mira i stabilnosti, međunarodno priznanje te utvrđivanje modaliteta oblikovanja zajedničke države s Kraljevinom Srbijom i Kraljevinom Crnom Gorom. Unutarnje stanje zapravo je bilo kaotično što uključuje vrlo tešku socijalnu, ekonomsku i zdravstvenu situaciju. Oblike prijelaznog uređenja zajedničke države utvrdila je Ženevska deklaracija od 9. studenoga 1918. koju su potpisali Korošec, Trumbić i Pašić (koji je kasnije opozvao potpis), ali ona nije imala stvarnog utjecaja jer nije odgovarala namjerama unitarista odnosno regenta (kralja) Aleksandra Karađorđevića. Usprkos protivljenju Stjepana Radića, većina u Središnjem odboru Narodnoga vijeća odlučila se za hitno ujedinjenje.

11. studenoga primirjem je završen Prvi svjetski rat.

1. prosinca 1918. nastaje Kraljevstvo Srba, Hrvata i Slovenaca ujedinjenjem kraljevine Srbije i Crne Gore s Državom Slovenaca, Hrvata i Srba. Kraljevstvo SHS bila je parlamentarna monarhija pod srbijanskom dinastijom Karađorđevića. 5. prosinca na poziv Narodnoga vijeća u Zagreb ulazi srpska vojska. Ubrzo je bilo vidljivo da Srbija ujedinjenje tumači kao kontinuitet srpske države, usmjerava na centralističko uređenje, a u državnim ustanovama izražena je srbijanska prevlast. Zahtjevi za federalizacijom bili su odbijani. 28. lipnja 1921., unatoč protivljenju i bojkotu nesrpskih stranaka, donesen je Vidovdanski ustav kojim je učvršćeno centralističko uređenje. Teritorij Kraljevine podijeljen je na 33 oblasti s ciljem prekida kontinuiteta državnosti povijesnih cjelina.

12. studenoga 1920. (slijedom Londonskog ugovora iz 1915.) Rapalskim je ugovorom Kraljevstvo SHS Italiji priznalo vlast nad Trstom, Goricom, Gradiškom i dijelom Kranjske, Istrom bez područja Kastav, otocima Cresom, Lošinjem, Lastovom, Palagružom te gradom Zadrom. Tim ugovorom i talijanskim prisvajanjem Rijeke (priznatim Rimskim ugovorima 1924.) više od 500.000 Hrvata i Slovenaca ostalo je izvan jugoslavenske države.[6]

U srpnju 1925. formirana je nova vlada Kraljevine SHS na čelu s Nikolom Pašićem. U toj je vladi, od studenog iste godine, Stjepan Radić bio ministar prosvjete. No, krajem 1926. napustio je mjesto ministra prosvjete i ponovno počeo s oštrim napadima na politiku velikosrpskog hegemonizma.

20. lipnja 1928. izvršen je atentat u Narodnoj skupštini u Beogradu na Stjepana Radića i njegove suradnike, zastupnike. Atentat je uzrokovao tešku političku krizu. U situaciji međunacionalnih nemira, političkih kriza (prijetnja amputacijom Hrvatske 9. srpnja 1928., Mačekov prijedlog "rastave" …) i gospodarske nerazvijenosti kralj Aleksandar 6. siječnja 1929. ukida ustav, raspušta skupštinu i zabranjuje političke stranke. Država je preimenovana u Kraljevinu Jugoslaviju i podijeljena na

devet banovina. Ustavna je monarhija formalno obnovljena ustavom 3. rujna 1931. Pristaše ustaške organizacije i VMRO-a ubile su kralja Aleksandra u Marseilleu 9. listopada 1934., a vlast je preuzeo Petar Karađorđević.

Teške i destabilizirajuće hrvatsko-srpske odnose u okolnostima zaoštrenih europskih političkih prilika pred Drugi svjetski rat nastoji se riješiti sporazumom Cvetković-Maček od 26. kolovoza 1939. kojim se stvara autonomna Banovina Hrvatska. Banovinu čine ranije banovine Savska i Primorska te kotari Dubrovnik, Ilok, Šid, Brčko, Gradačac, Derventa, Travnik i Fojnica s većinskim hrvatskim stanovništvom. Banovina ima gotovo sve ovlasti državnog upravljanja osim vanjskih, vojnih i sigurnosnih te onih poslova koji su osiguravali jedinstveni gospodarski i novčarski sustav. Vrhovno zakonodavno i predstavničko tijelo Banovine je Sabor, a upravnu vlast ima ban.

Početkom 20. stoljeća svijet je zadesila najprije trostruka ekonomsko-financijska depresija i panika (1901., 1907. te 1910-1911.) da bi 1929., simbolično nakon sloma *Wall Streeta*, započela teška svjetska ekonomska kriza koja je potrajala do 1933. Slom gospodarstva u SAD-u osjetio se i u Europi, prvenstveno jer je SAD, da bi platio svoje obveze, zatražio hitan povratak zajmova koje je dao pojedinim europskim zemljama. Smatra se da je glavni uzrok te krize hiperprodukcija potrošnih dobara u odnosu na preslabo tržište. U području koje razmatra ovaj tekst kriza se odrazila padom kupovine prijamnika, gramofona i gramofonskih ploča te zastojem u tehničkom napretku, kako u SAD-u i Europi, tako i u Hrvatskoj.

1936. počinje Španjolski građanski rat. 1937. osnovana je Komunistička partija Hrvatske. 1938. Hitler prisilno pripaja Austriju. U studenome Kristalna noć. 1939. Hitler sklapa pakt sa Staljinom i uskoro napada Poljsku. Iste godine Sovjetski savez napada baltičke zemlje. 1940. Hitler napada zemlje Beneluxa, a uskoro pred njemačkom vojskom kapitulira Francuska. Počeo je Drugi svjetski rat.

Za razvoj radija u Hrvatskoj važno je napomenuti da promatramo razdoblje osobitog jačanja hrvatskog kulturnog identiteta. Ključni, aktivni suvremenici su: Frane Bulić, Oton Iveković, Marija Jurič Zagorka, Vladimir Nazor, Milan Šufflay, Ivan Meštrović, Dora Pejačević, Tin Ujević, Miroslav Krleža, Ivo Tijardović, Jakov Gotovac, Antun Augustinčić, Rudolf Matz, Boris Papandopulo, Ivan Supek te nobelovci Lavoslav Ružička i Vladimir Prelog. Posve je logično da u takvom polju visokog stvaralačkog napona sijevaju i munje tehnološkog napretka.

3.2 Znanstvene i srodne djelatnosti važne za razvoj radija

1901. su u Beču za *Gramophone Co.* snimljene četiri dosad najstarije poznate jednostrane gramofonske ploče promjera 17 cm s naljepnicom *E. Berliner GRAMOPHONE* s hrvatskim programom na kojima je bariton Albin Lukasch, uz glasovirsku

pratnju, izveo četiri skladbe od kojih je pronađena jedna – *Miruj srdce moje* pod brojem 72454/1437g. Sljedeće godine u Zagreb je stigao snimatelj iz *Gramophone Co.* i snimio 44 jednostrane ploče promjera 17 cm.[7].

U zagrebačkom tjedniku *Obzor* od 23. kolovoza 1902. tvrtka "Ferdinand Budicki" prvi puta oglašava ploče s hrvatskim skladbama. Od 1902. do 1912. *Gramophon Co.* snimao je zagrebačke i osječke kazališne umjetnike i glazbene sastave u Zagrebu, Ljubljani, Osijeku i Beču. U katalogu iz 1914. bilo je navedeno 398 ploča.[7]

1919. je na Kraljevskoj visokoj tehničkoj školi, osnovanoj 10. prosinca 1920. odlukom Povjereničkog vijeća Kraljevstva SHS, uspostavljen studij elektrotehnike u kojemu se prepoznaju smjerovi jake i slabe struje.

31. ožujka 1926. godine Tehnička visoka škola postala je Tehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Iako u početku neželjen od vlasti, posebnim zauzimanjem razvio se od 1930. elektrotehnički smjer Strojarsko-inženjerskog odjela, a od 1946. Elektrotehnički odsjek. Nastavu na tom odsjeku držali su profesori **Josip Lončar**, **Miroslav Plohl** i **Juro Horvat.** U sklopu fakulteta djeluju Laboratorij za električna mjerenja osnovan 1924. godine, koji je od akademske 1936/37. postao Laboratorij za osnove elektrotehnike, i Zavod za elektrotehniku osnovan 1925. Akademske godine 1938/39. profesor Miroslav Plohl je pri Tehničkom fakultetu osnovao Zavod za slabu struju.[8]

1926. godine osnovana je (1927. registrirana) prva diskografska kuća koja je djelovala u Hrvatskoj, zagrebačka tvornica gramofona i ploča *Edison-Bell-Penkala d.d.*, filijala engleske tvrtke *Edison Bell International Ltd*. Tvornica je bila u Zagrebu u Baroševoj ulici (danas Branimirova 43), u Nikolićevoj (danas Teslina) je bio studio, a u Oktogonu je bila salon-trgovina u kojoj su se ploče mogle poslušati. Proizvodila je i prodavala gramofonske ploče "električki snimljene", s operetnom glazbom, narodnim pjesmama … Studio u Nikolićevoj bio je dio prostora koncertne dvorane (danas Zagrebačko kazalište mladih).

Osobit tehnički, organizacijski i programski pothvat tvrtke bilo je snimanje božićnih pjesama 4. prosinca 1927. izvođenih u Zagrebačkoj katedrali, a snimanih u Nikolićevoj ulici, na udaljenosti oko 1250 m. Bilo je to prvo snimanje gramofonske ploče na daljinu, putem telefonske linije, u kontinentalnoj Europi, a treće u svijetu nakon snimanja u Metropolitan Opera House u New Yorku i Covent Garden u Londonu. Snimanje je postavio **Paul Voigt**, elektroinženjer iz *Edison Bell Company*. Iako je ugljeni mikrofon svojom frekvencijskom karakteristikom od najviše 5 kHz zadovoljavao u odnosu na mogućnosti ostatka lanca, Voigt je radi manjeg izobličenja odlučio koristiti kondenzatorske mikrofone s triodnim mikrofonskim pretpojačalom, vjerojatno bez dodatnog pojačala za telefonsku liniju. Mikrofonska mem-

brana bila je uzemljena a telefonska linija odijeljena od mikrofonskog pojačala niskofrekvencijskim transformatorom.[9]

U šest mjeseci provedenih u Zagrebu Voigt je snimio preko 600 naslova. Za taj pothvat Voigt je konstruirao i bitno unapređenje rezača ploča: sustav s pokretnom zavojnicom čime je smanjio izobličenja uzrokovana magnetskom histerezom.[9]

Tvrtka Edison Bell Penkala je za hrvatsko tržište proizvodila prijenosni gramofon sličan modelu Edison Bell EB321. Gramofon se sastavljao i u Zagrebu. Oko 1930. ista je tvrtka u Zagrebu sastavljala gramofon model 216. Tvrtka je 1933. obustavila proizvodnju ploča zbog slabe potražnje da bi 1937. došla u stečaj, iako je formalno postojala do 1945. Njene uređaje 1938. preuzela je tvrtka Elektroton d.d. i nastavila s produkcijom gramofonskih ploča u prostorima u Ulici Sv. Duha u Zagrebu.

1927. i 1928. u tvornici "Ivan Paspa i sinovi" u Zagrebu, uz proizvodnju električnog materijala i suhih galvanskih baterija "Croatia" i "Ipis", serijski je izrađeno više tisuća radio prijemnika po narudžbi Radio Zagreba. Svakom novom pretplatniku besplatno su dostavljani detektorski aparat s kristalnim detektorom i slušalice.

Božidar Metzger, koji je zanat učio u tvornici "Paspa i sinovi", kasnije sveučilišni profesor, proizveo je detektor s traženjem stanica. Izradio je i voki-toki i mobilni telefon.

3.3 Prethodni tehnički, pravni i organizacijski pothvati

14. lipnja 1924. uprava Radio-kluba Zagreb, nakon što je osigurala novčana sredstva, zatražila je od Vlade Kraljevine Srba, Hrvata i Slovenaca, preciznije od Ministarstva pošte i telegrafije, da "dozvoli odmah postaviti broadcasting u Zagrebu".

5. kolovoza 1925. H. Weinberger, dr S. Varićak, inž. V. Stiasni, dr I. Stern, inž. C. Joachimsthal i prof. Vj. Stefanini u ime Radio-kluba te ministar Pošte B. Šuperina i generalni direktor D. Velisavievć potpisali su u Beogradu dokument pod nazivom *Ugovor o instalaciji i eksploataciji jedne radiofonske stanice broadcastinga u Zagrebu ili okolini*. Prema tom ugovoru stanica će "služiti za saopćavanje radiofonskih vijesti namijenjenih općoj publikaciji: dnevne vijesti, meteorološki izvještaji, burzovni tečajevi, muzika svake vrste i sve vijesti kojima se širi nauka i umjetnost pa i razonoda". Područje u kojemu je ta stanica mogla dobivati dio pretplate bilo je ograničeno na 150 km oko Zagreba. Snaga emitiranja bila je ograničena na 500 W. Vrijednost opreme bila je 400.000 dinara. Stanica je bila obvezna emitirati najmanje 90 minuta dnevno. Država je od svakog pretplatnika godišnje naplaćivala 250 dinara, a od toga je radio stanica dobivala 150 dinara. Prema ugovoru taj dio odre-

đen za društvo mogao se smanjiti ili sasvim ukinuti. Osim toga, država je uzimala 12% od bruto primanja, a od dobiti 20%.

Ugovor je, baš kao i tadašnji propisi, vrvio ograničavajućim i restriktivnim odredbama. Tako je imao odredbu po kojoj bi se, bez sudske presude, program stanice mogao odmah prekinuti i svi prijemnici oduzeti ako bi se program zloupotrijebio tako da se emitiraju "vijesti u suprotnosti" sa zakonima. U slučaju unutarnjih nemira, mobilizacije ili rata, država je mogla odmah oduzeti postaju uz određenu naknadu.

Da bi stanica osigurala financijska sredstva za početak rada, osnovano je dioničko društvo s upisom 500 akcija po 1.000 dinara. Za osnivanje dioničkog društva bila je potrebna dozvola Ministarstva trgovine i industrije, koja je dobivena 26. ožujka 1926. za "akcionarsko društvo pod nazivom Radio Zagreb d.d. sa sjedištem u Zagrebu". 1. svibnja 1926. održana je konstituirajuća skupština na kojoj se društvo zahvalilo tvrtki *Telefunken* koja je na povjerenje već u travnju bila dostavila opremu – odašiljač u vrijednosti 50.000 zlatnih maraka. 10. lipnja 1926. društvo je pod nazivom Radio Zagreb d.d. protokolirano kod sudbenog stola (upisano u registar).

Već 12. travnja 1926. izašao je prvi broj službenog lista Radio Zagreba nazvan "Radio glasnik", nešto kasnije "Radio vjesnik". Uređivao ga je Otto pl. Faldung, a sastojao se od informacija o radijskim postajama i rasporeda programa te tehničkih uputa o korištenju prijemnika. List se osvrnuo i na pravne odnosno vlasničke statuse drugih europskih radijskih postaja, očito usmjeravajući pozornost da je potrebno razmisliti i o statusu Radio Zagreba.

U međuvremenu 28. studenoga 1925. je ministar pošte i telegrafa produžio rok za gradnju stanice do 1. ožujka 1926. te odobrio pretplatu u iznosu polovine svih pretplatnika u zemlji pod pretpostavkom da će se program moći čuti na cijelom teritoriju Kraljevine SHS.

3.4 Početak emitiranja stanice Radio Zagreb d.d.

15. svibnja 1926. započelo je na srednjem valu, na valnoj duljini 350 metara, emitiranje Radio-stanice Zagreb putem odašiljača snage 350 W smještenom u prostorijama Radio-kluba Zagreb na Markovom trgu 9. U 20:30 emitirana je hrvatska himna, a nakon najave koju je izgovorila Božena Begović slijedio je govor Ive Šterna. Potom je čitan službeni bilten i emitirana je glazba Beethovena, Haydna, Chopina, Rameaua, Sanit-Saensa te 15-minutne novosti.

Preciznije, prva dva dana emitirano je snagom od 150 W zbog nekih tehničkih problema. Odašiljač se nalazio u potkrovlju, a od drvenog stupa iznad zgrade do drugog drvenog stupa u Vitezovićevoj ulici bila je rastegnuta antena. Prostori Radio-kluba su preuređeni pa je uređen studio od dvadesetak kvadrata.





Sl. 3. Fotografije zgrade i uređaja Radio Zagreba iz 1926. [izvori: dnevnik.hr i hrt.hr]

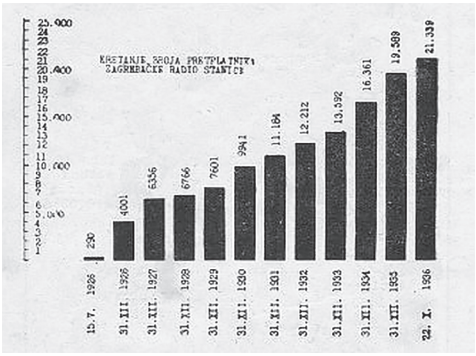
Program se redovito emitirao svake večeri između 20:30 i 22:30 uz vrlo ujednačenu shemu. Rasporede emitiranja objavljivao je *Jutarnji list*.

U studenome 1926. emitirano je prvo izvještavanje s otvorenog prostora prigodom otkrivanja spomenika J. J. Strossmayeru. Potom su ostvarena dva izravna prijenosa uživo opera More i Rusalka iz Hrvatskog narodnog kazališta te prijenosi svetih misa iz crkve Sv. Marka i drugih crkava. Do kraja godine Radio Zagreb je među prvim radiopostajama u Europi pozvao autore na pisanje originalnih predložaka za radiodrame.



Sl. 4. Studio Radio Zagreba; na lijevoj slici Božena Begović [izvori: mediadaily.biz, kgz.hr, hrt.hr]

U to doba nabavljena su još dva tada omiljena kvalitetna Reisz (Reiss) ugljena mikrofona. Uspostavljene su stalne linije između studija i kazališta u Tuškancu, Hrvatskog glazbenog zavoda, crkve Sv. Marka i Sv. Katarine, Sabornice, Pick-kabareta, a namjeravala se uspostaviti i veza s Kavanom Corso. Za potrebe takvih prijenosa napravljeno je pojačalo.





Sl. 5. *Lijevo*: rast broja pretplatnika od 15. svibnja 1926. do 22. listopada 1936. [izvor: free-sk.htnet.hr]; *desno*: slušanje programa Radio Zagreba u vlastitom domu [izvor: matica.hr]

Do kraja 1926. Radio Zagreb je imao 4.000 pretplatnika. Od 1. studenoga povećan je broj sati emitiranja, pa je program četvrtkom i nedjeljom započinjao u 17:00, a drugim danima u 19:45. U program su uključeni tečajevi stranih jezika. Radio je dobio na posudbu klavir radi izvođenja glazbe iz studija. Kako su glazbenici za nastup na radiju tražili sve veće honorare, uprava je odlučila ugovoriti "kućni" sastav. Bio je to kvartet nazvan "radiokvartetom Rozboj".

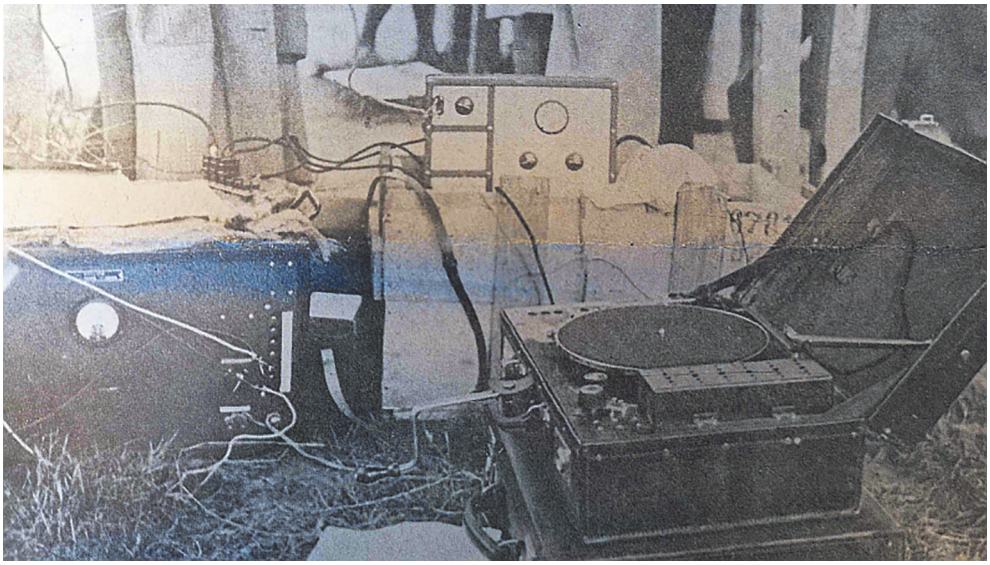
Zbog prijetećih odredbi ugovora i zakona uprava Radio Zagreba nije se usuđivala objavljivati vlastite vijesti, nego su se čitale već u tisku objavljene vijesti. Zbog toga je program bio izrazito apolitičan i orijentiran na kulturu.

U veljači 1927. Radio Zagreb je reemitirao program iz SAD-a koji je prenošen na kratkom valu kao druga europska radio stanica koja je prenosila program SAD-a. U ožujku je, temeljem ugovora s RAVAG-om (*Radio-Verkehrs-Aktiengesellschaft*, kompanija iz koje je, nakon mnoštva preustroja, 1958. nastao austrijski ORF), putem telefonske kabelske veze prenosio gala koncert iz Beča povodom 200 godina Beethovenove smrti. 11. listopada Radio Zagreb, uz Radio Varšavu, Beč i Prag, prenosi program iz Berlina. Takvi su prijenosi organizirani u sklopu UIR-a (*Union Internationale de Radiodiffusion*) koji je osnovan 1925., a u koji je Radio Zagreb primljen u ljeto 1928. te je u toj organizaciji predstavljao i druge radiopostaje u Kraljevini.

Zapravo se željelo reemitirati glazbeni program stranih radijskih postaja već 1926., ali je ta ideja strahovito uzrujala nadležno ministarstvo koje je zaprijetilo trenutnim prekidanjem rada i lividacijom društva ako bi, prenošenjem inozemnih programa, "vršilo saopštenja koja … deluju propagandno" odnosno "služe glorifikaciji tuđih političkih i sličnih aspiracija".

7. travnja 1927. emitirana je prva hrvatska radiodrama Vatra autora i redatelja Ive Šrepela. Tijekom ljeta ostvareni su izravni prijenosi nogometne utakmice, moto utrka i drugih sportskih događaja.

1927. Radio Zagreb je, prema BBC-evom uzoru, izgradio i "prenosivu kolibu" – kućicu za izravna javljanja reportera, osobito sa sportskih događaja.



Sl. 6. Prijenosna oprema za sportske prijenose koja je uglavnom nastala u radionicama Radio Zagreba; konkretna fotografija snimljena je prilikom prijenosa Moto utrka u Zagrebu 1927.

Kako se tada program radija još uvijek uglavnom slušao pomoću slušalica, tako je kavana Gundulić u Zagrebu, da bi pružila svojim posjetiteljima novu konkurentnu uslugu, na stolove uvela slušalice.

1928. ostvareno je emitiranje Radio Zagreba izvan Zagreba i to prvo iz Varaždina (Missa poetica Božidara Širole), a potom iz drugih hrvatskih gradova. Uvedeno je oglašavanje točnog vremena znakom iz Geofizičkog zavoda.

U razdoblju između 1926. i 1928. članovi Radiokluba bave se radiotehnikom i amaterski i profesionalno. 1928. odvaja se radioamaterstvo od profesionalne radiofonije.

1. travnja 1928. tvrtka Telefunken je udvostručila snagu odašiljača dodavanjem jedne elektronke RS15g. Sklopljen je novi ugovor, opširniji od onoga iz 1925., u kojemu je detaljan popis elemenata od kojih se sastoji antenski sistem, odašiljač i energetski dio. Vrijednost ukupne opreme je 1.550.000 dinara. Utvrđeno je da se govor, pjesma i glazba moraju razumljivo čuti u 17 sati na udaljenosti 300 km – bez zadovoljenja tog uvjeta gubi se pravo na koncesiju. Traži se emitiranje 150 minuta dnevno od čega 60 minuta "originalnih umjetničkih koncerata", a ne reprodukcija snimki s gramofona. Pola sata dnevno odašiljačem može besplatno raspolagati država. Društvo dobiva 60% pretplate Zagrebačke direkcije i Vrbaske oblasti od Sarajevske direkcije.

U svibnju 1931. Radio Zagreb je povodom pete godišnjice početka emitiranja ostvario izravni prijenos gala koncerta iz Hrvatskog glazbenog zavoda koji su preuzeli i uživo emitirali Radio Budimpešta, čehoslovačke radijske postaje, Radio Ljubljana i Radio Beograd.

Na temelju mjerenja profesora **Miroslava Plohla** malim odašiljačem na raznim lokacijama u okolici Zagreba s nekoliko prijemnika na raznim točkama u Zagrebu izabrana je nova lokacija za radijski odašiljač u selu Otok južno od Save. 1932. započela je gradnja nove zgrade za odašiljač koji je preseljen 1934.

1932. Radio Zagreb uređuje prostorije iznad kina Luxor u Nikolićevoj (danas Teslinoj) ulici broj 7 i kao studio koristi dvoranu u vlasništvu tvornice gramofonskih ploča *Edison-Bell-Penkala* u večernjim satima, kada je diskografska tvrtka ne koristi. Početkom 1933. Radio Zagreb preuzima dvoranu u cijelosti i preuređuje je u studio veličine oko 8 x 20 x 5 m. Akustička obrada sastojala se od teških zavjesa od kvalitetnih materijala. Snimanja u novom studiju započela su 1934. Prema svratištu odnosno restoranu istog naziva taj je studio bio poznat kao dvorana Janje. Novi studio omogućio je izvedbe djela s većim brojem izvođača te znatno poboljšanje tonskog oblikovanja i režiranja emisija. Pozornica Koncertne dvorane Istra u istoj zgradi korištena je za snimanje glazbe koju su izvodili veći sastavi, pa i operne i operetne izvedbe.

U studiju je korišteno modularno tonsko mješalo s mono modulima tvrtke Siemens WSW iz Beča. Isto je mješalo "doživjelo" da mu se puno godina kasnije dodaju i stereo moduli. Zbog nestabinosti mrežnog napajanja, tonski uređaji bili su napajani preko stabilizatora napona, a obavezno su bili prisutni instrumenti za mjerenje napona i frekvencije mreže.[izvor: prof. dr. sc. Branko Somek]

U studio je zagrebačko predstavništvo nizozemske tvrtke Philips, radi demonstracije njihove tehnologije, mogućnosti i kvalitete, postavilo stroj za urezivanje zvuka na "meke ploče" kako bi zainteresirala Radio Zagreb za njegovu kupovinu. Do kupovine nije došlo, ali se uređaj dalje koristio u nekoj vrsti najma. Nakon lakira-

nih aluminijskih ploča korištene su kvalitetnije francuske ploče Piral s manje šuma. Prema pričanju inženjera Vjekoslava Mužinića, strojem je upravljao Philipsov tehničar Palfy.[10]

22. lipnja 1934. u 18:00 sati obavljen je prvi radio prijenos iz Osijeka za Radio Zagreb, Ljubljanu i Beograd. Drugi prijenos iz Osijeka trajao je cijeloga dana 7. srpnja 1935.

1934. preseljen je odašiljač snage 750 W s Gornjeg grada u Otok. Međutim, od 1937. traže se mogućnosti za izgradnju novoga, jačeg odašiljača.

1939. Radio Zagreb nabavlja prva kola za prijevoz terenske opreme, zvali su ih "prijenosna kola". Terenska je oprema u to doba bila glomazna i skromna. Nije bila organizacijski zasebna ekipa za terenski rad, nego su te poslove obavljali isti tehnički radnici koji su radili u studijima.

1. svibnja 1940. Vlada Banovine Hrvatske je nacionalizirala imovinu dioničkog društva Radio Zagreb te je od tadašnjeg dioničkog društva otkupljena sva oprema u tadašnjoj protuvrijednosti od 38.000 dolara i Radio predala Ministarstvu pošta, telegrafa i telefona, ali i omogućila nabavu novih uređaja te, početkom studenoga, preseljenje u novu zgradu. Izgrađen je privremeni odašiljač s više stupnjeva visokofrekventnog pojačanja, uzbuđivan kvarcnim oscilatorom i moduliran na trećoj rešetki izlazne pentode. Novi je odašiljač izradilo osoblje radio stanice. Proradio je 30. lipnja 1940. U rujnu je dograđen novim Telefunkenovim pentodama RS384 sa 400 W izlazne snage. Elektronske cijevi su napajane izravno iz mreže izmjeničnom strujom, a ostale elektroničke komponente preko ispravljača, pa su iz pogona uklonjene akumulatorske baterije i cijeli je sustav postao stabilniji i sigurniji.[10][prof. dr. sc. Branko Somek]

Dislociranost odjela Radio Zagreba na tri adrese: u staroj zgradi na Radićevom trgu (Markov trg preimenovan nakon atentata na Stjepana Radića), u studiju u Nikolićevoj ulici br. 7 te dio uredskih prostorija u Berislavićevoj, stvarao je operativne probleme u radu pa je projektiran novi Radio dom s namjerom preseljenja u zgradu na Mažuranićevom trgu.

13. srpnja 1940. Ministarstvo PTT oglasilo je natječaj za nabavu dva nova odašiljača od 120 kW, jedan od njih za Radio Zagreb, na koji su se javile tvrtke Telefunken i Lorenz. Međutim, kako je rok isporuke bio 12 mjeseci, rat je omeo kako nabavu tih odašiljača tako i ostale projektirane opreme u planiranim studijima.

Upravni odbor Radio Zagreba donio je u rujnu 1940. odluku o privremenom preseljenju u zgradu u Vlaškoj 116.

Prostori u Vlaškoj su bili uređeni i preseljenje svih odjela Radio Zagreba provedeno je tijekom studenoga 1940. U novoj zgradi uređena su tri akustički obrađena studija: gramofonsko-spikerski, mali i veliki koncertni, te svi drugi potrebni prostori. Za te potrebe izrađena su nova pojačala u vlastitoj radionici. Na staroj adresi u Radićevoj ostao je stari studio ali samo za najave, predavanja i emisije s gramofonskih ploča.

Ugradnjom elektronske cijevi Telefunken RS 224g iz nikada upotrijebljenog telegrafskog dugovalnog odašiljača iz Drniša, kojega je Ministarstvo PTT-a dalo na upotrebu Radio Zagrebu, snaga odašiljača u Otoku podignuta je 7. studenoga 1940. na 2 kW. U ispravljaču visokog napona upotrijebljene su Tungsramove elektronske cijevi V300/15000. Potom su od Telefunkena naručene nove 20 kW elektronske cijevi RS 255g za izlazni stupanj, a u očekivanju isporuke pribavljena je još jedna elektronska cijev iz Skopja poput one iz Drniša pa je 12. ožujka 1941. odašiljač proradio snagom od 4,5 kW.[10]

Članovi Tamburaškog orkestra i Plesnog orkestra postali su stalni zaposlenici radiopostaje.

4. Razvoj radija u Hrvatskoj od 1941. do 1990.

4.1 Političke i ekonomske okolnosti u Europi, Jugoslaviji i Hrvatskoj

27. rujna 1940. Njemačka, Italija i Japan sklapaju vojno-politički savez poznat kao Trojni pakt. Nakon Mađarske, Rumunjske, Slovačke i Bugarske 25. ožujka 1941. pristupa mu i Kraljevina Jugoslavija, što je naišlo na široko protivljenje građana Jugoslavije. 27. ožujka u masovnim demonstracijama u Beogradu srušena je vlada Cvetković-Maček. Ban Banovine Hrvatske dr. Ivan Šubašić donio je naredbu kojom se zabranjuje slušanje radiostanica "nama neprijateljskih država odnosno uopće slušanje našoj državi neprijateljstke propagande", a svi vlasnici javnih lokala moraju predati radio-aparate pod prijetnjama strogih kazni. Hitler 6. travnja napada Jugoslaviju. Sljedećih dana radijski se program sastojao samo od glazbe i znakova za uzbunu. 10. travnja putem Radio Zagreba proglašena je Nezavisna država Hrvatska (NDH).

10. srpnja 1943. anglo-američke snage izvode desant na Siciliju i 25. srpnja pada vlada Benita Mussolinija. 8. rujna Italija potpisuje kapitulaciju i prelazi na saveznicku stranu. 29. studenoga 1943. na Drugom zasjedanju Antifašističkog vijeća narodnog oslobođenja Jugoslavije (AVNOJ-a) uspostavljena je nova Jugoslavija "kao državna zajednica ravnopravnih naroda". 6. travnja 1944. anglo-američke snage iskrcale su se u Normandiji i do sredine rujna oslobodile Francusku, Belgiju i Luksemburg te krajem ožujka 1945. izbile na Rajnu. Crvena armija SSSR-a u dru-

goj polovici 1944. zauzima Rumunjsku, Bugarsku, istočnu Mađarsku te zajedno sa NOVJ oslobađa Beograd, Vojvodinu, Baranju i Međimurje. U siječnju 1945. zauzimaju Istočnu Prusku, oslobađa Varšavu i druge dijelove Poljske i ostatak Mađarske te u travnju zauzima Beč i zapadne dijelove Čehoslovačke. Konačno, Njemačka 8. svibnja 1945. prihvaća bezuvjetnu kapitulaciju.

25/26. listopada 1944. Narodnooslobodilačka vojska Jugoslavije (NOVJ) je oslobodila Split, 20. listopada Zadar. 7. ožujka 1945. Tito je sastavio vladu Demokratske Federativne Jugoslavije koju su priznale Velika Britanija, SAD i SSSR. 20. ožujka JA počinje operacije oslobađanja bosanskohercegovačkoga, hrvatskoga i slovenskoga teritorija. 12. travnja probila je Srijemsku bojišnicu i prešla Dravu. 14. travnja oslobođen je Osijek. 24. travnja JA se iskrcava u Istri. 30. travnja Jugoslavenska armina (JA) počinje borbu za Trst koji 2. svibnja zaposijeda. 8. svibnja JA oslobađa Zagreb.

Početkom svibnja 1945. veći dio oružanih snaga NDH, ali i drugih postrojbi, vojnika i civila povlače se prema austrijskoj granici s namjerom da se u Bleiburgu predaju britanskim snagama. 15. i 16. svibnja 95.000 vojnika NDH, slovenskih domobrana te crnogorskih i srpskih četnika predalo se Jugoslavenskoj armiji. Dio zarobljenika pobijen je blizu Dravograda, Maribora i u drugim slovenskim mjestima. Pred preživjelima su bili dugi "marševi smrti", poznati kao križni put.[11]

Nakon prvih poratnih izbora 11. studenoga 1945. KPJ je zadržava vlast i uspostavila jednopartijski režim.[12] 29. studenoga proglašena je Federativna narodna republika Jugoslavija (FNRJ). Tito je imenovan za premijera. U početku su odnosi sa SAD-om i Velikom Britanijom bili loši zbog ugovora o prijateljstvu i uzajamnoj pomoći koji je Jugoslavija potpisala sa SSSR-om te ulaska JA u Julijsku krajinu i Koruško, te zbog napete situaicje oko Trsta. U veljači 1947. Jugoslavija je potpisala mirovni ugovor s Italijom kojim su Jugoslaviji pripali Istra, Rijeka i sva područja Dalmacije koja su ranije sporazumima u Rapallu i Rimu bila priznata Italiji.

1948. dolazi do sukoba između Tita i Staljina te naglog prekida dobrih odnosa između Jugoslavije i SSSR-a, što jako odgovara Velikoj Britaniji, SAD-u i ostalim zapadnim zemljama koje Jugoslaviju zbog toga u 1950-tima bogato nagrađuju, između ostaloga financiranjem i suradnjom u znanstvenom i tehnološkom razvoju. Pokreću se velike investicije, osnovan je Institut Ruđer Bošković, Tehnički se fakultet dijeli na Arhitektonsko-građevinsko-geodetski, Strojarsko-brodograđevni, Kemijsko-prehrambreni i Elektrotehnički fakultet, utemeljen je Leksikografski zavod, osnovan Tehnički muzej u Zagrebu, proradila su mnoga nova kazališta. Pokrenuta je izgradnja i opremanje prostora za te znanstvene i kulturne institucije.

No, krenule su unutarnje razmirice. Na vidjelo su izašle s Novosadskim dogovorom 1954. o srpskohrvatskom jeziku kao reakciji na pripravljanje novoga hrvat-

skog pravopisa Hrvatskog filološkog društva iz Zagreba, što je zapravo bilo u skladu s odlukama AVNOJ-a. Na to je 1967. veći broj hrvatskih javnih i kulturnih djelatnika odgovorio Deklaracijom o nazivu i položaju hrvatskog književnog jezika. Uz kulturna i jezična razilaženja i reformna gibanja, a u ozračju povećanja slobode medija i saznanja o inozemnim društvenim kretanjima, uskoro su se pokazala i ekonomska razilaženja, pa je najprije 1968. došlo do studentskih demonstracija u Hrvatskoj, a zatim 1970/71. do Hrvatskog proljeća. Ponovo se dogodio val kulturne demokratizacije i kreativnosti. Dotadašnje potiskivanje i delegitimiranje hrvatskog identiteta dobilo je reakciju s jakim nacionalnim obilježjima. Tito u srpnju 1971. od Saveza komunista Hrvatske (SKH) traži mjere protiv "divljanja nacionalizma", a studentski štrajk u studenome daje mu povod za oštri rez. Sjednica Predsjedništva SKJ u Karađorđevu 1-2. prosinca rezultira ostavkama vodstva Centralnog komiteta Saveza komunista Hrvatske (CK SKH), uhićenjima studentskih lidera, više stotina osuda za političke prekršaje, čistkama više tisuća članova SKH te postavljanjem novoga vodstva SKH.[13]

1980. umro je drug Tito. Tako je priopćeno u elektroničkim medijima. Funkciju predsjednika preuzima kolektivno Predsjedništvo. Jugoslavenska federacija upada u duboku političku krizu. Inozemni krediti stižu na naplatu. Izbijaju radnički štrajkovi. Albanci na Kosovu žele odvajanje od Srbije. Republička vodstva se ponovo sukobljavaju oko brojnih pitanja, od uređenja države i pitanja političkog pluralizma do pitanja republičkih ekonomija i upravljanja financijskim tokovima. Nacionalna valuta munjevito devalvira. Ponovo se sukobljava srbijanska želja za unitarizmom sa željama ostalih nacionalnih cjelina za većom autonomijom u federaciji. Srbija 1989. ukida autonomiju Vojvodini i Kosovu i preuzima vlast u Crnoj Gori. Stvaraju se prve nekomunističke političke stranke. Prijelomni trenutak nastaje kada delegacije Slovenije i Hrvatske napuštaju Kongres Komunističke partije Jugoslavije (KPJ) u siječnju 1990. U republikama se održavaju višestranački izbori. U Hrvatskoj pobjeđuje nacionalna stranka koja, uz Sloveniju, pokreće zahtjeve za suverenošću i preustrojem Socijalističke federativne republike Jugoslavije (SFRJ) u konfederaciju.

Dakako da su sva ta politička i ekonomska gibanja imala golem utjecaj na status i upravljanje u Radio Zagrebu odnosno Radioteleviziji Zagreb.

4.2 Povezane industrije i visokoškolsko obrazovanje u Hrvatskoj

Jugoton

22. srpnja 1945. nacionalizirana je tvrtka Elektroton s cjelokupnom imovinom bivšeg dioničkog društva da bi 10. srpnja **1947**. Elektroton bio likvidiran i osnovana je tvornica gramofonskih ploča Jugoton sa sjedištem u Zagrebu, Ilica 213. Puni naziv tvrtke bio je "Tvornica gramofonskih ploča i pribora, te galanterije iz plastičnih

masa". Već prve godine proizvela je 33.000 gramofonskih ploča. Od 1956. proizvode 25-centimetarske ploče od vinila. 1957. započinje proizvodnja ploča od vinila, i to singlica na 45 okretaja u minuti te ploča produljene reprodukcije (*extended play,* EP) na 33 okretaja u minuti sa mikrobrazdama i dugosvirajućih (*longplay*) ploča. 1958. Jugoton je proizveo prvu ploču sa stereo zapisom zvuka. Od 23. listopada 1963. tvornica je smještena u novi pogon u Dubravi, opremljena tada najmodernijim uređajima i godišnje proizvodi 10 milijuna ploča. Tako je Jugoton postao najveći proizvođač gramofonskih ploča u Jugoslaviji i dao je velik doprinos hrvatskoj kulturi. U prvih 10 godina postojanja objavljuje 700 ploča vlastitog repertoara i 120 ploča stranih partnera RCA, Polydor i Decca sa snimkama tada najpopularnijih svjetskih izvođača. 1971. pokreće se proizvodnja glazbenih kaseta. 1. listopada 1991. Jugoton mijenja naziv u Croatia Records.

RIZ

1948. osnovana je dekretom Narodne republike Hrvatske tvrtka "Radio industrija Zagreb" (RIZ) s ciljem proizvodnje odašiljača za radiodifuziju, prvenstveno za potrebe Radio Zagreba. Tvrtka je bila pod državnom upravom. 1949. je za Radio Zagreb proizvela odašiljač snage 15 kW u srednjevalnom području. Prvi radioodašiljač "Učka" serijski se proizvodi od 1952. Uskoro se proizvodni program proširio na radijske (kasnije i televizijske) prijemnike, gramofone, zvučnike, elektroničke komponente i vojne radiouređaje. RIZ je preuzeo izradu većih serija mikrofonskih, odjelnih i pojačala snage prema prototipovima koji su proizvedeni u radionicama Radio Zagreba. Od 1960., uz vlastita istraživanja i razvoj, RIZ počinje proizvodnju odašiljača velike snage, pa tako za Radio Ljubljanu isporučuje srednjevalni odašiljač snage 100 kW, a za Radio Beograd srednjevalni odašiljač 2x200 kW. Ohrabren tim uspjesima RIZ nudi svoje proizvode i na međunarodnom tržištu. 1968. isporučuje odašiljač snage 2x500 kW za All India Radio te 2x50 kW i 2x300 kW za West German Radio Broadcasting Network uz posredovanje Siemensa.

Obrazovanje

1. listopada 1954. osnovan je Zavod za elektroakustiku u sklopu Tehničkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Osnivač i dugogodišnji predstojnik Zavoda bio je prof. dr. sc. **Tihomil Jelaković**. 1956. Tehnički se fakultet dijeli na četiri fakulteta, među njima i Elektrotehnički (ETF) u sklopu kojega Zavod nastavlja djelovanje. Nakon smrti prof. Jelakovića 1978. godine, vođenje Zavoda preuzimaju njegovi tadašnji suradnici prof. dr. sc. **Miroslav Gregurić**, prof. dr. sc. **Ivan Jelenčić** i prof. dr. sc. **Branko Somek**. Sve generacije studijskih programa (ETF2 sa smjerom Elektronika, ETF3 sa smjerom Radiokomunikacije, ETF4 sa smjerom Radiokomunikacije i profesionalna elektronika te FER1, FER2, FER3) kao i usklađivanje s Bolonjskim

procesom uvažavale su potrebu za inženjerima i stručnjacima specijaliziranim za radiotehniku, akustiku i elektroakustiku bez čega razvoj javnog radija u Hrvatskoj ne bi bio moguć.

1954. osnovan je Zavod za emisione uređaje na Tehničkom fakultetu. Osnivač i prvi predstojnik Zavoda bio je dr. sc. **Roman Galić**, zaposlenik Radiotelevizije Zagreb i honorarni nastavnik Fakulteta. Prof. Galić je uveo predmet *Emisioni uređaji i UKV tehnika* te je petnaestak godina bio spona između Zavoda i Radiotelevizije Zagreb. 1960-tih Zavod je surađivao s Radiotelevizijom Zagreb na pokretanju televizije i projektiranju odašiljačke mreže, a s Institutom za elektroniku, telekomunikacije i automatizaciju razvio je prototip mikrovalnog radio-relejnog uređaja u valovodnoj tehnici, prvi takav u Jugoslaviji. Sljedeći predstojnik bio je prof. dr. sc. **Zlatko Smrkić**, koji je također prilikom uvođenja televizije u Hrvatskoj bio suradnik Radiotelevizije Zagreb i bitno je utjecao na obrazovanje prvih tehničkih kadrova za televiziju. Danas zavod nosi naziv Zavod za radiokomunikacije.[8]

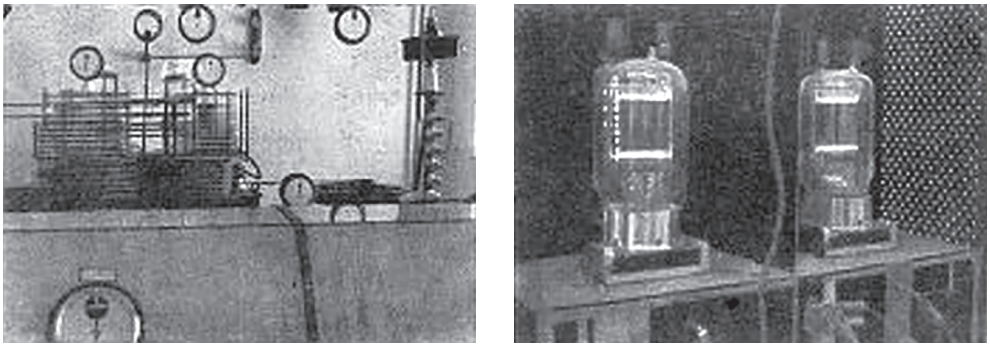
4.3 Put Radio Zagreba i pokretanje drugih radijskih postaja u Hrvatskoj

6. travnja 1941. spiker Radio Zagreba izgovorio je riječi "To nisu vježbe, to je ozbiljno, to je rat." Simbolički, u tom trenutku došlo je do preokreta u razvoju radija. Do toga vremena prioritet u informiranju građana imao je tisak. Štoviše, tiskovni nakladnici činili su sve da taj prioritet i zadrže, pa su širom Europe nastojali spriječiti da radio objavljuje vijesti prije izlaska tiskovnih izdanja. Iako se već ranije pokazalo da je brzina kojim radio može informirati građane o kritičnim događajima izuzetno važna (primjer BBC-a i općeg štrajka 1926. godine), ratna situacija omogućila je radiju da pokaže svoju punu snagu i svrsishodnost.

Tijekom travnja 1941. Radio Zagreb je odlukom Ministarskog vijeća NDH stavljen pod nadležnost Državnog tajništva za prosvjećivanje, a službeni naziv mu postaje Državna radiopostaja Zagreb, koji se kasnije mijenja u Državna krugovalna postaja Zagreb. Za ravnatelja je postavljen Radovan Latković. 13. lipnja izlazi prvi broj *Hrvatskog radio lista*. Latković piše uvodnik u kojemu, među ostalim, stoji: "Radio postaja više nije privatna, trgovačka ili društvena ustanova koja se brine da njezini slušatelji, njezini pretplatnici, dobiju ugodnu zabavu, razonodu i da budu zadovoljni. Državna radio postaja Zagreb postaje opće narodna ustanova i ona ima služiti velikim historijskim opće narodnim ciljevima."[14]. Kasnije je list dobio naziv *Hrvatski krugoval* i izlazio je do travnja 1945. U listu se 1941. navodi da radijska postaja raspolaže prostorom koji se sastoji od "tri velike dvorane za izvedbe i jedne sobe za najavljivanje programa. Upotrijebljeni su samo najmoderniji kondenzatorski i kristalni mikrofoni (…) koji šalju glazbu i govor odašiljaču preko Save."[14] Na zagrebačke trgove postavljaju se zvučnici kako bi što veći broj građana mogao čuti program radio postaje.

Sredinom 1941. započelo je emitiranje ilegalne antifašističke radijske postaje koja se, zbog sigurnosti, stalno premještala i iz improviziranih prostora emitirala neredovito.

1. siječnja 1942. odašiljač radio postaje Zagreb na Otoku je pojačan na 10 kW, a dnevno emitiranje, koje je započinjalo 6:30, s pauzama 10:20 do 12:00 i 16:00 do 17:00 produženo je do 23:00. Od 1942. odlučeno je da se svaki tjedan emitiraju dramske izvedbe, a vijesti su se emitirale na čak sedam stranih jezika. Uvedena su predavanja o jeziku, književnosti, gospodarstvu, povijesnim i sportskim prilikama. 1943. radiopostaja je emitirala 3000 sati programa, a imala je 60 tisuća pretplatnika.



Sl. 7. Izlazni stupanj odašiljača snage 10 kW iz 1942.

Na zasjedanju, koje je od 3. do 5. lipnja 1942. godine održano u Ouchyu pokraju Lausanne, Hrvatski je krugoval postao djelatni član Međunarodne unije za radiofoniju IBU/UIR što je zapravo drugo primanje hrvatskog radija u tu organizaciju nakon prvog 1928.

Prvi magnetofon radio postaje Zagreb nabavljen je 1944. od njemačke tvrtke AEG. 9. studenoga 1944. emitirana je prva dramska emisija snimljena magnetofonom – komedija Momak od oka, Fritza Petera Bucha. Studio u Vlaškoj raspolaže gramofonima i tonskim mješalima te drugom opremom uglavnom nabavljenom iz Austrije, Njemačke i Nizozemske.



Sl. 8. Zgrada i glavna režija u Vlaškoj 116 [izvor: hrt.hr] te prvi magnetofon nabavljen 1944.

Kako se zbog prirodnih prepreka (Učka, Velebit, Dinara, Biokovo) postaja Zagreb nije mogla čuti na cjelokupnom prostoru NDH, Hrvatski krugoval dobio je zadaću pokretanja područnih postaja u Dubrovniku, Sarajevu, Banjoj Luci i Osijeku te uspostavljanja mreže.

24. travnja 1941. jedan mikrofon i zvučnik postavljeni su u palači Sponzi u Dubrovniku odakle su objavljivanje dnevne vijesti i obavijesti. Početkom ožujka s palače se začula melodija "Oj more duboko" koja je označila početak rada Državne krugovalne postaje Dubrovnik. Prema shemi koju je izradio Šime Torbarina tehničar **Vinko Cvjetković** izradio je od dostupnog materijala mali odašiljač snage 10 W preko kojega je postaja 16. ožujka 1942. puštena u probni rad emitiranjem strane glazbe s gramofonskih ploča. 9. travnja 1942. službeno je otvorena Državna krugovalna postaja u Dubrovniku tako što je pred njezinim mikrofonom otpjevana hrvatska državna himna. Emitiralo se preko odašiljača snage 250 W šest sati na dan. Prostorije Krugovalne postaje Dubrovnik bile su u Klubu pomoraca na dubrovačkoj Peskariji. Krugovalna postaja Dubrovnik odmah je postala dijelom nacionalne radijske mreže u kojoj je obavijesno-politički program oblikovan prema konceptu Državnog zavoda za krugovalnu službu. Neke su se govorne emisije snimale u zagrebačkom studiju i slale u Dubrovnik, Osijek, Sarajevo i Banju Luku.[15]

Nakon kratkog prekida, 18. listopada 1944., na dan oslobođenja Dubrovnika, postaja ponovo emitira od 19 do 21 sat. 21. listopada stanicu je preuzeo Propagandni odjel Okružnoga narodnooslobodilačkog odbora te je ponovo neredovito emitirala 5-6 dana iz Lučke kapetanije u staroj luci uređajima koji su ostali sačuvani. Ponovo je obustavljen rad, a svi namještenici stavljeni na raspolaganje Okružnom NOO-u Dubrovnik.[16]. U siječnju 1945. postavljen je odašiljač snage 800 W te se od 31. siječnja nastavlja redovito emitiranje. Za direktora je postavljen don Ante Slacan, a šef tehnike bio je Vinko Cvjetković.[15]

Državni zavod za krugovalnu službu Hrvatski krugoval u Zagrebu izabire Osijek za sjedište pokrajinske krugovalne postaje. U lipnju 1942. osiguran je prostor u privatnoj kući u Županijskoj ulici broj 17. Nabavljena je radiodifuzna oprema, a osječka je Ispostava Glavnog ravnateljstva za promidžbu otkupljivala i posuđivala gramofonske ploče od građana. Prvi se puta Radio Osijek eksperimentalno oglasio 26. siječnja 1943. Od proljeća 1944. program je emitiran na valnim dužinama 241,9 m i 1240 kHz i to radnim danom od 13 do 14 sati te 18 do 21:30, a nedjeljom od 12 do 15 sati te od 17:30 do 22:20.[17] Prvi odašiljač bio je snage 200 W. [14]

Poslije oslobođenja, 14. travnja 1945. oglasio se Radio Osijek riječima "Smrt fašizmu, sloboda narodu", a od 16. svibnja počinje redovito emitiranje. 1946. se uselio u nove prostorije i produljeno je vrijeme emitiranja. Sredinom šezdesetih godina pojavljuju se prvi uređaji za snimanje, prvo glomazni, a krajem desetljeća i prijenosne Nagre.[17] Prema Vojku Trsu 1963. Osijek emitira odašiljačem snage 2 kW.[18]

Radio Split prvi puta se oglasio 22. travnja 1945. iz vile *Dekaris*. Međutim, po završetku Drugoga svjetskog rata sva oprema je otpremljena u Zagreb, pa je ponovno emitiranje započelo 28. srpnja 1954. putem srednjevalnog vojnog odašiljača na Hvaru. Splitski program u trajanju tri i pol sata na dan u jutarnjim satima stvarao se u vili *Ruža* na Mejama. Ostatak dana emitirao se program Radio Zagreba.[19] Radio Split je 1962. postao samostalna radio-difuzna ustanova. Emitira vlastitim odašiljačem snage 2 kW i stvara svoju dopisničku mrežu u Dalmaciji. 1966. postaje radna jedinica Radio Zagreba. 1968. dobiva novu zgradu i opremu.[5] 1970-tih Radio Split počinje emitirati na UKV frekvencijskom području. Organizacija VIII. Mediteranskih sportskih igara u Splitu 1979. rezultirala je i izgradnjom zgrade za radio i televizijski centar na Mažuranićevom šetalištu. Nakon postavljanja odašiljača na Biokovu, Labinštici i Vidovoj gori, što je omogućilo čujnost Radio Splita u cijeloj Dalmaciji, 1983. program se produžuje na 5 sati dnevno, a od 1990. na 10 sati dnevno.[19]

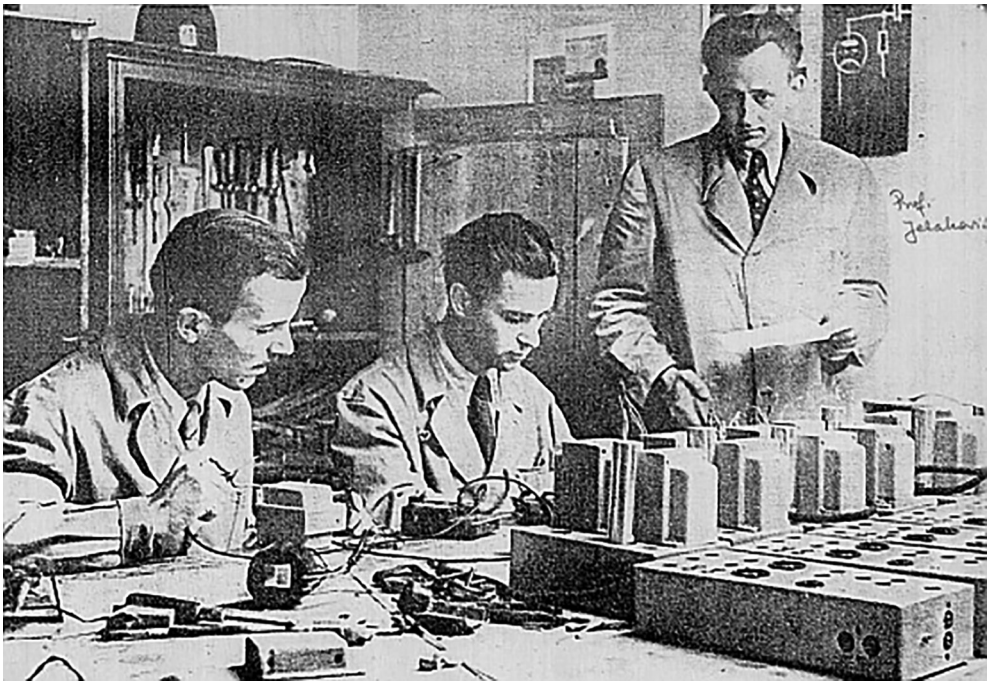
U programu zagrebačke radio stanice je 8. svibnja 1945. izgovoreno "Ovdje Radio Zagreb. Pozor, pozor! … Nakon četiri godine fašističke strahovlade, glavni grad Hrvatske oslobođen je od njemačkih i ustaških bandita. Jedinice Jugoslavenske armije ušle su u grad…". Tome je prethodila posebna bitka za očuvanje opreme i sustava za emitiranje koju su, protiv naoružanih vojnika bez vodstva i pljačkaša u općem neredu 6. i 7. svibnja, vodili sami zaposlenici radio-stanice, pri čemu je smrtno stradao tehničar **Nikola Bartoš**. Na odašiljaču Otok u to vrijeme radio je voditelj Odsjeka za visokofrekvencijsku tehniku inž. **Vjekoslav Mužinić**, te glavni tehničar Vilko Petera i tehničari Jakob Munda, Milan Lorencin, Vjekoslav Kunst, Maksimilijan Batinić, Ivo Plejić, Milko Knežević. Odsjek za niskofrekvencijsku tehniku vodio je inž. **Tihomil Jelaković**, a Zajedničku tehniku inž. **Roman Galić**. 8. svibnja je oko 13:15 u Vlašku javljeno da je odašiljač preko Save osiguran te je odmah potom emitirana citirana rečenica. Oko zgrade radija u Vlaškoj borbe su se vodile do večeri. Od 9. svibnja radiopostaja je nastavila s redovitim emitiranjem pod nazivom Radio Zagreb.[5]

22. srpnja 1945. proradila je stanica smještena na 4. katu zgrade na južnoj strani dvorišta kuće na Jelačićevom trgu br 15 gdje su se nalazili studio, mali odašiljač i antena. Stanica se oglasila pod nazivom Radio Zagreb II, a upravnica je bila Laura Sabol.

Radio Rijeka oglasila se 16. rujna 1945. iz Voloskog na valnoj duljini 349 m putem odašiljača snage 10 W (prema Listu Radio Zagreba od 15. svibnja 1986. 20 W). Uskoro je postaja preseljena u Dom kulture na Kozali gdje su uređene spikerske kabine, a donesen je i 70 kg teški magnetofon na žicu, ratni trofej. Sredinom veljače 1946. stari je odašiljač zamijenjen drugim snage 70 W marke Rudman. Prema nekim svjedočenjima signal toga odašiljača mogao se pratiti u Istri i Hrvatskom primorju pa čak i do Kaira. Prvi izravni prijenos ostvaren je 23. listopada 1946.

prilikom otvaranja Mosta bratstva i jedinstva na današnjem Titovom trgu. Inspiriran tim događajem urednik programa na talijanskom jeziku Oskar Pilepić napisao je radio dramu "Il ponte". Uskoro se osniva vlastiti zbor i orkestar te se prenose koncerti iz kazališta. Prve sportske prijenose obavljao je izvjestitelj **Josip Đurić** uz pomoć tehničara **Janka Horvata**. Prvih poslijeratnih godina u tom području nije se čuo Radio Zagreb, pa su građani rado pratili program Radio Rijeke kao jedini program na hrvatskom jeziku koji su mogli primati.[20]

Još 1942. Državnoj krugovalnoj postaji Zagreb dodijeljena je zgrada u Šubićevoj 20 [izvor: prof. dr. sc. Branko Somek]. 30. ožujka 1946. otvoren je u Zagrebu studio Lenjin u dvorištu te zgrade. Arhitektonsko uređenje, koje je obuhvaćalo veliku dvoranu, predvorje, prostorije iza pozornice i podruma ispod njih, projektirao je čehoslovački arhitekt **Hinko Vihra**. Akustiku toga studija uredio je inženjer **Tihomir Jelaković**, kasnije sveučilišni profesor, osnivač i predstojnik Zavoda za elektroakustiku. Oprema je prenesena s lokacije u Vlaškoj ulici, a dodatna oprema razvijena je i proizvedena u vlastitoj radionici u teškim uvjetima i uz nedostatan materijal. Tako tehničar **Branko Čižmeković** bilježi da su srednom 1948. počeli izrađivati mikrofonska i odjelna pojačala, a kasnije pojačala snage i modulometre.[5]



Sl. 9. Izrada pojačala u vlastitoj radionici; lijevo sjedi Branko Čižmeković; desno stoji Tihomir Jelaković





Sl. 10. Magnetofoni 1947. i tonsko mješalo 1960. u Šubićevoj 20

1. svibnja 1947. Radio Zagreb se emitira s novim antenskim sistemom i odašiljačem snage 20 kW. Odašiljač je bio izrađen od postojećeg materijala u radionici Radio Zagreba.

1948. je proizveden prvi jugoslavenski radijski prijamnik "Kosmaj". Iste godine na Zagrebačkom velesajmu sudjelovao je Radio Zagreb izlažući režijski tonski pult, pojačala, zvučnike i kontrolne zvučničke ormare koje je sam proizveo.[14]



Sl. 11. Terenska ekipa s magnetofonom AEG i tonskim mješalom

Nakon raskida odnosa između Jugoslavije i SSSR-a 1948. došlo je do poteškoća zbog prekida već započete dobave i montaže materijala iz firme "Standard". Dobava odašiljača trebala se realizirati 1949. do kraja 1950.

U ljeto 1949. na državnoj je razini odlučeno da se pokrenu investicije u svim glavnim radio stanicama, uključujući i Radio Zagreb. Odabrana su dva ključna projekta: izgradnja zgrade i infrastrukture za budući snažni odašiljač u Deanovcu te preuređenje objekta u Šubićevoj 20 zbog teških radnih uvjeta u Vlaškoj. U Šubićevoj su igrađena tri studija za snimanje radio-drama: jedan posve akustički prigušen koji će oponašati otvoreni prostor, jedan veliki s pomičnim plohama na zidovima radi promjenjivih akustičkih svojstava, te jedna "komora za jeku", komora s povećanim odjekom kojom će se postizati dojam velikog zatvorenog prostora. Kako je odječna komora bila u podrumu, mogla se koristiti samo noću kada nije smetala buka tramvaja. Uz spikerske uređena su tri govorna studija. Uz veliki koncertni studio Lenjin uređena su još dva za manje, komorne glazbene sastave. Određene su dvije prostorije za gramoteku, posebnim liftom povezane s Glavnom režijom, a uređene su i kabine za preslušavanje gramofonskih ploča i pozicioniranje određenih mjesta u snimkama. Iz Glavne režije reproduciraju se snimke s magnetofonskih vrpci. Određena je prostorija i funkcija Centrale vodova zadužene za "davanje i primanje programa". Radovi na uređivanju prostora u Šubićevoj završavali su se 1950.

1951. Radio Zagreb seli brojne programske i administrativne službe, do tada razbacane na adresama Vlaška 116, Šubićeva 64, Trg Republike 15, Preradovićev trg 10 i Jurišićeva 10, u Jurišićevu 4 gdje će mu sljedećih 40 godina biti sjedište. U Jurišićevoj je bila smještena Fonoteka te informativni program i još nekoliko redakcija. Za potrebe emitiranja vijesti bio je uređen jedan spikerski studio iako se emitiranje zapravo odvijalo iz Šubićeve. Još neke redakcije bile su smještene u zgradama u Dežmanovoj 8 i 10. Fizička udaljenost redakcija od tehnoloških proizvodnih prostora desetljećima je predstavljala veliki problem.

1951. je utemeljen Komorni orkestar Radija Zagreb. 1957. je uglavnom iz sastava Komornog orkestra utemeljen Simfonijski orkestar RTZ-a.

1951. pod vodstvom Tihomila Jelakovića osnovan je odjel Niskofrekventni laboratorij. Kako je zbog financijske i političke situacije bilo gotovo nemoguće kupovati novu opremu iz inozemstva, konstruirani su i izrađivani vlastiti sklopovi i uređaji. Zbog sve veće količine audiooopreme i posla NF laboratorij 1968. mijenja ime u odjel Održavanje opreme, s odsjecima Mjerenja i popravci (godinama ga vodi **R. Devčić**) te Konstrukcije i montaže. Ti su odsjeci posebno do izražaja došli 1980-ih u uvjetima ekonomske stabilizacije, kad su zahvaljujući voditelju M. Krčmaru izrađeni mnogi sklopovi i uređaji za potrebe radijske tehnike.[3]

1951. gradi se Centrala vodova (kasnije Glavna režija) u Šubićevoj 20. U početku je bila namijenjena samo za prespajanje tonskih linija izvan radija, a s povećanjem broja radijskih studija i režija započelo je interno prespajanje. Osim tonskih linija prespajali su se i telefonski pozivi slušatelja, a dogovori za prespajanja četverožičnih tonskih veza obavljali su se većinom s pomoću induktora. Glavnina prespajanja tonskih veza provodila se ručno. Potrebna oprema (odjelna pojačala, mikrofonska predpojačala itd.) izrađivala se u NF laboratoriju Radio Zagreba.[3]

1951. organizacijski je osnovana Terenska ekipa Radio Zagreba. Prvi djelatnici bili su **S. Pećnik** (voditelj ekipe) i **S. Čović**. 1955. im se pridružuju **Joakim Kuspilić-Žaki** (koji postaje voditelj), **V. Remenar** i **V. Jurković**. Koriste se tonska mješala vlastite izrade. Magnetofon u dva dijela (posebno mehanika i elektronika, posuđivan je iz tonske režije studija) i terensko vozilo za prijevoz bili su donacija američke vlade.[3]

Početkom 1950-tih uveden je magnetofon kao glavno sredstvo za snimanje glazbenoga i dramskoga sadržaja. Za snimanje većih glazbenih sastava koristi se dvorana Istra u Teslinoj gdje je Radio Zagreb izgradio tonsku režiju s opremom za snimanje.

Tehnički odjel, kojim je od 1951. rukovodio **Trs** te inženjeri **Mužinić**, **Galić** i **Jelaković** bili su djelomično u Vlaškoj, djelomično u Šubićevoj 64 dok su se u Vlaškoj stalno nalazili studijski tehničari: Kopsa, Sarkany, Schuster, Meštrović, Lorencin, Čović. U uličnim lokalima i dvorišnim prostorijama Šubićeve 64 nalazile su se tehničke radionice u kojima su pod rukovodstvom inženjera Mužinića, Galića i Jelakovića izrađivani studijski uređaji i odašiljači, među ostalim i prvi odašiljač u Jugoslaviji snage 20 kW te tri odašiljača od po 1 kW za pokrajinske stanice Osijek, Rijeka i Dubrovnik. U radionicama odašiljača i studijskih uređaja radili su tehničari Picer, Pleić, Trs, Juzbašić, Hren, Hrbić, Čižmeković, Ivanec, Goldašić, Soklić, Bednjanec i tokar Šatrović.[21]

14. siječnja 1954. Izvršno vijeće Sabora SR Hrvatske svojim rješenjem broj 21409/54 u vezi sa članom 26. Osnovnog zakona o radio-difuznim ustanovama **osnovalo je ustanovu Radio-televizija Zagreb (RTZ)** sa sjedištem u Zagrebu kao samostalnu i samoupravnu radnu organizaciju. Utvrđeno je da Ustanova surađuje s jugoslavenskim radio-stanicama i televizijskim stanicama i s drugim srodnim organizacijama u programskim i ostalim poslovima od zajedničkog interesa. Ustanova surađuje i s inozemnim radio i televizijskim institucijama u programskim i drugim poslovima od zajedničkog interesa.[22]

1957. prvi frekvencijski modulirani (FM) ultrakratkovalni odašiljač (UKV) snage 1 kW proradio je na Sljemenu. Iste godine na Srđu je pušten u rad srednjevalni oda-

šiljač snage 2 kW za emitiranje Prvoga programa, a 1958. isti takav za emitiranje Drugoga programa Radio Zagreba.

1958. Radio Zagreb je nabavio prva reportažna kola, mali kombi Mercedes nazvan "Vepar", opremljena cijevnim tonskim stolom sa šest ulaza, dva poluprijenosna cijevna magnetofona i bežičnim mikrofonom, što je tada bila rijetkost.[3] U samim kolima nije se mogao obrađivati ton, nego se snimka s terena naknado obrađivala u tonskoj režiji.

1959. programi Radio Zagreba emitiraju se putem srednjevalnih odašiljača: Deanovac (135 kW), Učka (20 kW), Zagreb-Otok (2 kW), Hvar (50 kW), Osijek (2 kW), Dubrovnik (800 W) i Baške Oštarije (20 kW) te ultrakratkovalnih Sljeme (1 kW) i Psunj (0,25 kW).[23]

1960. Radio Zagreb je slušateljima demonstrirao mogućnosti stereo slušanja tako što je paralelno iskoristio kanal Radio Sljemena na 1.484 kHz i dodatnu frekvenciju na 1.412 kHz za prijenos lijevog odnosno desnog kanala. Na žalost, dojam stereo slušanja mogli su steći samo oni slušatelji koji su istodobno mogli ugoditi dva prijemnika na dvije različite frekvencije.

Od 12. lipnja 1960. Prvi program Radio Zagreba svakoga se dana emitira od 5:00 do 00:05. Kako je u ranijem razdoblju u jutarnjoj stanci Prvoga emitiran Drugi program Radio Zagreba, ali i zbog nemogućnosti kvalitetnog pokrivanja većeg dijela slušateljstva Drugim programom, a istodobno zbog poboljšanja pokrivanja teritorija Prvim programom, privremeno je prekinuto emitiranje Drugoga programa.

U novogodišnjoj noći 31. prosinca / 1. siječnja 1961. počela je emitirati radio stanica **Pula** iz improviziranog studija u potkrovlju osnovne škole na Monte Zaru preko odašiljača snage pola kilovata. Stanica je pokrenuta na inicijativu Narodnoga sveučilišta i uz stručnu pomoć V. E. Cenčića i nekoliko entuzijasta. Nešto kasnije proradio je odašiljač snage 2 kW.

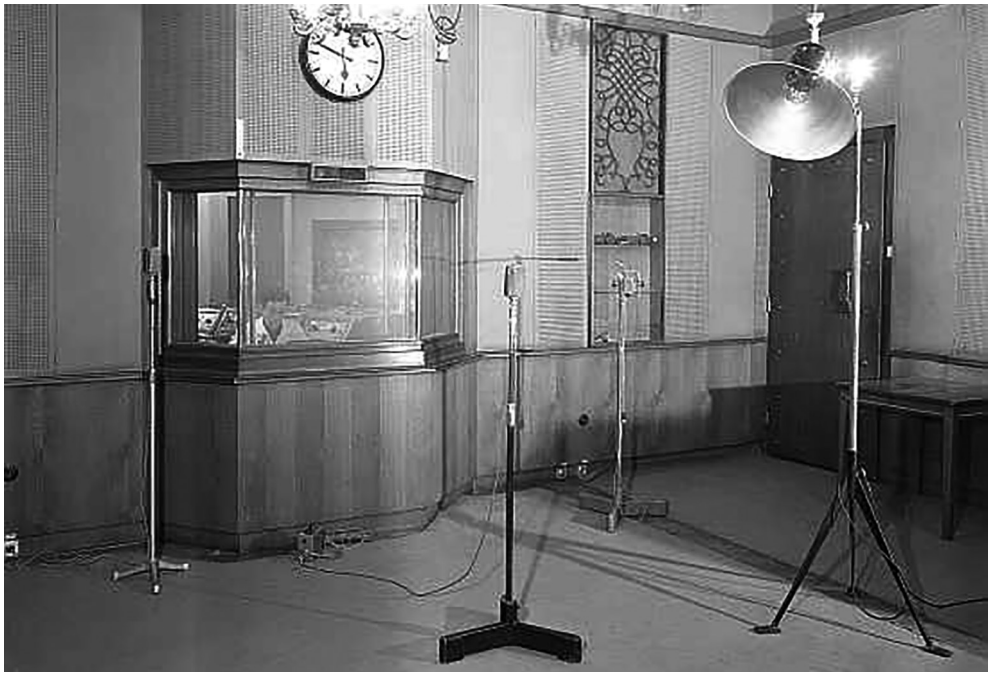
Nakon izgradnje produkcijskih kompleksa Jadranfilm i Jugoton u Dubravi 1963. Rado Zagreb koristi i njihove studijske prostore, opremljene suvremenom tehnologijom, za svoja snimanja. Koristi se i Glazbeni zavod s režijom u tonskim kolima.

1964. je Radio Zagreb, zahvaljujući Olimpijskim igrama u Innsbrucku, pribavio opremu po povoljnim uvjetima za opremanje studija u Šubićevoj i Jurišićevoj te Koncertne dvorane "Istra" u Teslinoj ulici.

Iste godine provedeno je programsko restrukturiranje Radio Zagreba te se od tada redovito emitiraju I., II. i III. program. Treći se program u početku emitira od 20:00 do 23:00 na frekvencijama Drugoga programa.[2][3]



Sl. 12. Režija u Radio Puli [izvor: hrt.hr]



Sl. 13. Radijski studio Radiotelevizije Zagreb 1960-tih

1965. utemeljena je Muzička produkcija sa zadaćom stvaranja, izvođenja i snimanja glazbe za potrebe radijskih i televizijskih programa, a u njen sastav ulaze svi radijski ansambli.

Ekipa inženjera terenske tehnike **Joakim Kuspilić** i **Velimir Cvitaš** te glavni stručni projektant i koordinator **Prosper Marič**ić (tada šef studijske tehnike Radija) je za postroj Mercedesovog kamiona projektirala kabinu u koju su ugradili opremu nabavljenu od dvadesetak različtih proizvođača. Kasnije se pridružila i inženjerka **Verena Šonc**. Ekipa je definirala smještaj uređaja i njihovo povezivanje. Ugrađeno je tonsko mješalo sa 18 mono i dva stereo ulaza, dva magnetofona, uređaji za obradu tona te energetski sklop za autonomni rad oko dva sata. Poseban zadatak bio je da kola omoguće prijenos putem UKV veza, i to čak i u pokretu, a morala su, za potrebe terenskog rada u posebnim uvjetima, osigurati i pohranu hrane i vode. Inž. Šonc i **Z. Majnarić** vodili su preuzimanja i izradu. Kola su završena u lipnju 1968. i odmah su poslana na zadatak realizacije Dubrovačkih ljetnih igara.



Sl. 14. Reportažna kola iz 1968. snimljena 1988.

Kola su bila opremljena malim FM odašiljačem snage 15 W za ostvarivanje prijenosa. Tim je odašiljačem 20. lipnja 1969. prvi puta iz kola eksperimentalno emitiran stereo signal s prijenosom koncerta iz Glazbenog zavoda. Daljnju brigu o kolima preuzeli su radnici terenske ekipe, prvi voditelj kola **Z. Majnarić** te **Zvonko Jurak** i **Stjepan Šunko**. U kola je kasnije ugrađen i radiotelefon Storno kojim se moglo bežično obavljati relefonske razgovore. U narednih 20 godina kola su realizirala brojne festivale, kongrese, mitinge, te političke i sportske manifestacije.[3][24]

Radio Zadar počeo je emitirati 20. listopada 1968., u prvoj godini eksperimentalno, a nakon toga putem odašiljača snage 10 kW dijeleći vrijeme emitiranja s Radio Zagrebom.

1969. pokrenuta je emisija "Taxi za Babilon" u kojoj je, radi komunikacije sa slušateljima uživo, uvedena telefonska dvosmjerna komunikacija iz studija.

15. svibnja 1969. u 12:02 po prvi puta je na UKV FM odašiljaču sa Sljemena emitiran stereo signal iz studija Radio Zagreba.

1960-tih i 1970-tih pojedina politička tijela i zajednice osnivaju lokalne radijske postaje u društvenom vlasništvu izvan sustava Radiotelevizije Zagreb. 1980-tih te se stanice uglavnom gase, ali niču nelegalne, "piratske".

Od 15. svibnja 1970. u Tovarniku je u pogonu RIZ-ov srednjevalni odašiljač snage 300 kW za Prvi program i 2 x 10 kW za Drugi program Radio Zagreba.

1971. u Hrvatskoj rade 23 UKV FM odašiljača smještena na 13 lokacija.

1972. odnosno 1973. nabavljena su tonska kola TK2 i TK3 sa sličnom opremom kao TK1.

1973. otvorena je Koncertna dvorana Vatroslava Lisinkog. Radio Zagreb uskoro počinje koristiti prostor dvorane i tonsku režiju za snimanja simfonijskog orkestra i drugih glazbenih sadržaja, pa prestaje potreba za dvoranom Istra koju se napušta 1975.



Sl. 15. Manja tonska kola iz 1973.

1976. Prvi program Radio Zagreba počinje emitirati 24 sata, a od 1977. na cjelodnevno emitiranje prešli su i II. i III. program te Radio Sljeme.[2]

1976. na području Republike Hrvatske radi 39 srednjevalnih odašiljača ukupne snage 626 kW i 22 VHF odašiljača i prijenosnika ukupne snage 159 kW.

1978. nabavljena su tonska kola TK4 s tada najmodernijim tonskim mješalom s 32 kanala. Zbog nemogućnosti investiranja i zamjene tehnologije, TK2, TK3 i TK4 radili su neprekidno do 2000-tih.

25. studenoga 1979. Radio Osijek u Tovarniku dobiva novi srednjevalni odašiljač snage 2x10 kW.

1979. se u Šubićevoj uređuje i oprema, a 1980. otvara novi studijski kompleks s režijom R4 za višekanalno studijsko snimanje. Ugrađeni su tonsko mješalo MCI JH-500 u "in-line" konfiguraciji, u tom trenutku jedno od najmodernijih mješala u svijetu s automatikom regulatora, i 24-kanalni magnetofon Studer A-80 MCH. U projektiranju režije i nabavi opreme sudjelovali su **Antun Buntak**, **Antun Krleža** i **Marko Topolnik.**[3]

Krajem 1970-tih Radio Zagreb počinje koristiti pokretne veze na frekvencijskom području 400 MHz. Uloga tih veza je da signal iz reportažnih kola prenesu do Glavne režije ili do najbližeg objekta Odašiljača i veza (OiV) koji je fiksnim vezama mogao dopremiti signal do Glavne režije. Uvođenje tih veza, koje mogu prenositi puni frekvencijski opseg radija do 15 kHz, učinjen je veliki kvalitativni pomak u odnosu na ranije telefonske veze kojima se ostvarivao opseg do samo 3,4 kHz. Prvi veliki događaj na kojemu su korištene bile su Mediteranske igre 1979. u Splitu. Koristi se oprema tvornice RIZ. Važnu ulogu u uvođenju tih veza imali su voditelji terenske ekipe V. Bedeniković i B. Rožman te tehničari D. Pavčec i I. Hribar.[3]

Krajem 1983. Radio Rijeka počinje emitirati program s odašiljača Mirkovica, pa se čujnost širi na područje Gorskog kotara, Ogulina, Karlovca, Zagreba te dijelova Slavonije. [3] Iste godine na Radiju Pula pušten je u rad veliki programski studio s 24-kanalnim mješalom za vlastitu glazbenu proizvodnju.

1987. u Šubićevoj u dvorišnom prostoru, na mjestu prijašnjega studija Lenjin, izgrađen je dotada najveći studijski kompleks za potrebe produkcije (prvotno također nazvan Lenjin, poslije Krešimir). Režija toga studija bila je opremljena tada najnovijom tehnologijom, 40-kanalnim tonskim mješalom tipa SSL 4040E, izvedenim u "in-line" konfiguraciji. Smatra se da je SSL serija 4000E transformirala diskografsku industriju i da se radi o seriji audio mješala na kojoj je širom svijeta snimljeno najviše glazbenih naslova ikada. Na mješalo je bio spregnut 24-kanalni magnetofon Studer A-800. Akustički dizajn, koji je projektirao inženjer **Ivan Stamać**, bio je



Sl. 16. Snimanje emisije u studiju 1984.

izveden u *Live and Dead* (LEDE) koncepciji. Probno se koristio DASH format i uređaj za snimanje finalnih stereo snimki čime se posebno bavio tonmajstor i inženjer **Radan Bosner**.



Sl. 17. Magnetofon Studer A800 s 24 kanala u studijskom kompleksu Krešimir



Sl. 18. Režija studija Krešimir; za pultom SSL 4040E sjedi inženjer i tonmjastor Mladen Škalec

1989. u Centrali vodova u Šubićevoj instaliran je automatizirani prespojni sustav TPS100 (300 ulaza × 300 izlaza), izrađen u NF laboratoriju Radio Zagreba pod vodstvom **Krešimira Jakupeka**. Korištenjem *Transistor to transistor logic* (TTL) integriranih krugova umjesto dotadašnjih releja, radnici NF laboratorija sami su projektirali i izradili ploče s elektroničkim sklopovima na kojima je jedan ulaz distribuiran na 99 izlaza te su sami riješili prespajanja prema shemi koja izbjegava nepotrebne veze. Također su izrađena ulazna pojačala s integriranim operacionim pojačalima i transformatorima za simetriju i galvansko odjeljivanje na ulazu, koji su također izrađeni (motani) u vlastitom laboratoriju, izlazna pojačala također s transformatorima prema odlaznim linijama te sustav sigurnog i stabilnog napajanja. Paralelno s tom matricom izrađena je i matrica za kontrolu s istim brojem ulaza, ali s jednim izlazom na monitoring i mjerne uređaje. **Mladen Krčmar** je izrađivao, ispitivao i ispravljao sklopovske greške na prototipovima, te projektirao ulazne i izlazne sklopovske ploče, a pred kraj mu se pridružio **Dražen Terek**. Izradi ovoga sustava prethodila je izrada mnogo manjeg prespojnog sustava za Mediteranske igre u Splitu 1979. s manualnim upravljanjem koji je nakon igara stajao u odjelu za razvoj u Šubićevoj čekajući rješenje naprednog upravljanja. Napokon je partner nađen na ETF-u, na Zavodu za osnove elektrotehnike i električna mjerenja, gdje je izrađena centralna procesorska jedinica na bazi procesora Z-80 sa serijskim SIO čipovima. Softver za upravljanje napravljen je u Pascalu, a procesorskoj se jedinici pristupalo preko terminala. Inženjer **Teodor Wickerhauser** kasnije je dodao ispitni

sustav kojim se kroz određeni spoj na matrici u trenutku spajanja propustio signal na frekvenciji 50 kHz koji se na određenoj točki filtrirao i tako se provjeravala ispravnost spoja. Pretpostavlja se da u trenutku puštanja u pogon nitko od poznatih svjetskih radijskih postaja nije imao takvo elektroničko rješenje s integriranim sklopovima. Centrala vodova postaje dio radijske tehnike, a rukovoditelj je od 1990. do danas **Dražen Terek**.

15. svibnja 1988. Treći program Radija Zagreb dobiva vlastitu frekvenciju te oslobađa vrijeme na frekvenciji Drugoga programa.

1989/90. inženjer **Hrvoje Domitrović** (kasnije profesor u trajnom zvanju i u tri mandata prodekan Fakulteta elektrotehnike i računarstva) je pokrenuo sustav Radio Data System (RDS). Procesor odnosno uređaj koji je u FM modulaciju ubacivao RDS signal nalazio se najprije u Šubićevoj da bi, kada se sustav stabilizirao, bio preseljen u centar veza Odašiljača i veza. U Glavnoj režiji postojala je kontrola prisutnosti RDS signala u signalu odašiljača. Funkciju dojavljivanja (*eng. pageing*) u RDS sustavu postavio je Đuro Ivošević što su nakon osamostaljenja Republike Hrvatske s velikim interesom prihvatile Hrvatska vojska i Hrvatska policija. Dojavljivače (pagere) su imali i zaposlenici HRT-a a mogao ga je dobiti i bilo koji pojedinac ili organizacija uz određenu naknadu.

Krajem 1980-tih informatički stručnjaci RTZ-a informatiziraju radijski arhiv odnosno korištenje gramofonskih ploča i magnetofonskih vrpci Fonoteke radija. Informacijski sustav omogućavao je unos i pretraživanje metapodataka o medijima pohrane i pohranjenim sadržajima. Projekt je vodio inženjer **Jaroslav Kudera**.

5. Tehnički razvoj Hrvatskog radija od 1990.: rat, preseljenje, informatizacija i digitalizacija

Ovo je razdoblje, na žalost, započelo ratom koji je – za vrijeme trajanja i u duljem razdoblju zbrinjavanja njegovih posljedica – bitno usporio ono što bismo mogli smatrati razvojem, ali je pokazao izvanredne operativne sposobnosti tehničkog osoblja Hrvatskog radija.

Nakon slobodnih višestranačkih izbora 1990. nova je hrvatska vlast uputila prema jugoslavenskom predsjedništvu i saveznoj vladi zahtjeve za većom republičkom autonomijom i prijedlog konfederativnog uređenja Jugoslavije. Na te prijedloge velikosrpski ekstremisti u Hrvatskoj reagirali su pobunom, naoružali se i blokirali velike dijelove teritorija. Na temelju referenduma održanog u svibnju 1991., 25. lipnja 1991. Sabor Republike Hrvatske usvojio je Ustavnu odluku o suverenosti i samostal-

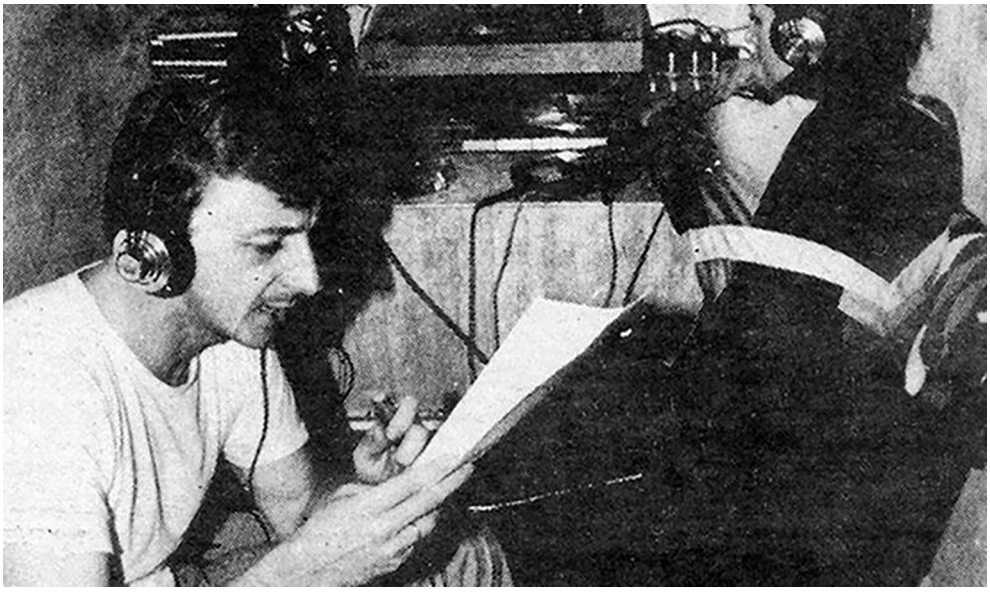
noasti Republike Hrvatske. Uslijedila je agresija velikosrpskih snaga i Jugoslavenske narodne armije (JNA). Od 1990. do 1992. okupirana je četvrtina teritorija Republike Hrvatske. Nakon međunarodnog priznanja u siječnju 1992. duž crta prekida borbenih djelovanja i na okupiranim područjima razmještene su snage Ujedinjenih naroda (UN). Od svibnja do kolovoza 1995. provedene su ključne vojno-redarstvene operacije Bljesak i Oluja kojim je oslobođen najveći dio okupiranog teritorija, da bi 1997. na miran način bilo reintegrirano područje hrvatskog Podunavlja.

Događanja 1990. ukazivala su na potrebu da se HRT pripremi za djelovanje u ratnim okolnostima. Informativnim emisijama intenzivno se prate događanja na cjelokupnom teritoriju Republike Hrvatske, a istodobno se razvija tajni plan kojim će se, u slučaju izravnog napada, osigurati kontinuirano informiranje građana, pri čemu upravo radio ima najvažniju ulogu, kako zbog brzine tako i zbog mogućnosti da informacija dopre do najšire populacije uz minimalne zahtjeve – dovoljan je samo tranzistorski prijemnik. Pravodobna informacija o zračnom ili artiljerijskom napadu doslovno je značila spašavanje života.

3. studenoga 1990. HRT se odvaja od sustava Jugoslavenske radiotelevizije (JRT). Kao i u svakom sukobu, mediji su od posebnog interesa neprijateljskih snaga. Kontinuitet emitiranja bila je prioritetna i vrlo složena zadaća. Planiranjem i provedbom te zadaće rukovodio je **Nikola Perčin**. JNA je od samoga početka sukoba blokirala HRT-u pristup odašiljačima Lička Plješivica i Ćelevac, zatim i Belje, uništeni su objekti Tovarnik, Borinci i Srđ, a teško su oštećeni odašiljači Zadar, Deanovac, Sunj, Papuk, Milkovci, Biokovo i Stipanov Grič. Lakše je oštećeno osam radijskih postaja. 16. rujna i 4. listopada 1991. JNA raketira odašiljački objekt na Sljemenu, ali to, kao i uništavanje brojnih drugih odašiljačkih objekata širom Hrvatske, uzrokuje samo minimalne prekide emitiranja radija. Prebacivanje radijskog signala iz Zagreba i lokalnih radiopostaja u sastavu i izvan sastava HRT-a organizirano je u nekoliko prstenova. Zagreb je s jugom povezan tzv. plavom magistralom (od Učke preko jadranskih otoka do Labinštice), a s istokom tzv. zelenom magistralom (uzduž mađarske granice do Papuka). Radijski i televizijski programi odašiljani su s 32 pričuvne lokacije. Za slanje informacija o agresiji u svijet posebno su bili važni odašiljačko-prijemna satelitska postaja HRT-a u sustavu EBU-a koju je OiV postavio na prostoru Doma HRT-a 1990. te satelit Eutelsat I. preko kojega se počeo emitirati program HRT-a 1991.[3]

Određeno je nekoliko tajnih pozicija iz kojih se mogao realizirati program. Studiji su se premještali u podrume zajedno sa svim vezama. Organizirani su posebni ratni studiji uz samu bojišnicu. Radijski studio u Vukovaru uspostavljen je 3. svibnja 1991., dan nakon pokolja hrvatskih redarstvenika u Borovu Selu.

Na Hrvatskom radiju Vukovar ostali su do kraja na svom radnom mjestu, bili zarobljeni i ubijeni novinar **Siniša Glavašević** i radijski tehničar **Branimir Polovina**.



Sl. 19. Siniša Glavašević izvješćuje iz podruma za vrijeme opsade Vukovara

Po završetku rata, 1993. godine donesen je Zakon o trgovačkim društvima koji je, uz Zakon o telekomunikacijama iz 1994., otvorio mogućnost osnivanja privatnih radija. Da bi pokrenulo radijsko emitiranje, trgovačko društvo moralo je dobiti koncesiju odnosno pravo korištenja frekvencija odašiljanja s obzirom na to da su frekvencije ograničeni nacionalni resurs koji se uređuje međunarodnim podjelama. Ovlast za dodjeljivanje koncesija dobilo je novo državno tijelo: Vijeće za telekomunikacije. Zakonom o telekomunikacijama iz 1999., koji je otvorio mogućnost stranog vlaništva u hrvatskim telekomunikacijama, vijeće je promijenilo naziv u Vijeće za radio i televiziju. U to vrijeme došlo je do snažne komercijalizacije programskih sadržaja. Iako je zakon ograničavao oglašavanje i zadao kvote informativnog ili vlastito proizvedenog sadržaja, Vijeće nije imalo kriterije niti instrumente kojima bi to kontroliralo. U praksi nije bilo moguće niti kontrolirati vlasništvo pa se tvrdilo da se događa pritajena koncentracija vlasništva, što nije bilo moguće dokazati.

2001. je emitiralo 126 nositelja koncesije za radijsku djelatnost, od toga tri na nacionalnoj razini. Hrvatski se radio u to ne ubraja jer pravo na korištenje frekvencija dobiva zakonom, a ne koncesijom. 2003. se napokon donosi Zakon o elektroničkim medijima koji se odnosi samo na radio i televiziju. Njime je ukinuto ograničenje vremena za oglašavanje. Osnovana je Agencija za elektroničke medije kojom upravlja Vijeće za elektroničke medije. Osnovan je Fond za poticanje pluralizma i raznovrsnosti elektroničkih medija u koji HRT mora izdvajati 3% svojih prihoda od pristojbe. Sredstva Fonda namijenjena su stimuliranju proizvodnje sadr-

žaja od javnog interesa koji će emitirati komercijalni i neprofitni radijski nakladnici. 2009. godine u Hrvatskoj emitira se više od 150 radijskih kanala.

1990-tih godina, a osobito nakon 2000., u sektoru javnih medija u Europi događaju se brojne ključne promjene u razumijevanju vlastite svrhe i načina djelovanja. U prvom razdoblju uzrok tome bilo je jačanje komercijalnog elektroničkog medijskog sektora u borbi za istu (slušateljsku i gledateljsku) publiku, ali u drugom razdoblju pojavljuju se daleko moćniji novi igrači na medijskoj sceni, najprije telekomunikacijske tvrtke a zatim tzv. tehnološki giganti – pružatelji nelinearnih internetskih medijskih usluga, uključujući dijeljenje glazbenih i filmskih sadržaja te sadržaja koji su proizveli građani – neprofesionalci, i pružatelji usluga društvenih mreža. Medijske potrebe i navike građana, a osobito onih mladih, bitno se mijenjaju, prvo vezano uz korištenje osobnih računala, a zatim, drastično, upotrebom pametnih mobilnih telefona.

Radio kao medij općenito nije bitno ugrožen tim promjenama, ali se uočavaju velike razlike u uspješnosti između nakladnika koji su prihvatili obvezu uključivanja u taj tzv. digitalni medijski svijet od onih koji se tome opiru i ograničavaju svoje djelovanje na klasičnu radijsku uslugu.

Do otprilike polovice 2000-tih glavne paradigmatske poruke, koje su dopirale iz zajednice europskih javnih nakladnika, bile su: "ne smijemo više proizvoditi ono što volimo proizvoditi nego ono što od nas traži publika" i "sadržaj je kralj". Ova druga poruka, na žalost, može se različito shvatiti. Jedno je obranaško tumačenje: mi proizvodimo kvalitetan sadržaj pa je to naša komparativna prednost. Pokazalo se da to nije tako jer – u ogromnoj konkurenciji raspoloživih sadržaja – korisnici sami formiraju nove kriterije o kvaliteti, pri čemu atraktivnost sadržaja nadmašuje ono što se tradicionalno smatralo sadržajnom i tehničkom kvalitetom. Drugo tumačenje proizlazi iz potpunog nerazumijevanja digitalnog medijskog okruženja: kvaliteta sadržaja je dovoljna da bismo doprli do korisnika. Nije dovoljna, jer do korisnika u digitalnom svijetu dopire usluga, a ne samo sadržaj. Usluga ima puno drugih komponenti koje također utječu na uspješnost kod publike, a na prvom mjestu je prednost nelinearnih usluga pred linearnima. Treće tumačenje također je pogrešno: mi smo profesionalci pa znamo kako sadržaj treba izgledati. Ne znamo, jer digitalni svijet upravo traga za novim formama izražavanja i predstavljanja teme, a notorno trome organizacije javnih nakladnika to ne slijede.

Od sredine 2000-tih u profesionalnim se medijskim krugovima ipak iskristalizirao osnovni zahtjev medijskih korisnika: odabrani sadržaj bilo kada, bilo gdje i na bilo kojem uređaju. Ako to malo razložimo, onda to znači sljedeće. Sadržaj se odabire iz ogromne globalne ponude. Način njegovog pronalaženja i dohvaćanja mora biti brz, jednostavan i intuitivan. Danas većina publike odabire sadržaj pomoću tražilica, društvenih mreža, platformi za dijeljenje sadržaja ili usluga s pretplatom. "Bilo

kada" znači da korisnici u velikoj mjeri više ne žele biti zarobljeni shemom linearnog emitiranja. Mlada publika ne želi da neki medijski sadržaj traje onoliko koliko je predviđeno terminom emitiranja nego onoliko koliko konkretna tema zaslužuje. "Bilo gdje" znači u svom domu, na radnom mjestu, u čekaonicama, u pokretu, a to dalje znači bežičnu konekciju koja pokriva svako mjesto, ali je, da bi se zadovoljili drugi elementi zahtjeva, za razliku od *broadcasting* tipa radiodistribucije, višesmjerna odnosno mrežna, temeljena na internetskim protokolima. "Na bilo kojem uređaju" znači na stacionarnom i na mobilnom uređaju, sa visokom ili niskom razinom kvalitete reprodukcije, visoke ili niske cijene, ali svakako, radi drugih elemenata zahtjeva, s proširenim mogućnostima komunikacije.

Pojavljuje se pojam OTT. To je zapravo akronim za izraz *over-the-top*. Pojam se izvorno odnosi na višak snimljenog materijala, koji nije "stao" u termine linearnog emitiranja pa je oblikovan i ponuđen putem internetskih nelinearnih usluga. S vremenom taj je izraz posve promijenio značenje i odnosi se na kombinaciju linearnih i nelinearnih medijskih usluga koje se pružaju putem Interneta.

Internetski se radio naglo razvio 1990-tih godina i danas možemo govoriti o milijunima "stanica" specijaliziranog ili nespecijaliziranog programskog profila.

Krajem 2010-tih uvelike se govori o ulozi umjetne inteligencije u medijskoj industriji. Jedan priznati analitičar je izjavio da će glavni zadatak umjetne inteligencije biti da svakom korisniku pronađe i predloži medijski sadržaj koji mu u određenom trenutku najbolje odgovara.

Važno je napomenuti da zajednica europskih javnih nakladnika u posljednjem desetljeću izražava ozbiljnu zabrinutost za opstanak javnih medijskih servisa, prije svega zbog sve izraženijeg problema s financiranjem. Taj problem ima dvije razine. Jedna razina je bitno zaostajanje u prihodima javnog medijskog sektora u odnosu na onaj komercijalni, a osobito u odnosu na telekomunikacijski sektor odnosno na globalne tehnološke gigante. Takva pozicija ne omogućava javnom medijskom sektoru da proporcionalno investira i prati tehnološki razvoj. Druga razina je još ozbiljnija: zbog ogromne konkurentne ponude, među građanima raste otpor javnom financiranju javnog medija "jer ga ne koriste", a pogotovo ako je riječ o financiranju putem pristojbe vezane za posjedivanje radijskog ili televizijskog prijemnika odnosno za kućanstvo.

Međutim, uz sve te ozbiljne promjene, u određenim segmentima djelovanja radija klasično shvaćanje kvalitete i uloge radijske produkcije i programa nije upitno. To se prije svega odnosi na glazbena, dramska i dramsko-dokumentarna djela te na govorno-glazbene zabavne formate. S tim u vezi važno je istaknuti da su 1993. Hrvatsko društvo skladatelja, Hrvatska glazbena unija, Hrvatska radiotelevizija i Hrvatska diskografska udruga utemeljili glazbenu nagradu Porin. U kategoriji na-

grade za najbolju snimku često Porina dobivaju tonmajstori Hrvatskoga radija. Slično, s međunarodnih festivala radiodrame ili radijskih dokumentarnih djela Hrvatski radio dugi niz godina praktički redovito donosi nagrade. To je svakako uspjeh cijele tehničke ekipe koja iza toga stoji.

5.1 HRT – Hrvatski radio

29. lipnja 1990. Sabor Republike Hrvatske zakonom je preimenovao Radio-televiziju Zagreb u Hrvatsku radio-televiziju (HRTV) sa statusom složenog poduzeća koje obavlja djelatnost od posebnog društvenog interesa. Djelatnost proizvodnje, emitiranja, prijenosa i odašiljanja radijskog i televizijskog programa udruženo obavljaju Javno poduzeće Hrvatski radio, Javno poduzeće Hrvatska televizija i Javno poduzeće Odašiljači i veze Hrvatske radio-televizije. Sjedište javnih poduzeća je u Zagrebu. Javno poduzeće Hrvatski radio organizirat će se od radne organizacije Radio Zagreb. Hrvatski radio proizvodi i emitira tri radijska programa od značenja za Republiku, a može proizvoditi i emitirati i druge radijske programe. Radio-stanice Dubrovnik, Osijek. Pula, Rijeka, Sljeme, Split i Zadar nastavljaju s radom kao javna glasila Hrvatskoga radija.[25]

1990. radijski inženjeri i tonmajstori sudjeluju u televizijskom projektu Eurosong ‘90 smještenom u Koncertnu dvoranu Vatroslava Lisinskog. Glavni tonski inženjer i tonmajstor je **Mladen Škalec** koji surađuje s televizijskim pomoćnikom tehničkog producenta za ton Damirom Šimunovićem. Miješanje glazbene tonske slike ostvareno je na glavnom tonskom mješalu SSL 4040E već instaliranom u Koncertnoj dvorani, uz dva predmiksa sa 32 odnosno 8 kanala što čini ukupno 80 ulaznih tonskih kanala. Na pozornici se našao do tada najveći broj bežičnih mikrofona nabavljenih od tvrtke Sennheiser, a za svaku izvedenu pjesmu bilo je potrebno primijeniti određenu konfiguraciju utvrđenu na generalnim probama. U to vrijeme natjecanje Eurosong se izvodilo uz “živi” orkestar u punom sastavu na pozornici. Za glavnim tonskim mješalom radili su tonmajstori **Mladen Škalec**, **Aco Razbornik** i **Bruno Molnar**, na predmiksu orkestra **Milovan Macanović**, zatim **Josip Jemeršić** i **Zoran Haramin̆čić**, a mikromani su bili **Emir Altić** i **Boris Mahovlić**. Unaprijed snimljeni dijelovi glazbe (*playback*) su se morali reproducirati istodobno s orkestrom tako da su ga čuli orkestar i izvođači, publika u dvorani a išao je i u glavno mješalo. Zbog osjetljivosti te komponente bila su spregnuta dva Studer magnetofona, jedan drugome sigurnosna zamjena, ali se ipak potkrala ljudska (organizacijska) pogreška. Posebna zanimljivost je da su za tu prigodu morale biti izgrađene komentatorske kabine. U akustičkom smislu projektirao ih je inženjer Ivan Stamać i smjestio ispred stražnjeg zida, iznad zadnjih redova publike na galeriji s inicijalnim ciljem da time ne ugrozi akustičke osobine dvorane, ali se ispostavilo da su ih kabine čak i popravile, pa nakon događaja nisu demontirane.

1991. počinje emitiranje jednosatne radijske emisije pod naslovom Glas Hrvaske, namijenjene Hrvatima izvan Domovine. Od 2000. trajanje emisije je produljeno na dva sata te su uključene vijesti na engleskom i španjolskom jeziku. Cjelodnevni program počeo se emitirati 15. svibnja 2003. na srednjem valu za Europu (do 31. prosinca 2013.).

Zakonom o Hrvatskoj radio-televiziji od 25. lipnja 1992. osniva se Javno poduzeće Hrvatska radio-televizija sa sjedištem u Zagrebu od Radne organizacije Radio Zagreb, Radne organizacije Televizija Zagreb i Radne organizacije Odašiljači i veze te je njihov univerzalni pravni sljednik. Javno poduzeće Hrvatska radio-televizija emitira, prenosi i odašilje radijske programe na tri, odnosno četiri mreže (dvije za SV i UKV područje, a dvije za UKV područje), te putem odašiljača za šira gradska područja. Radio-stanice Dubrovnik, Osijek, Pula, Rijeka, Sljeme, Split i Zadar nastavljaju s radom kao javna glasila Javnoga poduzeća Hrvatska radio-televizija.[26]

1990. R-DAT snimač je instaliran prvo u dramskoj režiji, kasnije i u glazbenim režijama, za pohranu master stereo snimki. Počeli su se koristiti i prenosni reporterski R-DAT snimači umjesto analognih kasetofona. U upotrebi su stacionarni snimači *Sony* i prijenosni snimači *TASCAM*. Krajem 90-tih arhivski se materijal sa R-DAT-a prebacuje na CD-R.

1990/91. inženjer **Tomica Crnek** sam izrađuje redakcijski informacijski sustav Herald na u tom trenutku vrlo siromašnoj i nerazvijenoj informatičkoj mreži s terminalskim korisničkim sučeljima. Herald je bio prvenstveno namijenjen prihvatu, pohrani i zajedničkom korištenju agencijskih vijesti (Hina, Reuters, pa čak i Tanjug), a kasnije je dograđen funkcijom internog pisanja, uređivanja i lektoriranja vijesti. U cijelosti je bio napisan u programskom jeziku C. Koristile su ga informativne redakcije radija i televizije narednih dvanaestak godina. Bio je to prvi korak od ranijeg teleprinterskog prihvata agencijskih vijesti prema budućem neizbježnom NRCS sustavu.

1. siječnja 1993. HRT postaje punopravni član EBU/UER-a. S obzirom na to da je EBU/UER sljednik IBU/UIR-a, to je zapravo treći puta da hrvatski javni radio, ovoga puta u sklopu HRT-a, ulazi u takvu organizaciju.

1992. započelo projektiranje preseljenja pogona Hrvatskog radija s lokacija Šubićeva i Jurišićeva u Dom HRT-a na Prisavlju pod vodstvom **Antuna Krleže**. **Mladen Škalec** planirao je generalni raspored tehnoloških prostora te projektirao tehnologiju i opremu glazbenih i dramskih režija. **Antun Buntak** je projektirao režije odvijanja, a **Dražen Terek** Glavnu režiju. **Ivan Stamać** projektirao je akustiku svih režija. U projektiranju je sudjelovao i **Dražen Kolarević** kao šef održavanja. Pri projektiranju glazbenih i dramskih režija konzultirana su iskustva tonmajstora koji su djelovali u studijima u Šubićevoj. Među glazbenim tonmajstorima iz Šubićeve

istaknuti su: Miljenko Dörr, Srećko Orlić, Milovan Macanović, Dubravka Vrbljanec, Mladen Škalec, Radan Bosner, Hrvoje Hegedušić, Bruno Molnar, Božidar Pandurić, Eno Altić, a među dramskim: Anka Savić, Nedjeljka Lambaša, Miroslav Pijaca, Vitomir Gospodnetić i Krešimir Osman.

1994. informativni program HR-a preseljen je na Prisavlje odakle se vijesti počinju emitirati u listopadu.

1994. u Centrali vodova u Domu HRT-a ugrađen novi prespojni sustav *Digitec* (ranije *Schlumberger*, u vlasništvu *Studera*) za analogne signale, vrlo sličan TPS100, veličine 350 ulaza x 350 izlaza, ali ne svaki ulaz na svaki izlaz. **Dražen Terek** započeo je projektiranje 1992., matrica je podijeljena na 4 dijela da bi se smanjio broj prespojnih točaka, a projektirani dizajn je, uz odobrenje **Antuna Krleže**, dostavljen *Digitec*u na realizaciju. Iz starog TPS100 sustava uzet je dio za međuveze. Dodatno je Branko Lozinski, prema zahtjevima operatera, složio "tonski terminal" (TOT) sa 10 ulaza na 10 izlaza upravljan tipkama, spojen s matricom ali mimo terminala, radi brzog prespajanja, kontrole, mjerenja ili predodabira.

1994. počelo je preseljavanje. Uspostavljen je trokut Šubićeva – Jurišićeva – Prisavlje te isporuka signala Centru veza (OiV). Ekipi se pridružio i Đuro Ivošević. S obzirom na to da su veze i prespajanja testirani puno prije preseljenja, konačni je prijelaz prošao bez prekida.

U jesen 1994. po prvi puta je u emitiranje uveden računalni poslužitelj. Sustav Audio Follow bio je u početku namijenjen emitiranju kratkih promotivnih objava (*jingle*), ali su se uskoro na diskovima jednoga pa i drugog servera od po 36 MB počeli množiti glazbeni brojevi. Do 2000. bilo je za emitiranje pripremljeno oko 1.000 objava po 10-tak sekundi i oko 500 glazbenih brojeva kodiranih u MPEG2 na 256 kbps. Kako ti serveri nisu niti softverski niti hardverski bili predviđeni za takve zadatke, njihova upotreba u živom odvijanju programa postala je ozbiljan problem, ali su s druge strane prepoznate prednosti nove tehnologije.

1995. su inženjeri **Tomica Crnek** i **Robert Šveb** iz odjela Informatika kojim je rukovodio **Damir Šimunović** među prvima u svijetu ostvarili reemitiranje Prvoga programa Hrvatskog radija na Internetu koristeći sustav RealAudio instaliran na osobnom računalu, koje je kodiralo signal dobiven iz Glavne režije, i vlastitom HRT-ovom serveru koji su sami konfigurirali. Slušatelji širom svijeta trebali su samo instalirati RealPlayer na osobna računala i mogli su slušati Prvi, a nakon toga postupno i ostale programe Hrvatskog radija. Jedino je Radio Rijeka kasnije iste godine organizirala internetsko reemitiranje svoga programa preko tvrtke Multilink iz Rijeke. Prilikom konfiguriranja servera osobito se pazilo da i korisnici s lošim modemskim vezama mogu pratiti programe pri čemu je donja razina kvalitete bila postavljena razumljivošću govornog sadržaja, a gornja je inicijalno bila ograničena

na 64 kb/s zbog ograničenih mogućnosti tadašnje veze Doma HRT-a prema Internetu.

1995. sele se svi preostali odjeli i pogoni Hrvatskog radija iz Šubićeve, Jurišićeve i drugih lokacija u HRT Dom na Prisavlju. Funkcija glavne režije HR-a preseljena je iz Šubićeve u već pripremljeni pogon. Opremaju se novi studiji R-1, R-2, R-3 i R-4, a studijski prostori u Šubićevoj se napuštaju. Nakon preseljenja u navedenim režijama pridružuju se kasnije zaposleni glazbeni tonmajstori Krešimir Banek, Luka Rojc, Marijana Begović, Alen Križančić i Pavao Slabinac te dramski tonmajstori Marija Pečnik Kvesić i Lana Deban.

Glazbena režija R-4 sa pripadajućim studijom i tehnološkim prostorom namijenjena je snimanju manjih glazbenih sastava ozbiljne i zabavne glazbe, te izradu finalnih (master) stereo snimki. Režija je opremljena analognim tonskim miješalom SSL SL 4040 i 24-kanalni magnetofon Studer A 800 MK3 dopremljenima iz studijskog kompleksa Krešimir. Kao digitalna opcija za snimanje instaliran je sustav od 3 komada digitalnih 8-kanalnih kazetnih snimača baziranh na Hi 8 video kazeti, model Tascam DA-88. Stereo (master) snimka u postupku miksanja izrađivala se analogno na magnetofonskoj vrpci 6.3 mm ili digitalno na CD-R mediju (red book protocol). 2003. kazetni digitalni snimači zamijenjeni su računalnim radnim stanicama spojenim MADI (AES-10) audio sučeljima i programima za višekanalno snimanje Samplitude i Sequoia 15 Magix. Krajem 2011. nabavljeno je novo analogno tonsko miješalo SSL Duality sa 48 ulaznih kanala. Kompletna režija je rekonstruirana i funkcionalno prilagođena novom tonskom mješalu sa zadržanom koncepcijom snimanja kako analogno (24 kanalni magnetofon Studer A800 MK3) tako i digitalno pomoću računalne radne stanice. Nabavljeni su i novi tonski procesorski uređaji (*outboardi*), kao što su digitalna višekanalna jeka Lexicon 960, cijevna mikrofonska predpojačala Avalon, "harmonizer" procesori Yamaha i SPL. Tako je postignuta svjetska tehnološka razina ovoga kompleksa. Projekt je vodio te pripremio i organizirao instaliranje opreme **Davor Grgesina** s ekipom koju su činili inženjeri i tonmjastori **Krešimir Banek**, **Božidar Pandurić** i **Bruno Molnar**.

Glazbena režija R-1 s pripadajućim studijom i tehnološkim prostorom namijenjena je za snimanje tamburaških sastava i jazz orkestra HRT-a te izradu finalnih (master) stereo snimki. Ovaj kompleks nastao je 1995/96. godine kao nova cjelina nakon preseljenja HR-a na lokaciju Prisavlje. U prvom razdoblju bio je opremljen analognim tonskim mješalom AMEK MOZART s 48 ulaznih tonskih kanala i automatikom. Za snimanje je korišten sustav od 3 komada digitalnih 8-kanalnih kazetnih snimača Tascam DA-88. Projekt je pripremio i organizirao instalaciju opreme **Antun Buntak**. 2003. nabavljeno je novo digitalno tonsko miješalo SSL MT+ sa 48 fizičkih kanalnih regulatora, a za višekanalno snimanje instalirana je računalna radna stanica spojena MADI (AES-10) audio sučeljima s programima za višekanalno snimanje Samplitude i Sequoia 15 Magix. To je prva višekanalna digitalna režija za

glazbenu produkciju na Hrvatskom radiju. Prijekt je izradio **Davor Grgesina** u suradnji s tonmajstorima **Krešimirom Banekom** i **Brunom Molnarom**, a razradio ga je i organizirao instaliranje opreme **Zoran Vertlberg**.

Dramska režija R-2 s pripadajućim studijskim i tehnološkim prostorom preseljena je 1995. u izvornoj analognoj koncepciji iz Šubićeve na Prisavlje. Bazirala se na 24 kanalnom tonskom miješalu Studer 900 sa 3 stereo magnetofona Studer A-812 i gramofonom EMT 927. 2003. godine režija je u potpunosti rekonstruirana podudarno s režijom R-3, s izuzetkom da je instalirano veće digitalno tonsko miješalo Yamaha DM-2000 (24 motoriziranih fizičkih regulatora). Projekt je izradio i organizacirao instalaciju opreme **Davor Grgesina**.

Dramska režija R-3 s pripadajućim studijskim i tehnološkim prostorom puštena je u rad 1997. i prva je potpuno digitalna režiju Hrvatskog radija namijenjena snimanju isključivo dramskog radijskog sadržaja. Bila je opremljena tonskim miješalom Yamaha O2R s 24 motoriziranih fizičkih regulatora te računalnom radnom stanicom Sonic Solution za višekanalno snimanje i izradu CD-R finalnih snimki. 2003. godine instalirana je nova višekanalna računalna radna stanica sa programima Samplitude i Sequoia 15 Magix. Projekt je izradio i organizirao instalaciju opreme **Antun Buntak** u suradnji s dramskim tonmajstorom **Miroslavom Pijacom**.

Dan nakon oslobođenja Knina u Domovinskom ratu, 6. kolovoza 1995. u 17 sati na frekvencijama 90,2 MHz i 104,5 MHz mogle su se čuti riječi novinara Radio Splita Joška Krželja: “Ovdje Hrvatski radio Knin!”. Složnim programskim i tehničkim snagama Radio Splita i Radio Zadra pokrenuta je osma radio stanica Hrvatskog radija prvo gradske a od 2009. regionalne razine. 12. kolovoza započelo je ekipiranje, početkom 1996. završile su smjene Splićana, a Zadrani su uz malu ali rastuću ekipu Radio Knina sudjelovali u radu postaje do veljače 1997. Danas Radio Knin pokriva područje Šibensko-kninske i dijela Zadarske županije na frekvenciji 94,4 MHz s odašiljača na Promini, 88,1 MHz na Šubićevcu i 90,12 MHz na zgradi u kojoj se nalazi Radio Knin. Vlastiti program emitira 12 sati dnevno, a u preostalom vremenu reemitira druge kanale Hrvatskog radija.[27]

Zakonom o izmjenama i dopunama Zakona o Hrvatskoj radio-televiziji od 20. ožujka 1996. utvrđuje se naziv Hrvatska radiotelevizija i kratica HRT.[28]

Nakon što je 1993/94. prema koncepciji i pod vodstvom **Damira Šimunovića**, rukovoditelja Informatike, projektiran i izrađen informatički sustav za upravljanje emitiranjem i proizvodnjom PARTIS prema potrebama televizije, 1997. je napravljena derivacija toga sustava za Hrvatski radio. Glavna svrha bilo je upravljanje sadržajima, bez obzira jesu li arhivski ili za dnevnu upotrebu te bez obzira na kojem su mediju pohranjeni, primjerice magnetofonskim vrpcama, gramofonskim pločama ili CD-ima. Počišćeni su podaci ranije pohranjeni u bazi Fonoteke radija

te prevedeni u relacijski model podataka. Načinjene su tzv. uredničke i glazbeno-uredničke "plahtice", sinopsisi pojedinih emisija pri čemu je važan cilj bio pripremiti izvještaje o emitiranju glazbe radi kolektivnog rješavanja tzv. malih prava autora i izvođača. Na tom projektu su iz odjela Informatika radili inženjeri **Vinko Cippico**, **Hrvoje Kirchmajer** i **Alma Butković** (**Tomac**) uz koordinaciju **Jaroslava Kudere**.

1995. prema zahtjevima terenaca B. Rožmana i V. Bedeniković reporterski kombi Rk1 projektira i izvodi Branko Lozinski. Kola su opremljena pokretnom vezom na 400 MHz. Još dvoja takva uređena su do 2006.

U rujnu 1997. eksperimentalno se emitiraju sva tri nacionalna radijska programa Hrvatskog radija u digitalnom sustavu DAB odašiljačem snage 800 W na Sljemenu. Od studenoga 1997. se Prvi program Hrvatskoga radija, u paketu s programima Hrvatske televizije, emitira i putem satelita Eutelsat HotBird3. Satelit pokriva područje Europe i Bliskog istoka.

Od 24. prosinca 1997. sva tri nacionalna programa Hrvatskoga radija te Radio Sljeme emitiraju cijeli dan.

U razdoblju od 1997. do 2000., zbog financijskih poteškoća, ali i prioritetnog ulaganja u obnovu ratom uništenih odašiljačkih objekata, dolazi do skoro potpunog zastoja u investicijama i razvoju proizvodne tehnologije i proizvodnih pogona. Situacija 1999. postaje kritična jer se zastarjela i neispravna oprema ne obnavlja.

1998. Hrvatski radio uvodi MiniDisc prvenstveno za terenski rad novinara reportera i snimanje intervjua kao zamjenu za dotadašnje Marantzove kasetofone. Najčešće su korišteni modeli *Sony* MZ-1 i kasnije MZ-R500. Nekoliko montažnih režija dobilo je stacionarne modele *Sony* MDS-B5 kako bi se snimljeni tonski sadržaj mogao odnijeti na daljnju obradu i emitiranje. Nakon 2010. MiniDisc uređaji su povučeni iz upotrebe, a za reporterske se svrhe počinju uvoditi snimači sa "flash" memorijom poput *Marantz* PMD660 i PMD670.

26. veljače 2001. donesen je novi Zakon o HRT-u u kojemu su za Hrvatski radio ključne sljedeće odredbe: "Javno poduzeće HRT-a osnovano Zakonom o Hrvatskoj radioteleviziji … nastavlja radom kao Javna ustanova Hrvatska radiotelevizija.", "Javna ustanova Hrvatska radiotelevizija će se najkasnije do 31. prosinca 2001. podijeliti na: Javnu ustanovu Hrvatska radiotelevizija i na trgovačko društvo Odašiljači i veze." i "Javna ustanova Hrvatska radiotelevizija će se do 1. srpnja 2002. podijeliti na Javnu ustanovu Hrvatska televizija i Javnu ustanovu Hrvatski radio." Također je za cijeli HRT, nakon godina neinvestiranja u razvoj zbog nedostatnih prihoda, izuzetno važna odredba "Visina pristojbe iznosi 1,5 % prosječne neto mjesečne plaće zaposlenih u Republici Hrvatskoj, na temelju statističkih podataka za

prethodnu godinu." uz političko uvjeravanje tadašnjeg generalnog direktora Mirka Galića da HRT više na pristojbu ne treba plaćati PDV (što se nekoliko godina kasnije pokazalo neispravnom tvrdnjom koja je HRT umalo dovela do stečaja).

U rujnu 2001. oglašen je natječaj za nabavu informatičkog sustava za prikupljanje i obradu vijesti – News room prema koncepciji i specifikaciji koju je izradio **Damir Šimunović** u suradnji s **Tenom Perišin**, **Duškom Zimonjom** i **Markom Malnarom**. Izradi specifikacije prethodila je analiza procesa proizvodnje u redakcijama informativnih programa. Natječaj je bio zajednički za radio i televiziju, iako su bili organizirani u zasebne organizacijske cjeline i inače neovisno donosili odluke o investicijama u proizvodna sredstva. Namjera zajedničkog natječaja bila je osiguravanje zajedničke platforme koja bi omogućila suradnju i razmjenu vijesti, kako u tekstualnom tako i u zvučnom obliku, ili čak multimedijsku integraciju proizvodnje. Pri tome je radio želio informatiziranu digitalnu platformu koja će obuhvatiti cjelokupnu proizvodnju, a ne samo informativne redakcije. Na natječaj je prijavljeno pet ponuda od kojih dvije nisu bile formalno valjane. Između ponuda CS Computer Sistem iz Zagreba, Ro.Ba.Go iz Zagreba i Audio Video Consulting iz Zagreba tehnički kolegiji radija i televizije pod vodstvom pomoćnika direktora HRT-a **Jerka Vukova** izabrali su ponudu CS-a, koja je sadržavala kombinaciju iNews redakcijski sustav, Netia radijski digitalni proizvodni sustav i Avid televizijski digitalni proizvodni sustav za vijesti, što je formalno potvrdilo povjerenstvo za odabir najpovoljnijeg ponuditelja kojoj je predsjednik bio Vladimir Ravlić, zamjenik predsjednika M. Čubrilo, a članovi su bili D. Šimunović, D. Mezulić, K. Bačić, M. Malnar, V. Sutlić, T. Perišin, B. Valešić, I. Škoro, N. Šintić i A. Novosel. Instalaciju i implementaciju nabavljenog sustava 2002. je preuzeo novi odjel Potpora i nadzor radijske proizvodnje kojim je rukovodio **Marko Malnar**, a najveći doprinos dali su Đuro Ivošević, **Antun Tomičić** i **Tihomir Bilić** te **Sanja Halilović**. U inicijalnom uspostavljanju sustava, privremenog povezivanja na redakcijski sustav Herald zbog prijema agencijskih vijesti te instalacije periferne opreme angažirani su iz Informatike **Tomica Crnek** i **Davor Mezulić**. Rukovoditelj Tehnike radija nešto kasnije je postao **Antun Buntak**. Od 2008. odjel nadležan za potporu digitalnoj proizvodnji vodi **Vedran Begović**.

Prva redakcija i radijski program koji je u potpunosti prešao na digitalnu proizvodnju bio je Glas Hrvatske.

U travnju 2002. poslovna jedinica Odašiljači i veze izdvojena je iz sustava HRT-a i postala je trgovačko društvo.

13. veljače 2003. donesen je novi Zakon o HRT-u u kojemu su za Hrvatski radio ključne sljedeće odredbe: "Djelatnost HRT-a je proizvodnja i emitiranje radijskoga i televizijskog programa te glazbena proizvodnja.", "HRT ima tri organizacijske jedinice sa statusom podružnica: Hrvatski radio, Hrvatska televizija i Glazbena



Sl. 20. Potpuno digitalni sustav proizvodnje [izvor: hrt.hr]

proizvodnja HRT-a i organizacijsku jedinicu: Opći i zajednički poslovi." Dakle, ovim je zakonom poništena namjera prethodnog zakona o potpunom razdvajanju radija i televizije. U međuvremenu izgubljena je ogromna količina energije na utvrđivanje i potom uvjeravanje da je razdvajanje besmisleno, protivno svim svjetskim trendovima i praktički nemoguće.

Između 2003. i 2006., prema zahtjevima tonmajstora i inženjera koji će ih koristiti (**B. Rožman**, **R. Čubrić**, **Z. Maleš** i **D. Iljadica**, **K. Banek**, **B. Pandurić**, **B. Molnar**), ekipa inženjera u sastavu **Davor Grgesina**, **Silvije Stamać**, **Zoran Vertlberg** i **Branko Lozinski** projektirala je troja reportažna kola s oznakama TK5, RV1 i TK6, a u montaži su sudjelovali **B. Kic**, **S. Tomičić** te **Vesna** i **Tihomil Krišković**.

TK5 su bila prva tonska kola s digitalnim mješalom (SSL C-200 sa 96 digitalnih i 96 analognih ulaza, 32 regulatora), kompletom digitalnih procesora i drugim digitalnim uređajima. Projektiranje se odvijalo 2003., a vozilo je u ljeto te godine naručeno od tvrtke Spectra iz Bristola, Engleska. Karoserija je izgrađena tako da se stražnji dio mogao izdužiti. Vozilo je isporučeno za Božić 2003. s karoserijom prema nacrtima ekipe projektanata. Instalaciju je vodio inženjer Vertlberg i 2004. kola su prezentirana na dan HRT-a, 15. svibnja. U jesen na Krapinskom festivalu ostvaren je prvi prijenos. TK5 su 2005. bila izložena na međunarodnom sajmu IBC u Amsterdamu.

RV1 (odnedavno TK1) su manja tonska kola na bazi Mercedes Sprinter, pogodna za nezgodne pozicije i jednostavnije prijenose. Projektiranje se odvijalo 2005., a

2006. kola su montirana i prikazana 15. svibnja 2006. Opremljena su tonskim mješalom SSL L-300, setom audio procesora, a imaju i vlastitu 16-kanalnu radnu stanicu za snimanje. Projekt unutrašnjosti i napajanja izradio je **Branko Lozinski**.

TK6 su tonska kola opremljena kao i TK5, samo u fizički većem vozilu. Projektiranje je započelo 2005., isporuka vozila s karoserijom uređenom prema projektu iz BFE, Beč uslijedila je siječanj 2006., a prezentacija je također bila za dan HRT-a 15. svibnja 2006.

Radom tonskih kola TK5, RV1/TK1 i TK6 operativno upravljaju voditelji tonskih kola B. Mikulan, S. Šunko, Z. Maleš i D. Iljadica.

2005./2006. u Domu HRT-a otvoren je najveći radijski studijski kompleks – studio Bajsić, izveden s polivalentnim akustičkim elementima, što omogućuje snimanje svih vrsta glazbenih i govornih sadržaja. Kompleksu pripadaju režije R-11 i R-12 te tehnološki prostor.

Digitalna režija R-11 sadrži digitalno tonsko mješalo SSL C-200 s 48 fizičkih regulatora, uređaje za dinamičku i frekvencijsku obradu tonskog signala i digitalne višekanalne procesore Lexicon 960. Za višekanalno snimanje instalirane su računalne radne stanice spojene MADI (AES-10) audio sučeljima, jedna s programom za višekanalno snimanje Sequoia 15 Magix, druga s programom Pro Tools. Ova režija s pripadajućim velikim studiom omogućuje realizaciju najsloženijih tonskih projekata. Puštena je u rad 2006. godine. Projekt je pripremio i organizirao postupak instalacije opreme **Livio Plavec** u suradnji s tonmajstorom **Brunom Molnarom** i rukovoditeljem odjela Snimanje i emitiranje programa **Krešimirom Banekom**.

Analogna režija R-12 sadrži analogno tonsko mješalo AWS 900+ s 24 ulazna tonska kanala. Za višekanalno snimanje instalirana je računalna radna stanica spojena MADI (AES-10) audio sučeljima s programima za višekanalno snimanje Samplitude i Sequoia 15 Magix. Ova režija koristi se za snimanje manjih komornih sastava ozbiljne glazbe. Puštena je u rad 2010. godine. Projekta je izradio i organizirao instalaciju opreme **Davor Grgesina** u suradnji s tonmajstorom **Brunom Molnarom**.

Od 2004. Hrvatski radio u suradnji s tvrtkom NOA pokreće izgradnju digitalnog arhivskog sustava odnosno općenito sustava pohrane sadržaja. U prvoj verziji sustav za pohranu nazvan JobDB bio je povezan s PARTIS sustavom za upravljanje sadržajima, a svrha mu je bila isključivo digitalizacija arhiva. Oko 2006. dograđuje se sustavom MediArc koji zamjenjuje PARTIS u upravljanju sadržajima te se razvija do danas. U međuvremenu promijenjeno je nekoliko generacija sustava za pohranu. Na implementaciji su radili **Vedran Begović**, **Zoran Gašparović**, **Marko Malnar** i **Krešimir Osman**, a na uvođenju MediArca **Boris Rumenjak**.

2006. je u sklopu tadašnjeg portala HRT-a pokrenuta usluga Radio na zahtjev, da bi 2009. s novim zasebnim web servisom usluga bila preimenovana u Slušaonica.

2007. završena je digitalizacija montažnih režija Hrvatskoga radija te je uvedeno automatsko emitiranje noćnoga programa na Prvome programu Hrvatskoga radija i na Radiju Sljeme.[29]

2009. u Glavnoj režiji instaliran je novi digitalni prespojni sustav s 2000x2000 prespojnih točaka. Projekt je vodio inž. **Vedran Begović** sa suradnicima **Draženom Terekom**, **Liviom Plavecom**, **Silvijem Stamaćem** i **Božidarom Kicom**.

2008/09. pod vodstvom **Damira Šimunovića** na Hrvatskom se radiju u potpunosti uvodi informacijski sustav za upravljanje proizvodnjom i emitiranjem PARTIS. Sustav podržava aktivnosti planiranja i praćenja emitiranja, izvješćivanja o emitiranom programu, godišnjeg i pripremnog planiranja resursa i izvješćivanja o realizaciji troškovima pojedinih projekata te operativnog planiranja tehničkih i ljudskih resursa po projektima i izvješćivanja o angažmanu resursa. Zahvaljujući tom sustavu pojedini su tehnički i ljudski resursi mogli znati 6 mjeseci do godinu dana unaprijed o svom rasporedu rada, što je osobito važno za terensku tehniku. Do te informatizacije na Hrvatskom se radiju uopće nisu planirali niti pratili troškovi po pojedinim projektima nego samo po mjestima troška odnosno programskim odjelima.

2009. pokrenut je zasebni web servis Hrvatskoga radija u suradnji s tvrtkom Omninet, u koji su osim redakcija u Zagrebu uključene i sve regionalne radijske postaje. Tri glavna cilja bili su: informativni sadržaji, prezentacija programa radijskih programskih kanala te audio prilozi i emisije dostupni na zahtjev. Sustav je ostvaren prije svega uz presudnu podršku tadašnjeg direktora programa **Duška Radića**, programsku koordinaciju je vodio **Silvio Šop**, a tehnički projekt i realizaciju vodio je **Vedran Begović**.

Prvi multimedijski studio na HRT-u pušten je u rad 2012. Voditelj projekta bio je **Vedran Begović**, a inovativna je tehnička rješenja u najvećoj mjeri osmislio i izveo **Branko Lozinski**, uz angažman HRT-ove scenografije, rasvjete, energetike i dr. Postojeći radijski studio rekonstruiran je tako da se, uz dodatnog operatera u režiji, može proizvesti i videosadržaj uživo. Prva namjena studija bila je da se omogući internetsko emitiranje videosignala radijskih emisija. Danas multimedijski studio proizvodi i program koji se, osim na internetu, emitira i u televizijskim HRT-ovim programima.[3]

2013. došlo je do izmjene Statuta HRT-a i reorganizacije pri čemu je formalno primijenjen model funkcijske multimedijske organizacije kakva je u to vrijeme već

bila uvedena u brojnim članicama EBU-a koje su pružale radijsku i televizijsku uslugu. Tehničke jedinice su se nakon nekoliko desetljeća razdvojenosti našle pod jednim ravnateljem. Kako je ta organizacija usmjeravala ka suradnji radija, televizije i internetskih medija na programskoj i tehničkoj razini, pred radijskim se inženjerima i tehničarima postavio izazov povezivanja proizvodnih sustava s onim televizijskim kako bi novinarima i ostalom produkcijskom osoblju omogućili zajedničko pribavljanje i korištenje informacija i materijala.

1. siječnja 2014. ugašen je odašiljač u Ninu pokraj Zadra čime je prestalo emitiranje programa Glasa Hrvatske na srednjemu valu, nakon što je prethodne godine ugašeno odašiljanje istoga programa na kratkom valu. Time je ujedno za Hrvatsku završila era tehnologije koja je početkom 20. stoljeća pokrenula radijsko emitiranje.

Tehnička integracija digitalnih proizvodnih sustava zahtijevala je prvo usklađivanje verzija iNewsa na više razina (operativni sustavi, upravljanje bazama podataka, aplikativne razine), konsolidaciju tehnološke informatičke mreže nazvane Tehnet, uvedena je virtualizacija (VMware), uveden je *scale out* NAS sustav (EMC Isilon),



Sl. 21. Jedan od studija i režija odvijanja programa u HRT Domu

omogućen je web pristup produkcijskim sustavima. Taj razvoj vodio je **Vedran Begović**, na radijskoj strani najveći doprinos su dali **Tihomir Bilić** i **Daniel Pritišanec**, a na televizijskoj **Ivana Prpić** i **Hrvoje Mikulandra**.

Trenutno je u tijeku razmatranje prelaska ukupnog proizvodnog sustava na *Audio over IP*, mrežnu interkonekciju svih uređaja koja iz upotrebe izbacuje stara "čuda tehnike" poput distribucijskih pojačala, *splitter*a, *multicor*a, tonskih *router*a itd.

6. Hrvatski radio danas

Hrvatski radio danas emitira tri nacionalna radijska kanala putem zemaljske FM mreže i satelita za područje Europe, osam regionalnih radijskih kanala putem zemaljske FM mreže i radijski kanal Glas Hrvatske koji se, kao i svi ostali navedeni radijski kanali, emitira putem Interneta pomoću multimedijske multiekranske OTT platforme HRTi.

7. Zaključak

Radio Zagreb odnosno (od 1990.) Hrvatski radio, kao javni radio, u svom je tehničkom razvoju pratio, u nekim okolnostima lakše, u drugima teže, svjetski razvoj znanosti i tehnologije te najbolju praksu sličnih europskih ustanova. Nastao je kao rezultat entuzijazma i nastojanja radiofila te je 1926. iz amaterskih aktivnosti prešao u profesionalni ustroj i dalje njegujući entuzijazam kako programske tako i tehničke ekipe. Kako u svijetu, tako i u razvoju javnoga radija u Hrvatskoj mogu se primijetiti promjene paradigme tehnološkog razvoja: od omogućavanja radijske usluge i njenog pokrivanja na cjelokupnom teritoriju, preko unapređivanja kvalitete, do faze povećavanja efikasnosti ključnih procesa i napokon uključivanja u digitalnu ekonomiju. Današnji radijski inženjer, koji brine o digitalnom proizvodnom sustavu, mora uzeti u obzir ne samo tehničku kvalitetu nego i sigurnost sustava (zaštitu od neovlaštenog korištenja ili gubitka podataka), financijsku, vremensku i energetsku efikasnost, nadzor nad ukupnim funkcijama sustava itd. U mnogim trenucima inženjeri i tehničari Radija borili su se s nedostatkom materijala i opreme te zastojima u investicijama, s nedostatkom ili neefikasno razbacanim radnim prostorima, pa ipak su, vođeni tipičnim inženjerskim porivom "omogućavanja" i svojom vizijom tehničke kvalitete usluge, poduzimali sve što je bilo u njihovoj moći da radio radi i razvija se bez prekida te postane i ostane relevantan medij.

Literatura

[1] Šimunović, D.; Fajt, S.; Bujić, N.: *Razvoj radijske i televizijske tehnologije*, objavljen u ovom Godišnjaku HATZ-a

[2] Hrvatska enciklopedija, *Dostupan na* https://www.enciklopedija.hr/ *Pristupljeno:* 2020-02-10

[3] Leksikon Hrvatske radiotelevizije, *Dostupan na* https://obljetnica.hrt.hr/static/doc/hrt_leksikon.pdf *Pristupljeno:* 2020-02-10

[4] Torbarina, D.: *Nekoliko podataka iz povijesti razvoja radioamaterizma na prostoru bivše Jugoslavije*, *Dostupan na* http://www.croatianhistory.net/gif/science/tkalcevic/mladen_torbarina.pdf, *Pristupljeno:* 2020-01-23

[5] Galić, R.: *Tehnički razvoj radija i televizije u Jugoslaviji 1926-1986*., Školska knjiga, 654.17/.19(497.13)"1926/1986"(035.5) Zagreb, 1986.

[6] Hrvatska enciklopedija, ID=29436, *Dostupan na* https://www.enciklopedija.hr/ *Pristupljeno:* 2020-02-10

[7] Lipovšćak, V.: Povijest zvučnih zapisa u Hrvatskoj, *Muzeologija*, Vol. (51), str. 301-317, 2014., *Dostupan na* https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=231714

[8] Tehnički fakultet u Zagrebu, *Dostupan na* https://tehnika.lzmk.hr/tehnicki-fakultet-u-zagrebu/ *Pristupljeno:* 2020-02-10

[9] Benčić, Z.; Fajt, S. & Hanžek, B.: The first remote recording of gramophone records in continental Europe (Zagreb, 1927) for HISTELCON 15, *History of High-Technologies and their Socio-Cultural Contexts Conference (HISTELCON), 2015 ICOHTEC/IEEE International*, ISBN 978-1-5090-0065-4, Tel-Aviv, Izrael, 18-19.08.2015.

[10] Vončina, N.: Godine zastoja 1929.-1940., *Prilozi za povijest radija u Hrvatskoj*, Radio Zagreb, Zagreb, 1983.

[11] Hrvatska enciklopedija, *Dostupan na* https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx? ID=8154 *Pristupljeno:* 2020-02-10

[12] Hrvatska enciklopedija, *Dostupan na* https://www.enciklopedija.hr/ Natuknica.aspx? ID=29463 *Pristupljeno:* 2020-02-10

[13] Hrvatska enciklopedija, *Dostupan na* https://www.enciklopedija.hr/ Natuknica.aspx? ID=26516 *Pristupljeno:* 2020-02-10

[14] Mučalo, M.: Radio medij 20. stoljeća, *Dostupan na* https://www.fpzg.unizg.hr/images/50441639/Mucalo%20Marina-Radio-medij%2020.%20stoljeca.pdf *Pristupljeno:* 2020-01-25

[15] Grupa autora: *Radio Dubrovnik, 70 godina*, Hrvatski radio – Radiopostaja Dubrovnik, ISBN 978-953-6173-45-7, Dubrovnik, (2012.)

[16] Tomašić, A.: 70 godina Hrvatskog radija – Radiopostaje Dubrovnik**,** *MediAnali : međunarodni znanstveni časopis za pitanja medija, novinarstva, masovnog komuniciranja i odnosa s javnostima*, Vol. 7 No. 14, 2013., *Dostupan na* https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=218307 *Pristupljeno:* 2020-02-10

[17] Grupa autora: *Sedamdeset godina Radio Osijeka (fotomonografija u prigodi 70. obljetnice Radio Osijeka)*, HRT Centar Osijek – Radiopostaja Osijek, ISBN 978-953-6173-48-8

[18] Vončina, N.: *Dvanaest prevratnih godina 1941.-1953.,* Prilozi za povijest radija u Hrvatskoj II, Hrvatski radio, ISSN 0353-9873, Zagreb, 1997.

[19] …: O postaji – HRT – Radio Split, *Dostupan na* https://radio.hrt.hr/radio-split/o_postaji/ *Pristupljeno:* 2020-02-10

[20] Grupa autora: *Radio Rijeka, Prvih 50 godina*, Gorin d.o.o., ISBN 953-6391-3-1, Rijeka 1995.

[21] Pavelić, P.: *List Radiotelevizije Zagreb*, br.13, 15. svibnja 1974.

[22] *Naš studio*, br. 18, ožujak 1968., *Statut Radio televizije Zagreb*

[23] Vončina, N.: *Radiotelevizija Zagreb 1959.-1964.,* Prilozi za povijest radija u Hrvatskoj IV, Hrvatski radio, ISBN 953-6173-21-2, Zagreb, 2001.

[24] *List Radiotelevizije Zagreb*, br.13, 15. rujan 1986.

[25] Zakon o Hrvatskoj radioteleviziji, *Narodne novine*, 1990. broj 28/90

[26] Zakon o Hrvatskoj radioteleviziji – pročišćeni tekst, *Narodne novine*, 1992. broj 43/92

[27] Grupa autora: *Ovdje Hrvatski radio Knin, Na valu slobode*, HRT, ISBN 978-953-6173-50-1, Knin, 2015.

[28] Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o Hrvatskoj radio-televiziji, *Narodne novine*, 1996. broj 24/96

[29] Vremeplov HRT, *Dostupan na* https://obljetnica.hrt.hr/vremeplov/1920/ *Pristupljeno:* 2020-02-10

Tehnički razvoj javne televizije u Hrvatskoj

Damir Šimunović,

Nikolina Bujić,

Prof. dr. sc. **Siniša Fajt**, član suradnik HATZ-a,
Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva, sinisa.fajt@fer.hr

Sažetak: *Na tada već vrlo stabilnim temeljima Radio Zagreba, 1956. je nastala Televizija Zagreb, danas Hrvatska televizija. Okolnosti joj nisu omogućile da nastane ranije, iako je snažna želja, osobito u tehničkim krugovima, postojala. Napokon su se tih godina stekli uvjeti za investicije i razvoj koji je, kada je napokon krenuo, bio nezaustavljiv. Iako se susretala s još većim poteškoćama nego stariji brat radio zbog svojih većih zahtjeva na prostor i ljudske resurse, skuplje tehnologije i općenito skuplje produkcije, televizija je kroz dugi niz godina imala veliku podršku publike. Prijelomni trenutak bilo je preseljenje na Prisavlje u velike studije te ulaganja u terensku tehniku što je omogućilo realizaciju najzahtjevnih programskih projekata u ovom dijelu Europe. Ovaj tekst odaje priznanje ljudima koji su to ostvarili.*

Ključne riječi: *televizija, medij, Televizija Zagreb, Hrvatska televizija*

1. Uvod

Televizija je u svijetu bila vodeći medij druge polovice 20. i prvog desetljeća 21. stoljeća. U Hrvatskoj, kao i u zemljama neposrednog okruženja, značajniji je medij od radija, a osobito od tiska. Javna je televizija kroz ta desetljeća odigrala izuzetno važnu društvenu ulogu, osobito tijekom Domovinskoga rata. No, televizija je i vrlo skupa "igračka", osobito u maloj zemlji s malim prihodom po stanovniku i malim brojem stanovnika. Tehnička oprema potrebna bilo za snimanje dramsko-dokumentarne serije ili zabavno-glazbene emisije jednako košta javnu televiziju u Hrvatskoj kao i u zemlji sa 10 puta više obveznika plaćanja pristojbe i 20 puta većim prihodom. Istodobno, zahtjevi korisnika audiovizualnih medijskih usluga u Hrvatskoj prate svjetske trendove, osobito u posljednje vrijeme kada su moćna korisnička oprema kao i konkurentne komercijalne usluge globalno dostupni.

Ovaj tekst se u bitnome oslanja na tekstove Razvoj radijske i televizijske tehnologije [1] i Tehnički razvoj javnoga radija u Hrvatskoj [2] u kronološkom smislu te objašnjenjima spomenutih tehnologija, institucija i kratica, a dopunjava ih samo specifičnostima televizije.

Sve društvene, političke, ekonomske i druge okolnosti opisane kao relevantne za razvoj javnog radija u Hrvatskoj jednako su važne i za razvoj televizije te ga je potrebno staviti u taj kontekst.

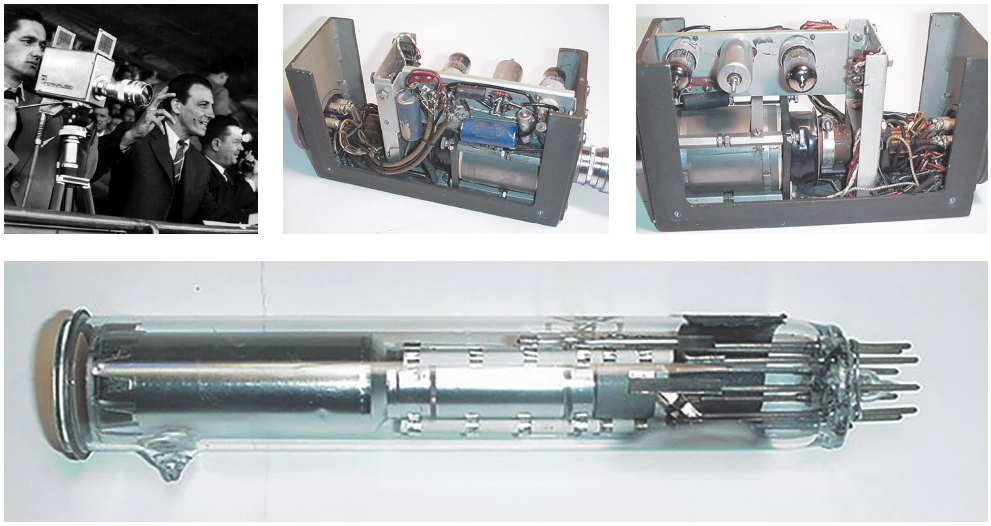
2. Televizija Zagreb do 1960-tih

15. svibnja 1956. proradio je u Tomislavovom domu na Sljemenu prvi televizijski odašiljač u Jugoslaviji. Odašiljač TV 305 snage 50 W s antenskim sustavom posuđen je od francuske tvrtke *CFTH*. U 18 sati toga dana započelo je prvo televizijsko emitiranje tako što je prenošen program ORF-a. Televizori su bili razmješteni u izlozima nekoliko zagrebačkih robnih kuća.

Prvi vlastiti program Televizija Zagreb emitirala je 7. rujna 1956. izravnim prijenosom otvorenja Zagrebačkog velesajma od 10:55 do 11:20. Prenosi su obavljani i 9., 14. i 15. rujna, a 17. i 19. s Velesajma se emitira domaći program. Signal se šalje izravno s Velesajma na Sljeme. Prije toga je 3. kolovoza novopristiglom opremom tvrtke *CFTH* iz Jurišićeve 4 eksperimentalno i interno obavljena "emisija" s Trga Republike, a 3. rujna je izveden prezentacijski program za služenike i uzvanike. 17. studenoga je uređajem CSF TM 110 uspostavljena veza između Jurišićeve 4 i odašiljača na Sljemenu.[3] 29. studenoga počelo je eksperimentalno emitiranje iz Jurišićeve 4.

Iste su godine uspostavljeni dobri odnosi s američkom tvrtkom *RCA*, koju je zastupalo ljubljansko uvozno-izvozno poduzeće *Intertrade* te je riješen problem dobave "devizne" opreme koji je u to doba bio jedna od prepreka razvoja. 30. svibnja 1957. demontiran je posuđeni odašiljač TV 305 i vraćen u Francusku, a instaliran je novi *RCA* odašiljač TT 500 B snage 500 W.[3]

12. svibnja 1957. emitiran je izravni prijenos nogometne utakmice Jugoslavija – Italija. Korištene su posuđene *RCA* kamere s vidikon cijevima. Prijenos je realiziran tako da je na stadionu u Maksimiru bio postavljen odašiljač čiji signal je u Tomislavovom domu primao relejni prijemnik poznat pod njemačkim nazivom *Ballempfänger* i prosljeđivao ga odašiljaču. Osim u izlozima trgovina prijenos se javno mogao pratiti i u dvorani Istra.



Sl. 1. *Gore lijevo*: Kamerman s RCA kamerom [izvor: hrt.hr]; *gore sredina i desno*: sklopovi unutar kamere; *dolje*: vidikon cijev 6326 [izvor: myvintagetv.com]

14. srpnja 1957. izravno je prvim reportažnim vozilom Televizije Zagreb prenošeno sportsko natjecanje II. Gymnaestrada. Vozilo nabavljeno od tvrtke *Marconi* s trima crno-bijelim kamerama MK2 i ugrađenom mobilnom vezom bilo je zaprimljeno početkom srpnja. Kamere su imale *image orthicon* (IO)[1] cijevi, 5-palčani elektronički vizir, četiri objektiva u standardnoj izvedbi (žarišne duljine: 2 palca f/1-9, 3 palca f/1-9, 5 palaca f/3-5 i 8 palaca f/4-5), a posebno se mogao kupiti teleobjektiv sa zoomom (žarišne duljine: 12 palaca f/4-5, 17 palaca f/5-6, 25 palaca f/5-8 i 30 palaca f/9.4). Kabel kamere bio je dugačak 1000 stopa. U kompletu se nalazio CCU (*camera control unit*) BD626 i PSU (*power supply unit*) BD629, a kućište je bilo izvedeno u studijskoj i prijenosnoj varijanti.[4] Vozilo je korišteno do 1979. Prvu posadu činili su šef kola inženjer **Berislav Brajan** i tehničari Branko Pavlinić, Tomislav Privora, Zvonimir Lozanić, T. Pichler, Dragutin Brundić, Todor Dedić i drugi.

1958. uređena su u Šubićevoj 20 dva televizijska studija, jedan veći i jedan manji, opremljena rasvjetom. Režija je bila odvojena od ostalih prostora.

Iste godine osnovan je Filmski odjel kojemu je prvi šef bio novinar V. Škarica. Crno-bijeli filmovi razvijaju se, montiraju i nakon telekiniranja arhiviraju u Kinoklubu Zagreb. U početku se razvija preokretni film (postupak u kojemu se direktno dobiva pozitiv), a kasnije negativ i pozitiv. 1964. otvoren je Filmski laboratorij Televizije Zagreb u Ilici 213. 1969. uvedene su kemijska i senzitometrijska kontrola kvalitete procesa razvijanja filma s pomoću denzitometra. 1971. uveden je preokretni film u boji, a zatim kolor pozitiv. U suradnji s Jadran filmom uveden je i kolor negativ.[5]

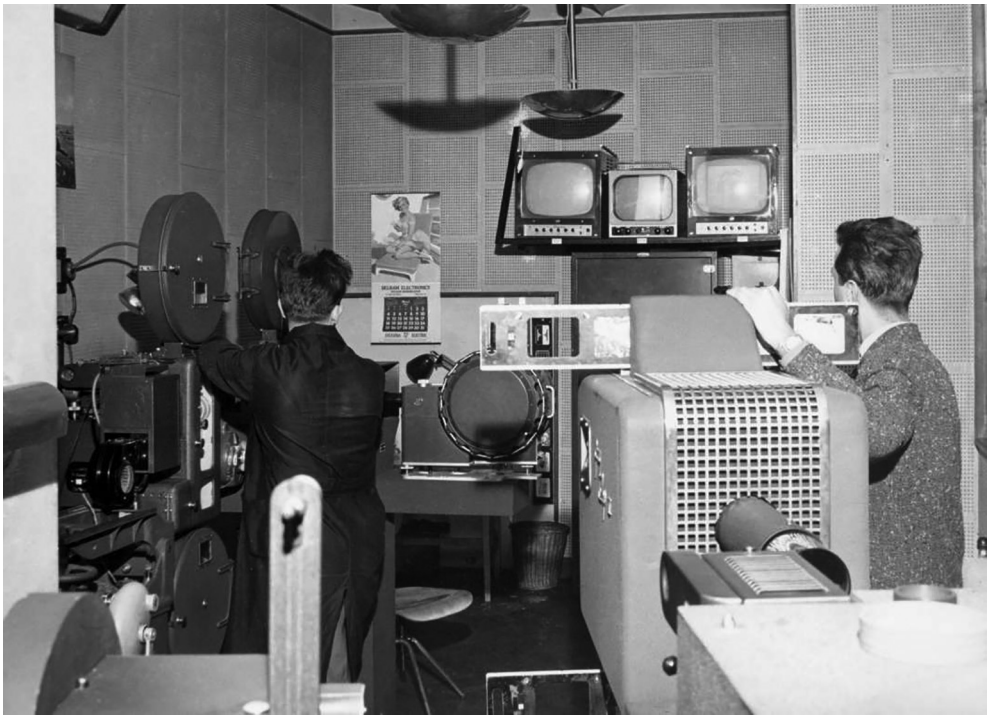


Sl. 2. *Gore lijevo*: Kamera Marconi MkII [izvor: tvcameramuseum.org]; *gore desno*: kamera na Gymnaestradi [izvor: hrt.hr]; *u srednjem redu*: sklopovlje s desne i lijeve strane kamere [izvor: tvcameramuseum.org]; *dolje*: priključna ploča [izvor: tvcameramuseum.org]



Sl. 3. Televizijski studio u Šubićevoj 20 [izvor: hrt.hr]

1960. formiran je u Šubićevoj pogon Telekino jer je u Studiju A bio postavljen telekino uređaj koji je ondje ostao do preseljenja na SBF (zgrada na Miramarskoj cesti unajmljena od Strojarsko-brodograđevnog fakulteta, danas Fakultet strojarstva i brodogradnje). Jedan od prvih voditelja bio je **Konrad Špiljak Deko**.[5]



Sl. 4. Pogon telekino u Šubićevoj 20 [izvor: mediadaily.biz]

U to vrijeme u Šubićevoj je postojala glavna kontrola (u žargonu: Master) koja je raspolagala cijevnim tonskim mješalom *RCA* BC 6A, mehaničkim preklopnikom za pet videosignala TS 5 i jednom vidikon kamerom za najave, a zadatak pogona je bio emitiranje programa te prespajanje veza i komunikacija. Tonsko mješalo BC 6A imalo je 5 mono ulaza s predbiranjem i mikrofonskim pretpojačalom, dva stereo ulaza, svi ulazi impedancije 150Ω odijeljeni transformatorom, dvokanalni/ste-



Sl. 5. Tonsko mješalo RCA BC 6A [izvor: americanradiohistory.com]

reo izlaz impedancije 600Ω te izlaze za kontrolne zvučnike, monitoring zvučnike, *cue* monitoring izlaz s predbiranjem i dva VU-metra na izlaznim kanalima. Prvi šef pogona bio je **Božidar Rogić**, a od 1966. do 1977. **Ivica Urličić**. U pokretanju i razvoju mastera u to vrijeme sudjelovao je i **Ivan Seitz**.

1958. uspostavljena je mreža Jugoslavenske radiotelevizije (JRT-a) i postavljene su usmjerene veze između Beograda, Zagreba i Ljubljane. U početku je postojala samo jedna jednosmjerna veza Ljubljana – Beograd – Skopje.[5]

31. prosinca 1960. rješenjem Sekretarijata za informiranje Saveznoga izvršnog vijeća uvedena je televizijska pretplata od 1. siječnja 1961.[6]

1961. i 1962. emitirana je prva igrana serija Televizije Zagreb "Stoljetna eskadra" u 14 epizoda uživo iz raznih mjesta na jadranskoj obali.[6]

1961. je, na traženje RTZ-a, u skladu s urbanističkim planom razvoja Zagreba, Skupština grada Zagreba odredila lokaciju za Dom RTZ-a u Trnju, između Save i tadašnjeg Auto-puta (današnje Slavonske avenije), zapadno od prilaza Mostu slobode. Površina lokacije je 86.400 m^2. 1962. je raspisan natječaj za idejni projekt kompleksa na koji je prijavljeno čak 44 rada.[3] 1965. održano je stručno savjetovanje na kojemu su sudjelovali domaći i europski stručnjaci. Vodio ga je savjetnik generalnog direktora RTZ-a za tehniku, inženjer **Roman Galić**. 1966. do 1968. projektirane su zgrade i načinjen investicijski program. Do kraja 1971. osigurana su financijska sredstva za prvu fazu gradnje i pripremalo se gradilište. Građevinska dozvola izdana je tek u ožujku 1977.

1962. pušten je u rad veliki televizijski studio površine 460 kvadratnih metara u Radničkom domu u Zagrebu. Bio je opremljen crno-bijelim *RCA* kamerama i *Strand* rasvjetom. Prethodno su iz istog prostora emisije bile proizvođene uz pomoć *Marconi* reportažnih kola. 1965. započelo je preuređenje toga studija nazvanog Studio C pa je ponovo pušten u rad u proljeće 1966.

Televizija Zagreb prve je magnetoskope *RCA* TR22 tipa *quadruplex* s vrpcama širine 2"[1] nabavila 1963. i montirani su u Šubićevoj 20. Instalaciju je vodio **Ivan Seitz**, a prvi koji su preuzeli brigu o njima su bili **Zvonimir Lozanić** i **Nenad Borčić**. 8. travnja 1963. prvi je puta upotrijebljen magnetoskop za snimanje dramske probe u studiju u Šubićevoj. Uvođenje magnetoskopa bitno je promijenilo procese proizvodnje i emitiranja. Iako se prethodno za to koristio film, tek je upotebom magnetoskopa stvarno omogućeno emitiranje unaprijed snimljenih emisija ili priloga. 1965./66. nabavljeni su magnetoskopi tvrtke *Ampex*.

1964. nabavljena su dvoja televizijska reportažna kola. Početkom srpnja stigla su kola CFTH1 s trima kamerama s 3" ortikon cijevima. Krajem godine stigla su kola



Sl. 6. Inženjer Ivan Seitz ispred magnetoskopa *RCA* TR22 *quadruplex* [izvor: hrt.hr]

CFTH2 također s trima kamerama, ali sa 4,5" ortikon cijevima, u dvije jedinice. U prvom dijelu nalazile su se programska režija s video mješalom, tonska režija s tonskim mješalom te magnetoskop i dva magnetofona. U drugom dijelu bile su smještene kamere, 16-milimetarski projektor s vidikon-kamerom, mikrovalni link, radioveza i agregat.[5]

24. srpnja 1964. ostvaren je prvi izravni prijenos s otoka. Signal je od reportažnih kola RK1 i CFTH1 pokretnim vezama prebačen do objekta na Labinštici, a zatim preko PTT veza do tornja na Mirogoju u Zagrebu.[5]

1968. inženjer **Boris Balley** s tvrtkom Fernseh (kasnije Bosch) projektira i provodi zamjenu cijevne *RCA* tehnologije u Masteru i režijama poluvodičkom *Schlumberger* tehnologijom.

3.-5. listopada 1968. ostvaren je prvi prijenos Televizije Zagreb u boji, s Festivala Opatija. U dvorani je uz četiri crno-bijele kamere postavljena i jedna kamera u boji čiji se signal posebnim vezama slao u Zagreb.[5]

1969. s radom je započeo televizijski centar Split u vili Ferić na Mejama, kamo se 1968. preselio i Radio Split.

3. Tehnički razvoj televizije Zagreb od 1970-tih do 1990.

17. veljače 1973. počelo je redovito emitiranje Drugoga programa Televizije Zagreb nakon tromjesečnog eksperimentalnog i ranijeg povremenog emitiranja.

Početkom 1970-tih formirane su i opremljene režije za nacionalnu i internacionalnu razmjenu pod vodstvom **Ivice Urličića** i **Borisa Balleya**.

U to vrijeme pod vodstvom Borisa Balleya master na SBF-u proširuje se poluvodičkom Bosch Fernseh video opremom, a u vlastitoj radionici izrađeno je proširenje tonske matrice i tonski dio master kontrole pod vodstvom **D. Venclera**.

1964. novinar s Radio Pule počinje se baviti televizijskim novinarstvom 1970. formira se dopisništvo Pula. Početkom 80-tih dopisništvo se seli na pulski Forum. 1982. Dobiva elektroničku opremu za snimanje i zasebnu vezu sa Zagrebom. 1995. seli u Dom JNA te dobiva montažu.

1973. RTZ je nabavio reportažna kola RK4 od tvrtke *Marconi*, prva opremljena sa četiri kamere u boji *Marconi* MK8. Sastoje se od dva vozila: u prvome su programska režija, kontrola slike i tehnička kontrola, a u drugom tonska režija i agregat. 16. travnja 1974. ostvaren je tim reportažnim kolima prvi izravni prijenos u boji iz Dvorane mladosti na Trsatu.

1975. televizijski studiji iz Šubićeve sele se na Strojarsko-brodograditeljski fakultet (SBF) gdje se postavljaju dva studija (Studio A i Studio B) s kamerama *Robert Bosch Fernsehanlagen* tip KCU 40 koje su imale po tri cijevi plumbicon.[5] Projekt preseljenja vode inženjeri **Ivica Urličić** i **Boris Balley**. Prelazi se postupno na emitiranje u boji.

Nakon dobivanja dozvole za gradnju Doma Radio-televizije Zagreb na Prisavlju u ožujku 1977. potpisan je prvi ugovor o gradnji. U međuvremenu je došlo do brojnih izmjena u planovima i projektima što je uzrokovalo bitne promjene u cijenama izvedbe pojedinih segmenata, a veliki utjecaj imala je i devalvacija jugoslavenske valute u odnosu na projekt, planove i financijsku konstrukciju načinjenu 1968. Iz-

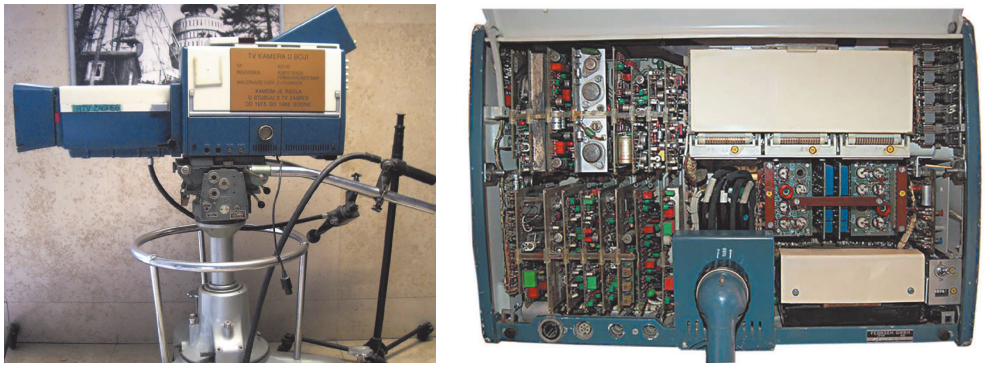


Sl. 7. Reportažna kola RK4 *Marconi* [izvor: hrt.hr]

gradnja je sada usmjerena samo na televizijski tehnološki segment, a radijski segment kao i prostori za ostale zajedničke administrativne službe zanemareni su.

1975. RTZ nabavlja dvoja manja reportažna kola RK5 i RK6 s po jednom odnosno dvije kamere tvrtke *Bosch Fernseh*.

1976. s radom počinje regionalni televizijski centar Rijeka.



Sl. 8. Kamera KCU 40 i dio njenog sklopovlja; kamera se prije svake upotrebe morala zagrijati na radnu temperaturu i zatim pažljivo podesiti po svim parametrima standardnog PAL video signala

Iste godine RTZ nabavlja reportažna kola RK7 od tvrtke *Marconi* s tri kamere *Marconi* MK8.

16.-19. kolovoza 1976. u dotada najsloženijem projektu Televizija Zagreb sa svojom i opremom iz drugih JRT centara za čitav svijet prenosi konferencije nesvrstanih zemalja u Colombu. Dopremljena su četiri reportažna vozila, rasvjeta, tonska i druga oprema. Iz Colomba ostvarena je veza na japansku satelitsku postaju. Voditelj toga projekta bio je Mirko Bolfek, a tehničko vodstvo činili su **Dubravko Šarić**, **Jerko Vukov**, **Ivica Urličić**, **V. Bakarić** i **Bernard Dešković**.[5]

15.-29. rujna 1979. Radio-televizija Zagreb prenosila je i izvješćivala sa sportskih natjecanja na VIII. Mediteranskim igrama u Splitu. Tada je s radom započeo novosagrađeni Televizijski centar Split koji je dobio i reportažna kola RK9 s tri *RCA* kamere u boji. Za potrebe toga projekta nabavljen je magnetoskop *Ampex* VPR, prvi 1" magnetoskop u ovom dijelu Europe. Tehničko vodstvo tog projekta činili su **Dubravko Šarić**, **Bernard Dešković** i **Jerko Vukov**.

U lipnju 1980. počela su s radom reportažna kola RK8, prva proizvedena u Hrvatskoj. Opremljena su sa četiri kamere u boji Marconi MK9. Šasija je izrađena u Tvornici autobusa Zagreb, a projekt i montažu opreme realizirali su radnici Televizije Zagreb.[5]

1981. nabavljeni su magnetoskopi U-matic s vrpcama širine ¾" u kasetama. Manipulacija vrpcama u kasetama bitno je ubrzala proizvodni proces, a osobito u mobilnim jedinicama. Nove ENG elektroničke kamere istiskuju film iz proizvodnog lanca.

1982. montiraju se RCA kamere u Studiju C u Radničkom domu. Na projektu su radili: **Nataša Starčević**, Zoran Martinović, Vladimir Koletić, Mladen Udatny, Mira Milica Olenković i Branko Tadić.

1983. Televizija Zagreb nabavlja prvi digitalni uređaj u svom proizvodnom sustavu, digitalne sinkronizatore slike (*frame* sinkronizatore). Preuzimanje i instalaciju tih uređaja u Masteru obavili su inženjeri **Božidar Rogić** i **Damir Šimunović**.

1984. RTZ kao dio JRT-a sudjeluje u tehničkoj i programskoj realizaciji prijenosa i izvješćivanja sa Zimskih olimpijskih igara u Sarajevu.

Nakon preseljenja Telekina na SBF sve se više tražilo ne samo presnimavanje filma nego i statičkih fotografija odnosno filmski izrađenih naslova, špica i sl. Zapravo su se zahtjevi usmjeravali prema elektroničkoj grafici. To je 1985. dovelo do uvođenja prvog uređaja za digitalnu elektroničku pohranu statičkih slika (*Ampex*ov *Electronic Still Store*, ESS) i prvog uređaja za statičku računalno podržanu grafiku

Flair "computerized paintbox". U to vrijeme Telekino su vodili **Tomislav Nevjestić** pa zatim **Srebrenka Sučević**, a na pokretanju *Flair*a radio je i **Damir Šimunović**. Flair je nudio 3-D efekte, paletu od 16 milijuna boja s dotada neviđenim gradacijama sa do 256 stupnjeva, imao je veliku ploču (*tablet*) za crtanje, a omogućavao je snimanje statičkih slika kamerom i daljnju računalnu obradu. Svaki je ilustrator mogao kreirati svoju paletu boja.

U to vrijeme uvode se prvi digitalni generatori grafičkog ispisa teksta (eng. *character generator*) koji daju *key* ("rupa") i *fill* ("popuna") signale za urezivanje u televizijsku sliku. Nabavlja se veliki generator *Chyron*, na instalaciji i uvođenju u rad angažirani su **Tomislav Mikulić** i **Antun Šernhorst**. Nakon preseljenja u Dom RTZ-a nabavljaju se generatori tvrtki *Aston* i *Quanta*.

1985. napokon su na Prisavlju u potpunosti izgrađene dvije zgrade – blok 50 namijenjen energetskom centru i blok 20 namijenjen "sporovoznim" studijima. 15. svibnja 1985. energetski blok, koji su projektirali i izveli **Boris Prodan**, **Nenad Borčić** i Željko Pale, stavljen je u pogon. Također su u bloku 20 građevinski završeni studijski prostori, prostori za radionice scenografije i uredski prostori. U bloku 10, prema sjećanjima Željka Palea, djelomično je uređeno prizemlje te energetske instalacije na 1. katu.

1985/6 seli se Studio C iz Radničkog doma u Dom RTZ-a, u netom izgrađeni blok 10. Montira se prvo veći Studio 7 u prizemlju (u početku nazvan Studio A), a potom manji Studio 6 na 2. katu (Studio B). U tom su projektu sudjelovali: **Nataša Starčević**, **Metka Kapetanović**, **Saša Gluščević**, Zoran Martinović, Todor Dedić, Milica Olenković, Vlado Finek, Ivana Matanić, Vladimir Koletić, Branko Tadić i Đuro Hodalić. Kako su ti studiji na lokaciji Prisavlje zapravo bili dislocirani, da bi im se osigurala autonomija u radu imali su svoje 1" magnetoskope i vlastiti interkomski sustav.

1986. Televizija Zagreb pokreće nabavu novoga prespojnog matričnog sustava koji bi u novom Domu RTZ-a zamijenio vrlo stari sustav nedostatnog kapaciteta *Bosch* na SBF-u. Specifikaciju su izradili inženjeri **Branko Martinec** i **Stevo Sučević**. 1987. odabrana je ponuda tvrtke *GVG* koja se sastojala od tri prespojna sustava Horizon: glavni za interna prespajanja AV signala te dva manja za vanjske i međunarodne veze i za potrebe Odašiljača i veza. Novi matrični sustav imao je centralno računalno konfiguriranje i upravljanje, a svaki korisnik jednog ili više izlaza mogao je, prema postavljenoj konfiguraciji, sam odabrati video i audio signal. Probni sustav je u Masteru na SBF-u postavio, konfigurirao i testirao **Damir Šimunović**. Isti probni sustav upotrijebljen je već za prespajanje signala i master kontrolu za Univerzijadu u tek izgrađenim prostorijama u dijelu drugog kata bloka 10 na Prisavlju. Privremeni master vodio je Branko Martinec, a za montažu, konfiguriranje i rad

matrice i svih AV konekcija prema privremenim montažama, centru veza i drugim korisnicima bio je zadužen Damir Šimunović.

1987. je, u sklopu priprema za preseljenje svih televizijskih proizvodnih pogona u novi Dom RTZ-a, preko tvrtke *Siemens* kupljen interkomski sustav, ali u dijelovima, pa je **Damir Šimunović** s još dvojicom tehničara taj sustav prvo sklapao u Beču, a zatim ga je privremeno instalirao za Univerzijadu te konačno, prilikom preseljenja, u novom bloku 10 na Prisavlju. Sustav je povezao sve režije, kontrolu i sve pogone magnetoskopa odnosno telekina, a Masteru je omogućio prosljeđivanje vanjskih četverožičnih veza na interkomske komunikacije.

8.-19. srpnja 1987. obavljeni su prijenosi i izvješćivanje sa XIV. ljetne Univerzijade u Zagrebu. Tehnički dio vodio je **Jerko Vukov**. U nedovršenoj zgradi bloka 10 na Prisavlju privremeno su formirane redakcije, AV montaže, spomenuti master i centar veza, a na tornju su bile postavljene prijenosne veze RTZ-a i drugih članica JRT-a.

Odmah po završetku Univerzijade formira se projektni tim za planiranje preseljenja televizijskih proizvodnih pogona iz SBF-a na Prisavlje u sastavu **Branko Martinec**, **Božidar Rogić**, **Damir Šimunović** i **Vladimir Sokolić**. Za energetiku je zadužen **Boris Prodan**. Izrađuje se projekt svih televizijskih tehnoloških instalacija potrebnih za produkciju informativnog i sportskog programa (Studiji 4 i 5 s pripadajućim komentatorskim kabinama, tzv. brzovozne montaže), kontrola magnetoskopa, kontrola telekina, režije za odvijanje programa (RDP1, 2 i 3) s pripadajućim studijima za najave i komentiranje te pripadajućim magnetoskopima za emitiranje, master kontrola s prespajanjem svih unutarnjih te dolaznih i odlaznih AV signala s tri GVG matrice, sinkronizatorima i distribucijama, interkomski sustav za komunikaciju svih režija sa svim drugim pogonima, četverožični sustav za vanjsku komunikaciju i drugo. Preseljenje je realizirano 1989.

Krajem 1980-tih uvode se analogni magnetoskopi Betacam[1] s vrpcama širine ½” u kasetama.

Podnaslovljivanje (u žargonu: titlanje) je proces upisivanja jedno– ili dvorednog teksta, uobičajeno u dnu slike, najčešće radi prevođenja. Prevođenje podnaslovljivanjem je tradicija Televizije Zagreb za razliku od nekih drugih televizija koje koriste tonsku sinkronizaciju (zamjenu izvornog govornog dijela zvuka prevedenim koji izgovaraju glumci ili spikeri). U početku se podnaslovljivanje obavljalo filmskom tehnologijom što je bio izrazito spor, nespretan i neprecizan proces. 1980-tih uvedeni su elektronički uređaji tvrtke *Tore Seem*. Radilo se o posve zatvorenim računalima s diskovnom jedinicom od 12” te s dodatnim elektroničkim sklopovima koji su omogućavali urezivanje u video signal bijelih znakova posebno odabranog oblika (fonta) nad poluprozirnom pozadinom. Na tri takva uređaja obavljao se upis

podnaslova i unos vremenskog koda te ispis sa snimanjem rezultata na magnetoskop. 1989. je **Damir Šimunović** uspio vlastitim izumom povezati standardno osobno računalo na uređaje *Tore Seem* te omogućiti prebacivanje teksta i vremenskog koda. Razvio je softver za upis podnaslova i vremenskog koda što je višestruko povećalo efikasnost procesa. Prevođenje i unos su se sada mogli obavljati na neograničenom broju osobnih računala prevoditelja, pa i od kuće, a *Tore Seem* uređaji obavljali su samo ispis.

28. travnja 1990. počelo je na Prvom programu emitiranje teleteksta. Na tom projektu radili su **Božidar Rogić** i **Duško Zimonja**.

4. svibnja 1990. puštena je na Prisavlju u rad odašiljačko-prijemna satelitska postaja u sustavu EBU-a namijenjena prijenosu i razmjeni AV materijala s drugim članicama. Promjer antene je 7,6 m, masa 4.000 kg. Postaju je projektirao inženjer **Berislav Brajan**.

5. svibnja 1990. Radio-televizija Zagreb bila je domaćin 35. natjecanja *Pjesma Eurovizije – Eurosong '90*. Natjecanje je održano u Koncertnoj dvorani Vatroslava Lisinskog koja je za tu svrhu praktički preuređena u televizijski studio. Uz tonsku instalaciju (vidi [2]) postavljena je televizijska scenografija, izgrađene su privremena televizijska režija i posebna režija za provođenje glasanja prema propozicijama Eurosonga, postavljena je televizijska studijska rasvjeta, izgrađen blok garderoba i šminke za natjecatelje itd. Signal je u Eurovizijsku razmjenu slan netom postavljenom EBU satelitskom postajom, kreiran je složeni sustav grafičkog praćenja nastupa i glasanja, po prvi puta primijenjen je *steadycam* pri čemu je posebna zanimljivost bila mikrovalna veza u samoj dvorani. Producent je bio Goran Radman, a tehnički producent **Stevo Sučević**. Prijenos je u svijetu pratilo više od milijardu gledatelja.

4. Tehnički razvoj Hrvatske televizije od 1990.

4.1 Hrvatska televizija u domovinskom ratu i neposredno nakon njega

1. ožujka 1991. proizvodnja i emitiranje programa Z3 dolazi pod imenom HTV3 u organizaciju HRT-a. Za tu svrhu u vrlo kratkom roku, dijelom iz neiskorištene opreme HRT-a, a dijelom od opreme sa Zagrebačkog velesajma, inženjer **Damir Šimunović** sklapa novi Studio 9 i preuzima njegovo vođenje. Studio 9 bio je u mnogočemu neobičan u odnosu na dotadašnje strukture: tehnološki i organizacijski samostalan, opremljen uređajima vrlo različitih generacija uključujući grafički uređaj na bazi osobnog računala *Commodore* Amiga, s vlastitom montažom i "bibliotekom" na kasetama, služio je tijekom dana za snimanja, montaže i emitiranje,

katkada i istodobno. HTV3 je zbog ratnih okolnosti prestao emitirati vlastiti program u rujnu 1991. pa je i Studio 9 privremeno prekinuo s radom.

Hrvatska televizija je za vrijeme Domovinskoga rata dijelila sudbinu i poduzimala slične aktivnosti kao i Hrvatski radio (vidi [2]). Nakon raketiranja odašiljača na Sljemenu prestaje proizvodnja programa HTV3. Od 29. kolovoza 1991. počeo se emitirati Mozaični program za slobodu, koji je podrazumijevao izravna javljanja s terena u bilo kojem trenutku. Izrađene su grafičke karte i ažurno ispisivana imena mjesta za koje je proglašena uzbuna za što se koristio grafički sustav Amiga iz Studija 9 koji je prestao s radom.

Ratnim opasnostima posebno su bili izloženi snimatelji HTV-a, koji su na teren odlazili kao ratni reporteri s kamerama na ramenu, i tehničari/tonski snimatelji, koji su ih pratili noseći odvojeni kasetni snimač spojen s kamerom 1,5 m dugačkim kabelom i mikrofon. Obavljajući svoje snimateljske zadatke poginuli su **Gordan Lederer** i Žarko Kaić, a tehničar **Dragan Krička** je ranjen. Za slanje informacija o agresiji u svijet koristila se netom postavljena EBU satelitska postaja te satelit EUTELSAT I, preko kojega se program HTV počeo emitirati 1991.[5]

1993. seli se dotadašnji Studio 9 s četvrtog kata bloka 10, kamo treba doći glazbeni studio Hrvatskog radija, u blok 20 gdje nastaje Studio 8. U preseljenju sudjeluju **Josip Novak**, koji je u međuvremenu preuzeo vođenje studija, te **Nataša Starčević**, **Metka Kapetanović**, **Davor Defar**, **Kazimir Bačić**, **Zoran Martinović** i **Vladimir Koletić**.

1993/94. su, prema koncepciji i pod vodstvom **Damira Šimunovića**, projektanti i programeri odjela Informatika HRT-a izradili prvu verziju informatičkog sustava za upravljanje emitiranjem i proizvodnjom PARTIS. Prvo je u produkciju stavljen podsustav POET namijenjen izradi programskih shema te planiranju i praćenju televizijskog emitiranja. Puštanjem u rad toga dijela sustava bitno se uštedjelo na papiru (jer su ranije rasporedi programa u velikom broju kopija tiskani i distribuirani svaki tjedan, a izvanredni svaki dan na brojna mjesta u organizaciji) i ubrzalo proces rada te omogućilo svim korisnicima da tenutno vide izmjene u programu. POET ima i svoj izvještajni dio koji je zamijenio rad cijele grupe analitičara koji su do tada iz izvještaja voditelja emitiranja dobivenih na papirima zbrajali i analizirali emitirani program. Zatim je izrađen podsustav PePe za izradu godišnjeg i pripremnog plana proizvodnje s fokusom na troškovnike. Godišnji plan je zapravo skup glavnih proizvodnih projekata u jednoj kalendarskoj godini, a pripremni planovi su izvedbeni projekti pri čemu se jedan glavni projekt može računati na više izvedbenih projekata ovisno o tehnologiji i uvjetima proizvodnje. PePe je bitno pridonio nadzoru i disciplini u planiranju praktički tjerajući cijelu organizaciju da pravodobno i cjelovito provode svoje aktivnosti planiranja. Treći podsustav je bio OPLA, operativno planiranje resursa u izvedbenim projektima, s tim da je u početku podsustav

bio primijenjen samo na tehničke resurse, a tek od 2009. i na ljudske resurse. Četvrti podsustav bio je REPRO u kojemu su se bilježile sve aktivnosti u realizaciji proizvodnje, od automatskog izdavanja naloga za nabavu i praćenja statusa nabave, preko evidencije računa u računovodstvu projekta, kasnije i evidencije internih troškova, do zaključivanja projekta i izvješćivanja. U izradi sustava sudjelovali su inženjeri: **Vinko Cippico**, **Darko Homar**, **Mislav Šimundić**, **Darko Bunić** i drugi. Uz dogradnju u nekoliko verzija sustav PARTIS još uvijek obavlja svoju funkciju bez koje je upravljanje televizijskim emitiranjem i prozvodnjom postalo nezamislivo. 2014., u verziji 4, objedinjeno je upravljanje televizijskim i radijskim procesima u jedan sustav.

Nakon akcije Oluja, 6. kolovoza 1995., u Kninu je postavljen privremeni televizijski studio koji je radio pet dana i iz kojega su se novinari HTV javljali uživo.[6]

1996. studiji 6 i 7 prelaze na CCD kamere (*Sony*). 1998. režija Studija 7 dobiva novo, digitalno video mješalo *Sony* DVS7200, prvo digitalnog mješalo Hrvatske televizije. Oba unapređenja provode **Nataša Starčević**, **Zoran Martinović** i **Vladimir Koletić**.

S obzirom da je među prvima koristio njihov sustav za internetsko reemitiranje radijskog programa (vidi [2]), HRT je 1997. na prijedlog tvrtke *RealNetworks* sudjelovao u probnom radu njihovog proizvoda RealVideo za reemitiranje televizijskog programa. Inženjerska ekipa odjela Informatike HRT-a u sastavu **Tomica Crnek**, **Robert Šveb** i **Damir Šimunović** prema uputama iz tvrtke *RealNetworks* instalirala je probnu verziju njihovoga softvera i konfigurirala vlastiti server, opremila osobno računalo grafičkom karticom koja je obavljala analogno digitalnu pretvorbu video i audio signala programa HTV1 dovedenog iz Mastera te među prvima u svijetu pustila u globalnu internetsku mrežu televizijski program. Nešto kasnije je inženjer **Velimir Cvitaš** konstruirao specijalni sklop koji je u signalu primljenom sa satelita otkrivao kada je program bio kodiran zbog zaštite autorskih prava te u to vrijeme puštao neki drugi sadržaj. Reemitiranje programa HTV1 na Internetu tim sustavom neprekinuto je trajalo do 2002. godine.

1994. ostvaren je izuzetno složeni projekt prijenosa dočeka i posjeta pape Ivana Pavla II. Hrvatskoj. Tada je prvi puta u povijesti papinskih putovanja izravno prenošen prolazak povorke od zračne luke do rezidencije. Ispred papina vozila kretalo se reportažno vozilo. HTV je prenosio i misu sa zagrebačkoga Hipodroma. Prilikom drugog posjeta 1998. prenošene su mise iz Marije Bistrice i Splita, a prilikom trećega 2003. iz Rijeke, Dubrovnika, Osijeka, Đakova i Zadra. Tehnički voditelj je za sva tri posjeta bio **Jerko Vukov**, a tehničku ekipu činili su Bernard Dešković, Vladimir Dvorski, Marijan Vukov-Colić, Zdenko Kišak, Nikola Skupnik, Davor Defar, Mile Boban, Ante Radovčić, Nikola Bonačić-Krešić, Neven Bolanča, Mirko

Višić, Boris Mikulić, Krešimir Jurić, Kazimir Bačić, Boris Kotarski, Zdenko Birer, Ivica Cvitan i Marko Martinović.[5]

30. svibanj 1995. povodom Dana državnosti, održan je na zagrebačkom Jarunu vojni mimohod. Prijenos tog događaja HTV je realizirao s 12 kamera uzduž cijelog puta mimohoda. Tehniku su vodili: **Bernad Dešković**, **Marijan Vukov Colić**, **Ante Radovčić**, **Davor Defar**, **Mile Boban**, **Vladimir Dvorski** i **Nikola Bonačić Krešić**. 30. svibnja 1997. HTV je realizirao drugi veliki mimohod za Dan državnosti s 18 kamera.

Od siječnja 1996. do listopada 2002. brigu o teletekstu preuzima odjel Informatika, a taj zadatak ima **Duško Zimonja**. Korišten je sustav FA Bernhardt sa 6 terminala za uređivanje stranica. U tom razdoblju omogućeno je izravno uređivanje stranica vanjskim korisnicima, razmjena sadržaja s drugim nakladnicima (RTV Slovenija) te je u suradnji s vanjskom tvrtkom razvijena interaktivna igra na stranici teleteksta. Procijenjeno je da u to vrijeme u Hrvatskoj ima oko 150.000 prijemnika s mogućnošću korištenja teleteksta, što je oko 15% ukupnog broja prijemnika. Od 1997. servis je bio dostupan na sva četiri kanala HTV-a, a od 1998. i na internetskom portalu hrt.hr.

1997. HRT nabavlja rabljena reportažna kola RK11 sa četiri *Sony*eve kamere.

Od 1998. u odjelu Informatika HRT-a rukovoditelj **Damir Šimunović** organizira grafičku podršku za televizijsku proizvodnju. Dijeli se na "sporovozni" dio usmjeren na izradu animiranih grafičkih elemenata koji organizira **Dinko Cepak** i dio usmjeren na *on-screen* i interaktivnu grafiku koji vodi **Fred Terbovc**. Toj se organizaciji priključuje i ranije formirana grupa za "brzovoznu" izradu telopa (statičkih slika) nazvanu "ESS grupa" prema *Ampex*ovom uređaju nabavljenom još 1985. Kako je taj posao uzimao zamah upravo u doba najvećih financijskih poteškoća kada su investicije u proizvodnu opremu praktički bile zaustavljene, ekipa se doslovno snalazi konstruirajući i sklapajući vlastite uređaje pri čemu posebnu ulogu ima inženjer **Velimir Cvitaš**.

1998. uvode se uređaji za digitalni zapis video sadržaja, Digital Betacam[1].

Iste godine HRT nabavlja nova vozila za RK4 i RK8 u koja ugrađuje dijelom novu opremu: po šest kamera *Ikegami* i digitalni višekanalni *slow motion* snimač, a dijelom staru opremu iz RK8 koja su stradala u prometnoj nesreći. RK4 se preimenuje u RK12.

1998. u suradnji s Ministarstvom turizma postavljene su panoramske kamere u turističkim središtima Hrvatske. Naizmjenične slike tih kamera emitirane su na Drugom programu. Na tom projektu radili su inženjeri **Vedran Klepac** i **Duško Zimonja**.

25. kolovoza 1998. puštena je u pogon digitalna EBU-ova zemaljska satelitska postaja čime se višestruko povećao broj kanala za razmjenu programa s Eurovizijom.

1. listopada 1998. dovršena su nova televizijska reportažna kola RK8, a ubrzo potom i identična kola RK4, svaka sa po 6 kamera *Ikegami* HL45, video mješalom *Grass Valley Group* 200, audio mješalom *Studer* 928 i interkomom *Drake*.

Od 1998. do 2002. dolazi do skoro potpunog zastoja u investicijama zbog vrlo teškog financijskog položaja HRT-a nakon višegodišnjeg izostanka nominalnog rasta odnosno zbog realnog pada vrijednosti prihoda.

4.2 Tehnički razvoj Hrvatske televizije od 2000. – veliki studiji i digitalizacija

Od 2000. godine uvode se nelinearne montaže. 2002. instalirana je prva *Avid* nelinearna montaža. Novi radni proces na nelinearnim montažama postavio je **Robert Petrinec**, a prvi montažeri bili su Bruno Gvozdanović, D. Cimprešak i B. Lukša. Započinje proces zamjene magnetoskopa novim digitalnim IMX Betacam uređajima.

13. lipnja 2002. odašiljačem na Sljemenu započelo je eksperimentalno emitiranje DVB-T. Nešto kasnije proradio je digitalni odašiljač i s tornja na HRT Domu. Krajem 2004. digitalno se emitira s odašiljača Učka, a do kraja 2006. bila su pokrivena najgušće naseljena područja Hrvatske. Prema nacionalnoj strategiji "Digitalna Hrvatska" svi televizijski odašiljači u Hrvatskoj prestali su emitirati analogni signal 31. prosinca 2010.

Financijskom stabilizacijom HRT-a tijekom 2001., koju su ostvarili generalni direktor **Mirko Galić** i financijski direktor **Miljenko Živaljić**, nakon dugog razdoblja teških financijskih gubitaka 2002. pokrenut je val investicija i razvoja. Glavni ciljevi su bili izgradnja bloka 30 s velikim studijima te unapređivanje i ubrzavanje proizvodnje informativnog programa uvođenjem potpuno digitalnog sustava proizvodnje.

2001/2002. nabavljen je informatički sustav za podršku rada informativnih redakcija iNews i sustav za digitalnu proizvodnju informativnih sadržaja Avid (vidi [2]). Radi uvođenja novih procesa i radnih tokova preuređeni su prostori na trećem katu bloka 20 pri čemu su definirane cjeline za prijem sadržaja iz stalnih izvora i s terena, korištenje arhivskih materijala, unos sadržaja (*ingest*), redakcijski rad (dnevna i ostale specijalizirane redakcije) te linearne i nelinearne montaže i dosnimavanje zvuka. Cijeli projekt, koji je podrazumijevao edukaciju kako inženjera i tehničara, tako i novinara, realizatora i drugih sudionika procesa proizvodnje, vodila je **Tena Perišin**, a u tehničkom dijelu sudjelovali su **Kazimir Bačić**, **Damir Šimunović**,

Duško Zimonja i drugi. TV centri Split, Osijek, Rijeka i Dubrovnik uvezani su u NRCS 2004.

2001/2002. došlo je do djelomičnog renoviranja režije Studija 5. 2001. je dotadašnje tonsko mješalo zamijenjeno novim *Studer* 928, a sljedeće godine je umjesto video mješala *GVG* 200 donesenog iz SBF-a, gdje je radilo od 1985., instalirano digitalno mješalo *Sony* DVS-9000. Kamere *Sony* BVP-550 iz 1998. zamijenjene su 2016. kamerama *Sony* BVP-30. Studio još uvijek radi u SD formatu 16:9, a raspolaže još playout poslužiteljem *Avid* AirSpeed s dva kanala, grafičkom stanicom *Orad* HDVG Maestro s dva kanala, četverokanalnim telefonskim hibridom, dva promptera u studiju, bežičnim mikrofonskim sustavom *Sennheiser* i interkomskim sustavom *Riedel*.

2003. HRT je nabavio prva SNG (*Satellite News Gathering*) reportažna kola za potrebe televizijskog praćenja posjeta pape Hrvatskoj. Kola su opremljena satelitskom uzlaznom vezom (*uplinkom*) i dvjema kamerama te mogu realizirati manje prijenose. 2006. su nabavljena druga SNG kola s četiri kamere i satelitskim *uplinkom*, a 2008. je jedno terensko vozilo preuređeno tako da može obavljati samo uspostavljanje veze i slanje signala na satelit. 2014. su kola preuređena da mogu obrađivati i slati sliku visoke razlučivosti (HD) modulirane prema DVB-S2 standardu.

U svibnju 2001. počeo se emitirati program Slika Hrvatske namijenjen Hrvatima izvan Domovine tri sata dnevno za područje Sjeverne Amerike, a od 15. listopada 2003. prikazuje se 24 sata dnevno u shemi 3x8 za područje Sjeverne Amerike, Australije i Novog Zelanda. Distribucija nad samim kontinentima je satelitska.

19. travnja 2004., nakon gašenja programskog kanala HTV3, počeo se emitirati satelitski programski kanal HRTplus. Program je prestao s emitiranjem 12. rujna 2012.[6]

U rujnu 2004. počela su snimanja u tek izgrađenom Studiju 9 pri čemu se, u nedostatku vlastite režije i opreme, koriste reportažna kola RK7. 10. listopada 2004. na sličan se način obavlja prijenos izbora hrvatskog predstavnika za Dječju pjesmu Eurovizije iz Studija 10 s reportažnim kolima RK4. S kolima u podrumu realizirano je i glazbeno natjecanje Dora 2005. održano u Studiju 10 s prostorom za natjecatelje u Studiju 9.

3. studenoga 2004. predstavljena su prva digitalna televizijska reportažna kola RK1 i RK2 sa po 8 kamera *Sony* E30, video mješalom *Sony* DVS 9000, audio mješalom *SSL* C100, poslužiteljem *EVS* i interkomom *RTS* Adam.

Početkom 2005. opremaju se režije studija 9 i 10 digitalnom audio i video opremom. 13. svibnja 2005. svečano su otvoreni studiji Angela Miladinova (Studio 9) i Antona Martija (Studio 10). Prva snimanja u tim studijima obavljena su 11. odnosno 14. rujna. Na projektu izgradnje režija radili su: **Kazimir Bačić**, **Davor Defar**, **Mile Boban**, **Zoran Martinović**, **Goran Bogunović**, **Radica Pilipović** i **Zoran Šego**.

2005. napravljen je novi tehnološki iskorak vezan za emitiranje putem Interneta. U sklopu programskog projekta Dora, natjecanja za pjesmu koju će HRT poslati na natjecanje Pjesma Eurovizije, u studijima 9 i 10, iz kojih je realizirana emisija, instalirano je sedam web-kamera. Video signali tih kamera uz signale centralne televizijske kamere za total pozornice i finalni izlaz režije prosljeđivani su kao živi program na Internet u suradnji s Hrvatskim Telekomom. Signali web kamera kao i zvuk iz studija 10 emitirani su već nekoliko dana prije emisije, još za vrijeme postavljanja scenografije i tehničkih proba, kako bi se gledatelji širom svijeta mogli upoznati s tim dijelom procesa stvaranja emsije. Za vrijeme samih emisije (polufinalnih 3. i 4., a finalne 5. svibnja 2005.) korisnici su mogli sami izabrati koji od tih devet video izvora žele gledati uz finalni ton emisije. Ovaj pothvat realizirali su **Damir Šimunović**, **Tomica Crnek** i **Tonja Božičević (Stojanac)**.

18. studenog 2005. HRT je prenosio povorku i druga događanja za Dan sjećanja na žrtve Vukovara pri čemu je bilo pokrivena cijela trasa kojem je prolazila kolona sjećanja s preko 20 kamera, mobilnom kamerom u vozilu, s troja RK, dvojima SNG kolima, te uz složeni sustav veza prema Zagrebu. Kometatori su bilo raspoređeni na pozicijama od bolnice do groblja. Tehničko vodsto bili su: **Davor Defar** i **Nikola Bonačić Krešić**. Od tada se taj prijenos realizirao svake godine.[5]

2005/6. digitalizira se kompletna infrastruktura za prespajanje AV signala u SDI embedded formatu. Projekt osmišljavaju i provode **Boris Kotarski**, **Vladimir Sokolić** i **Zvonimir Jukica**. Sustav je 2014/15. dograđen za HDTV format.

2006. u završnoj fazi digitalizacije Informativnoga programa Hrvatske televizije otvoreni su novi Desk i studio Informativnog programa, a prilozi središnjeg Dnevnika prvi su puta emitirani iz *playout* jedinice digitalnog proizvodnog sustava.[5]

2007. HRT je eksperimentalno emitirao HDTV program u MPEG4 standardu kodiranja s odašiljača postavljenog na Domu HRT-a. Tijekom 2008. OiV je proširio mrežu eksperimentalnih HDTV odašiljača pa je u visokoj razlučivosti prenošeno Europsko nogometno prvenstvo. Istekom dozvole za eksperimentalno emitiranje u veljači 2011. HRT HD je ugašen. Ponovo su eksperimentalno emitirani prijenosi Zimskih olimpijskih igara u Sočiju i Svjetskog nogometnog prvenstva u Brazilu 2014. te Europsko nogometno prvenstvo u Parizu 2016.

Na zamolbu Hrvatskog saveza gluhih i nagluhih i na temelju zaključka Uprave HRT-a iz prosinca 2000. izrađen je i u travnju 2001. prihvaćen projekt s ciljem emitiranja podnaslova (titlova) za osobe oštećena sluha korištenjem teleteksta. Zbog financijske situacije projekt se nastavlja tek 2004. da bi se nabava potrebne opreme pokrenula 2005. Nabavljen je sustav WinCaps tvrtke *Sysmedia*. Od 5. veljače 2007. HRT koristi teletekst stranicu 888 za emitiranje podnaslova za pojedine emisije, počevši od glavnih emisija informativnoga programa. Koriste se tekstovi pripremljeni u NRCS[1] sustavu koji se u emitiranje ubacuju uživo. Projekt je do 2005. vodio **Duško Zimonja**, a nakon toga **Tanja Gombar** i **Ernest Strika**.

2009. u proizvodnju je ušla prva HD kamera CineAlta 24p i njome je snimana dramsko dokumentarno obrazovna serija Hrvatski kraljevi.

1. siječnja 2011. službeno je, nakon više od 40 godina djelovanja, zatvoren Filmski laboratorij Hrvatske radiotelevizije.

U skladu s obvezama utvrđenim Zakonom o Hrvatskoj radioteleviziji iz 2010. pokrenut je 15. rujna 2012. specijalizirani Treći program Hrvatske televizije (HTV3), a 21. prosinca specijalizirani informativni Četvrti program Hrvatske televizije (HTV4) s cjelodnevnim emitiranjem. Za emitiranje HTV3 iskorištena je postojeća režija RDP3 iz koje se donedavno emitirao HRTPlus, a za emitiranje HTV4 izgrađena je nova režija RDP4.

30. lipnja 2013. prilikom realizacije prijenosa proslave povodom pristupanja Hrvatske Europskoj uniji, na Trgu bana Jelačića prvi puta je korištena CABELCAM kamera na sajli razapetoj između kranova preko Trga. U realizaciji su korištena četvora reportažna kola, šest satelitskih i jedna tonska kola s ukupno 51 kamerom. U prijenosima i uključenjima sudjelovalo je 27 novinara na terenu i 4 voditelja u studiju. Voditeljica projekta bila je **Marija Nemčić**, a tehničke ekipe predvodili su: **Kazimir Bačić**, **Nikola Bonačić Krešić**, **Davor Defar**, **Hrvoje Bilić**, **Krešimir Banek** i **Goran Bogunović**.

Programom restrukturiranja HRT-a, koji su izradili **Robert Šveb**, **Damir Šimunović** i **Goran Radman**, 2013. je pokrenut novi val investicija. Organizacijskim restrukturiranjem i drugim mjerama osigurana su financijska sredstva s namjerom da tehnološko restrukturiranje bude temelj za daljnje faze restrukturiranja. Analiza prilikom izrade programa pokazala je značajno zaostajanje u digitalizaciji i integriranju raznih procesa, ali i loše stanje i zastarjelost brojne proizvodne opreme, osobito u HRT centrima. Postavljena su dva glavna cilja: prelazak na potpuno digitalnu multimedijsku proizvodnju, što uključuje potpuno izbacivanje kaseta iz proizvodnje i konsolidaciju svih sustava, te osposobljavanje za HD proizvodnju i emitiranje. U sklopu općeg strateškog usmjerenja prema multimedijskoj organizaciji i uključivanju u svijet digitalnih medija, poseban cilj bilo je unapređivanje tehnologije radi

objavljivanja programa na Internetu i u društvenim mrežama. Prva faza bila je izbacivanje vrpci iz kompletne ENG tehnike, kako u Zagrebu tako i u svim HRT centrima i dopisništvima. Zatim preseljenje centara Dubrovnik, Pula i Zadar u nove prostore kako bi se integrirala proizvodnja radija i televizije te opremanje kompletnom novom digitalnom televizijskom opremom za nelinearnu proizvodnju i djelomično novom radijskom opremom. Preseljen je i potpuno tehnički obnovljen centar Čakovec/Varaždin. Preostali centri: Osijek, Rijeka i Split te televizijski dio centra u Šibeniku dobili su novu televizijsku opremu za potpuno digitalnu nelinearnu produkciju. Uređen je i opremljen multimedijski studio u Bogovićevoj. Nabavljena je HD oprema za prijenose iz Sabora, postavljena je ondje režija i uspostavljena optička veza kako reportažna kola više ne bi morala obavljati te prijenose, pa su se njihovi kapaciteti oslobodili za druge, zahtjevnije zadaće. Kupljena su K_a-band mala reportažna kola. Ugovorena je nova HD oprema za velike studije 9 i 10. Osigurana su sredstva za HD opremu uključujući videozid za Studio 4. Za Studio 8 je kupljena HD oprema s uključenom virtualnom scenografijom (dogradnja sustav Orad). Ugovorena je izgradnja i opremanje novih HD reportažnih kola 9 i 10. Za režije 4, 5, 7, 8, 9 i 10 nabavljena je i instalirana nova centralizirana grafička oprema tvrtke Orad. Za video novinare nabavljeno je četrnaest kompleta za terensko snimanje i montažu materijala u HD standardu. Pokrenut je i možda najvažniji projekt unapređenja televizijske, zapravo multimedijske proizvodnje – sveobuhvatni digitalni proizvodni sustav. Uži tim koji je razradio smjernice programa restrukturiranja i formirao pojedine razvojne projekte u području televizijske tehnologije bili su ravnatelj Tehnologije **Duško Zimonja** te inženjeri **Mile Boban**, **Gordan Gvozden**, **Vedran Begović**, **Srećko Kunić**, **Kazimir Bačić** i **Boris Kotarski**.

Još od 2005. godine u proizvodnji informativnih sadržaja u funkciji je digitalni sustav s vlastitim *playout* podsustavom. Sustav je bitno povećao učinkovitost i opseg proizvodnje i 2012. omogućio pokretanje specijaliziranog informativnog kanala HTV4. 2008. je instaliran prvi samostalni računalni poslužitelj za emitiranje promidžbenih televizijskih programa, a 2010. za potrebe emitiranja programa Slika Hrvatske. Tijekom 2013. postupno se implementira novi cjeloviti sustav za automatizirano emitiranje baziran na rješenju tvrtke *Harmonic-Snell*. Ista platforma danas poslužuje svih pet televizijskih programa. Uvođenje toga sustava smanjilo je potrebu za osobljem koje je posluživalo emitiranje, uglavnom pripremajući kasete. Implementaciju sustava vodio je inženjer **Boris Kotarski**.

2013. je nabavljeno šest kompleta za individualnu kontribuciju preko mobilne javne mreže u žargonu nazvanih “backpack” jer je oprema potrebna za javljanje bila prenosiva u naprtnjači.

Iste godine proširen je središnji sustav prespajanja u Masteru na 512 ulaza x 512 izlaza te nadograđen za HD.

16. rujna 2013. Hrvatska je televizija prešla na emitiranje u formatu slike 16:9, još uvijek u standardnoj razlučivosti. Razlog je bio sve veći pritisak gledatelja koji su već u velikom broju posjedovali televizore s ekranima u tom formatu pa je gledanje izvornog sadržaja u formatu 4:3 bilo neugodno. Takav prijelaz je zapravo puno teži nego prijelaz na visoku rezoluciju jer u tom trenutku ne samo da bi svi proizvodni pogoni morali promijeniti format, nego se problem javlja sa svima do tada snimljenim (pa i arhivskim) sadržajima u formatu 4:3. Televizori podešeni da sami automatski "popunjavaju" ekran bez obzira na to u kojem formatu im pristiže slika "skakali" su pokušavajući se prilagoditi jednom ili drugom primljenom formatu.

U veljači 2014. Hrvatska radiotelevizija prenosi Zimske olimpijske igre iz Sočija, u visokoj razlučivosti, a od 1. lipnja do 15. srpnja svjetsko nogometno prvenstvo iz Brazila DVB T2, MPEG4 tehnologijom.

15. svibnja 2014. pokrenuta je eksperimentala multimedijska i multiekranska HRT-ova OTT[1] platforma pod nazivom GledajHRT. Usluga je omogućavala praćenje četiriju televizijskih i dvanaest radijskih programskih kanala te servisnih informacija poput vremenske prognoze putem računala i mobilnih uređaja – pametnih telefona i tableta. Uz programe uživo bili su dostupni i sadržaji na zahtjev. Fizički pristup usluzi bio je globalan, a pristup pojedinim sadržajima bio je ograničen samo pravima prikazivanja. Za tehnološki dio projekta bili su zaduženi **Duško Zimonja** i **Robert Šveb**. Ova OTT usluga u jednoj godini eksperimentalnog rada prikupila je 60.000 registriranih korisnika. 20. listopada 2015. pokrenuta je redovita OTT usluga HRTi. U uslugu je uključen programski vodič te je dodatno omogućila odgođeno gledanje i slušanje linearnih programa (*time-shift viewing, catch-up*), snimanje odabranih sadržaja te interaktivnu komunikaciju korištenjem društvenih mreža. Voditelji projekta HRTi bili su **Goran Gvozden** i **Igor Duić**. Aplikaciju, pohranu i distribuciju osigurava tvtka Odašiljači i veze, a sustav su stavili u funkciju **Ernest Strika** i **Duško Zimonja**. U veljači 2020. usluga imala oko 450.000 registriranih korisnika.

30. listopada 2014. svečano je otvoren HRT-ov multimedijski centar Zadar u novim prostorijama. Emitiranje radijskog prorama započelo je još 1. rujna, a televizijska proizvodnja 7. listopada.

31. listopada 2014. ostvareno je prvo javljanje iz novoobnovljenog multimedijskog studija u Bogovićevoj, a 2. ožujka 2015. emitirana je prva cjelokupna emisija. Na osposobljavanju studija radili su **Davor Defar**, **Ivica Duk** i **Ivica Cvitan**.

2014. zamjenjuje se trideset godina star centralni interkomski i četverožični komunikacijski sustav novim sustavom tvrtke *Riedel*. Projekt provode **Zvonimir Jukica** i **Zvonimir Novosel**.

Od 2014. virtualna scenografija iz Studija 5 preseljena je u Studio 8 uz nadogradnju na HD i postavljanje nove zelene pozadine znatno veće površine. Studio ima površinu 192 m^2, opremljen je s tri kamere *Ikegami* HK399, video mješalom *Sony* DVS9000, sustavom za virtualnu scenografiju *Orad*, tri uređaja za urezivanje virtualne scenografije *Ultimate*, tonskim mješalom *Studer* Vista 1 s 32 regulatora, lokalnim interkomskim sustavom *Drake* Easycom i bežičnom komunikacijom *RTS/ Telex* BTR/TR300. Studio još uvijek radi u standardnoj razlučivosti slike (SD).

Od kolovoza do listopada 2014. realizira se prva faza prelaza studija 9 i 10 na HD montažom novih kamera, videomješala u Studiju 10 te uređaja za grafiku. Već u prosincu je u tim studijima realiziran do tada najsloženiji studijski televizijski projekt *The Voice Hrvatska*. U svibnju 2015. pokrenuta je nabava video monitoringa za režije studija 9 i 10 u iznosu od 4 milijuna kn čime se planiralo dovršenje prelaska tih studija na HD tehnologiju. U Studiju 9 ugrađeno je novo HD video mješalo. Potpuni prelazak tih studija na HD završen je 2016. Na projektu prelaska studija na HD rade **Kazimir Bačić**, **Davor Defar**, **Goran Bogunović**, **Alen Huljev** i **Ivica Duk**.

Studio 9 površine 560 m^2 opremljen je sa 6 kamera *Sony* HDC 2400, kranom za kameru, video mješalom *Snell Advanced Media (SAM)* Kahuna 260, tonskim mješalom *Studer* Vista 8 (42 regulatora, maksimalno 96 mikrofonskih ulaza sa splitiranjem za tonska mješala u Studiju 9 i 10), tonskim mješalom za monitoring *Studer* 928, interkomom *RTS / Telex* Adam i bežičnom komunikacijom *Telex / RTS* BTR 800/825.

Studio 10 površine 900 m^2 opremljen je sa 10 kamera *Sony* HDC 2400, kranom za kameru, video mješalom *Snell Advanced Media (SAM)* Kahuna 360, tonskim mješalom *Studer* Vista 8 (52 regulatora, maksimalno 96 mikrofonskih ulaza sa splitira-



Sl. 9. Studio 10 u pripremi za snimanje emisije “A strana”



Sl. 10. Snimanje novogodišnje emisije "A strana" u Studiju 10 Anton Marti u prosincu 2017.; u studiju su simfonijski orkestar, zbor, desetine izvođača, kamere, tonski razglas i monitoring i – publika

njem za tonska mješala u Studiju 9 i 10), tonskim mješalom za razglas *Soundcraft* VI6, matricom i monitoringom *Grass Valley* (8280, Kaleido) zajedničkom za Studio 9 i Studio 10, interkomom *RTS / Telex* Adam i bežičnom komunikacijom *Telex / RTS* BTR 800/825.

2014. HTV počinje koristiti prvo malo reportažno vozilo s digitalnom opremom koje koristi K_a band. Vozilo ostvaruje dvosmjernu satelitsku vezu po IP protokolu kojom može slati ili primati video ili audio sadržaje ili bilo koje druge podatke internetskim priključivanjem na HRT-ove sustave ili bilo koju drugu IP adresu. Opremljeno je s jednom do dvije kamere, mješalom slike i zvuka te računalom sa softverom za montažu. Ta su mala vozila osmišljena za brzu reakciju i multimedijsku upotrebu (za televiziju, radio i internetske medije) s tim da mogu poslati pokretnu sliku i ton, samo tonski sadržaj, statičnu fotografiju ili tekst te se priključiti na NRCS. Uvođenje takvih vozila bilo je izravna posljedica organizacijskih promjena 2013. odnosno strategije multimedijske proizvodnje. Na projektu su radili **Goran Gvozden** i **Petra Dražić**.

2014. nabavljena je i počinje se koristiti prva UltraHD (4k) kamera kojom se snima dokumentarno igrani film Republika.

2014. je u HRT centrima Dubrovnik, Split, Osijek, Šibenik, Zadar, Čakovec i Varaždin te Rijeka uvedena digitalna proizvodnja programa u visokoj razlučivosti (HD). 4. veljače 2015. svečano je otvoren HRT-ov multimedijski centar Dubrovnik s novom opremom za radijsku i televizijsku proizvodnju u novom prostoru u koji se uselio godinu dana ranije.[5] 18. srpnja 2015. svečano je otvoren multimedijski HRT-ov centar Pula u novoj zgradi na 900 kvadratnim metara nalaze se nova digitalna televizijska režija i studio, integrirani desk, dvije nelinearne televizijske montaže, dvije off kabine, dvije digitalne radijske režije i drugi radni prostori.[5]

Početkom 2015. vezano za programski projekt *The Voice Hrvatska* ostvaren je još jedan tehnološki pomak: emitiranje *cloud streaming*om, odnosno "strujanjem iz oblaka". Taj termin vjerojanto čudno zvuči mnogima, ali svima koji se služe digitalnim medijima bit će jasno o čemu se radi čim navedemo učinak toga pothvata. Fokus je bio na društvenim mrežama Twitter, Facebook, YouTube i Instagram. Ciljevi su bili: pružanje ažurnih informacija te audiovizualnih sadržaja na društvenim mrežama za kućne i mobilne korisnike u što kraćem vremenu, bez obzira na platformu, uz visoku kvalitetu te dostupnost sadržaja koji nije bio u linearnom emitiranju. Dakle, idejno, to je bio sljednik pothvata iz 2005., ali uz potporu nove tehnologije. Bitna je razlika bila odabir rješenja u oblaku što je omogućilo skalabilnost, visoku dostupnost i odličnu utilizaciju. Učinak ovoga pothvata najbolje ilustrira podatak da je tijekom prve emisije uživo oznaka (*hashtag*) #TheVoiceHRT ostvarila drugu poziciju Twitter trending liste u svijetu. Na YouTube je bilo postavljeno 400 AV zapisa uz 23.311 predbilježenih korisnika, 24,5 milijuna pregleda, 51,8 milijuna pogledanih minuta i 36.555 dijeljenja. Na Instagramu je ostvareno 20.700 sljeditelja, 316.230 sviđanja (*like*) i 15.865 komentara. Na Facebooku je ostvareno 147.829 sljeditelja uz prosječni doseg svake objave do 98.187 mrežnih korisnika.

U investicijskom planu HRT-a za 2015. bila su pod stavkom "Tapeless sustav za obradu i reprodukciju AV sadržaja" predviđena sredstva u iznosu 15 milijuna kuna, a za usluge održavanja u sljedećih pet godina još 12,5 milijuna kuna. Tim sredstvima pokrenut je veliki projekt prelaza cjelokupne proizvodnje Hrvatske televizije u digitalni sustav. Voditeljica projekta bila je **Marija Nemčić**, a tehnički je segment projekta vodio **Boris Kotarski**. 2016. instaliran je digitalni proizvodni sustav za sve "sporovozne" proizvodne aktivnosti uključujući nelinearne montaže i arhivsku obradu. Time je započeo proces potpunog eliminiranja kaseta i s njima povezanih tehnologija iz proizvodnog procesa.

4. kolovoza 2015. održan je u Zagrebu Mimohod u povodu Dana pobjede, Dana domovinske zahvalnosti, Dana hrvatskih branitelja i 20 obljetnice akcije Oluja koji je HRT prenosio s 20 kamera. Tehničko vodstvo bili su: **Kazimir Bačić**, **Nikola Bonačić Krešić**, **Milan Kralj**, **Ivan Bosančić** i **Tomislav Marković**.

Prema natječaju provedenom 2015. HRT krajem 2016. nabavljena su prva digitalna HD televizijska reportažna kola RK10 koja su svoj prvi prijenos odradila početkom 2017. sa Svjetskog skijaškog kupa na Sljemenu. Reportažna kola opremljena su satelitskom vezom za prijenos slike visoke razlučivosti, posjeduje 10 kamera *Sony* HDC 2400, jednu *super slow-motion* kameru *Sony* HDC 4300 (SSM, 4K), video mješalo *Sony* MVS 7000, tonsko mješalo *Studer* Vista V (42 regulatora, 96 mikrofonskih kanala, 2 optička *stage box*a), poslužitelj za snimanje i reprodukciju *Sony* PWS 4500, uređaj za usporenu reprodukciju (*slow-motion*) *EVS* te opremu za prespajanje *Everetz* EQ10 i nadzor *Everetz*. Inženjeri, koji su u izuzetno kratkom vremenu preuzeli kola, osposobili ih za prijenos i proveli ga, bili su **Davor Defar**, **Nikola Bonačić-Krešić**, a u izradi specifikacije sudjelovao je i **Goran Bogunović**. [5]

Sredstvima planiranim za 2016. kupljena je oprema za renoviranje Studija 4 i podizanje na HD. Dio opreme isporučen je i instaliran iste godine te se od tada u tom studiju ponovo proizvode tri HTV-ova Dnevnika: ugrađen je veliki video zid ukupne površine 20 m^2 koji čini dominantni dio scenografije a režija je opremljena posebnim uređajima, povezanim sa NRCS[1][2] sustavom, za punjenje tog zida grafičkim i video sadržajima te slikom javljanja reportera s terena. Drugi dio opre-



Sl. 11. Reportažna kola RK10: vozilo, tehnička kontrola, programska režija [izvor: kamion-bus.hr]



Sl. 12. Nova scenografija Studija 4 s velikim video zidom u pozadini

me – digitalna mješala zvuka odnosno slike – isporučen je u ožujku 2017. Za vrijeme instalacije te opreme, za što je bilo predviđeno 3-4 tjedna, proizvodnja Dnevnika je u potpunosti prebačena u režiju Studija 5 uz korištenje Studija 4. Voditelj projekta bio je **Mile Boban**, a tehnički dio njegovoga tima činili su **Petra Dražić**, **Goran Jerbić**, **Zoran Šego** i **Hrvoje Mikulandra**. Emitiranjem Dnevnika 4. srpnja 2017. projekt obnove režije 4 je završen nakon 29 godina nepromijenjenog stanja. Oprema se sastoji od: 3 kamere *Sony* HDC-2400, jedne box-kamere na kranu *Sony* HDC-P1, video mješala *Grass Valley* Karrera, video zida u studiju, playout servera *Avid* AirSpeed s dva kanala, grafičke radne stanice *Orad* HDVG Maestro s dva kanala, poslužitelja za punjenje video zida *Orad* HDVG TD Control, tonskog mješala *Studer* Vista V, seta za bežićne mikrofone *Sennheiser*, četverokanalnog telefonskog hibrida, monitorskog zida *Grass Valley* Kaleido-X te komunikacijskog sustava *Riedel*.





Sl. 13. Režija Studija 4 za vrijeme realizacije emisije Dnevnik 17. 2. 2020.




Sl. 14. Unutrašnjost obnovljenih kola RK9 i posada kola

U svibnju 2016. na zadatke su krenula obnovljena digitalna HD reportažna kola RK9 opremljena satelitskom vezom, 6 kamera *Sony* HDC 2400, video mješalom *Sony* MVS 3000, audio mješalom *Yamaha* 02R, matricom i monitoringom *Everetz*, poslužiteljem *Sony* PWS 4500 i interkomom *RTS* Zeus.

2017. nabavljene su i montirane HD kamere u Studiju 7, a 2018. u Studiju 8. Iste godine u oba studija stavljena su u pogon HD video mješala. Potpuni prijelaz studija 6 i 7 za rad u viskoj razlučivosti uz ugradnju matrica *GV* Nvision i pripadajući video monitoring završen je u ljeto 2019. Na projektu su radili: **Davor Defar**, **Goran Bogunović** i **Dejan Trbojević**. Studio 6 površine 220 m^2 opremljen je sa 4 kamere *Sony* HDC 2400, kranom za kameru, video mješalom *Sony* XVS XVS7000, tonskim mješalom *Studer* Vista 5 sa 32 regulatora, 28 mikrofonskih ulaza sa splitiranjem, tonskim miješalom za monitoring *Mackie* 32-8, interkomskim sustavom *Riedel* Artist (40 portova, zajedno sa studijom 7) te bežičnom komunikacija *RTS/Telex* BTR/TR300. Studio 7 površine 360 m^2 raspolaže sa 6 kamera *Sony* HDC 2400, kranom za kameru, video mješalom *Sony* XVS7000, tonskim mješalom *Studer* Vista 5 sa 42 regulatora, 48 mikrofonskih ulaza sa splitiranjem, interkomskim sustavom *Riedel* Artist (40 portova, zajedno sa studijom 7) te bežičnom komunikacijom RTS/Telex BTR/TR300.

Izdvojeni studio u Bogovićevoj opremljen je video mješalom, snimačem i reproduktorom Tricaster, 2 kamere *Sony* MSW 900 IMX (SD), robotskom kamerom *Sony* BRC 900 (HD), tonskim mješalom *Yamaha* DM1000, komunikacijskom stanicom *Glensound* GS-FW012 i bežičnom komunikacijom Kenwood.

5. Zaključak

Od mehaničkog preklopnika za pet ulaznih video signala do digitalnog mješala s desecima ulaza, izborom mnogobrojnih efekata, memoriranjem scena i brojnim izlazima. Od vidikon cijevi do ultravisoke razlučivosti u slici. Od filma u dnevnim

vijestima do izravnog javljanja putem satelita ili javne mobilne mreže. Od desetak fiksnih rasvjetnih tijela do sustava sa programabilnim svjetlosnim efektima iz više od sto izvora. Od scenografije izvedene od drveta i tkanine do virtualne scenografije u tri dimenzije. Od radio *braodcastinga* do IP *cloud streaminga*. Kolege inženjeri koji rade na HRT-u i navedeni su u ovom tekstu mudro između sebe govore: "Ako 2-3 godine ne pratiš što se događa i ne naučiš ništa novo, nećeš više moći obavljati ovaj posao."

Zahvaljujemo kolegama Defaru, Bogunoviću, Bobanu i Zimonji na raznim tehničkim i drugim podacima o pogonima HRT-a.

Literatura

[1] Šimunović, D.; Fajt, S.; Bujić, N.: *Razvoj radijske i televizijske tehnologije*, objavljen u ovom Godišnjaku HATZ-a

[2] Šimunović, D.; Bujić, N.; Fajt, S.: *Tehnički razvoj javnoga radija u Hrvatskoj*, objavljen u ovom Godišnjaku HATZ-a

[3] Galić, R.: *Tehnički razvoj radija i televizije u Jugoslaviji 1926-1986*., Školska knjiga, 654.17/.19(497.13)"1926/1986"(035.5) Zagreb, 1986.

[4] The Museum of the Broadcast Television Camera, *Dostupan na:* https://www.tvcameramuseum.org/ *Pristupljeno:* 2020-02-16

[5] Leksikon Hrvatske radiotelevizije, *Dostupan na* https://obljetnica.hrt.hr/leksikon/ *Pristupljeno:* 2020-02-10

[6] Vremeplov Hrvatske radiotelevizije, *Dostupan na* https://obljetnica.hrt.hr/vremeplov/ *Pristupljeno:* 2020-02-10

[7] Sony, Professional Products, *Dostupno na:* https://pro.sony/en_GB/products *Pristupljeno:* 2020-02-15

[8] Riedel, Riedel Products, *Dostupno na:* https://www.riedel.net/products/ *Pristupljeno:* 2020-02-15

[9] Studer, Vista Series, *Dostupno na:* https://www.studer.ch/en/product_families/vista-series *Pristupljeno:* 2020-02-14

[10] Everetz, Solutions, *Dostupno na:* https://evertz.com/products/ *Pristupljeno:* 2020-02-12

[11] Screen Systems, *Dostupno na:* https://subtitling.com/ *Pristupljeno:* 2020-02-16

Biotehnologija u Hrvatskoj – povijesna baština i suvremeni trendovi

Prof. dr. sc. **Jagoda Šušković**, redoviti član HATZ-a,
Sveučilište u Zagrebu Prehrambeno-biotehnološki fakultet, jsusko@pbf.hr

Prof. dr. sc. **Blaženka Kos**,
Sveučilište u Zagrebu Prehrambeno-biotehnološki fakultet, bkos@pbf.hr

Prof. dr. sc. **Božidar Šantek**, redoviti član HATZ-a,
Sveučilište u Zagrebu Prehrambeno-biotehnološki fakultet, bsantek@pbf.hr

Prof. emer. dr. sc. **Zlatko Kniewald**, član emeritus HATZ-a

Prof. dr. sc. **Vladimir Mrša**, redoviti član HATZ-a,
Sveučilište u Zagrebu Prehrambeno-biotehnološki fakultet, vmrsa@pbf.hr

Prof. dr. sc. **Mirjana Hruškar**, član suradnik HATZ-a,
Sveučilište u Zagrebu Prehrambeno-biotehnološki fakultet, mhruskar@pbf.hr

Prof. dr. sc. **Jadranka Frece**, član suradnik HATZ-a,
Sveučilište u Zagrebu Prehrambeno-biotehnološki fakultet, jfrece@pbf.hr

Prof. dr. sc. **Višnja Gaurina Srček**,
Sveučilište u Zagrebu Prehrambeno-biotehnološki fakultet, vgaurinasrcek@pbf.hr

Prof. dr. sc. **Anita Slavica**,
Sveučilište u Zagrebu Prehrambeno-biotehnološki fakultet, aslavica@pbf.hr

Prof. dr. sc. **Jasna Novak**,
Sveučilište u Zagrebu Prehrambeno-biotehnološki fakultet, jbeganov@pbf.hr

Doc. Dr. sc. **Andreja Leboš Pavunc**,
Sveučilište u Zagrebu Prehrambeno-biotehnološki fakultet, alebos@pbf.hr

Sažetak: *Razvoj biotehnologije u Hrvatskoj započeo je 1956. godine, osnivanjem jednog od prvih studija biotehnologije u Europi na Sveučilištu u Zagrebu, na tadašnjem Tehnološkom fakultetu, a danas je to Prehrambeno-biotehnološki fakultet (PBF) Sveučilišta u Zagrebu. Osnivanje studija ostvareno je u suradnji s tvrtkom PLIVA koja je tada pokrenula biotehnološku (mikrobnu) proizvodnju antibiotika oksitetraciklina, i do danas je jedna od najvećih farmaceutskih kompanija u Hrvatskoj i jedna od vodećih u regiji Jugoistočne Europe. Prof. emer. Vera Johanides je na temeljima industrijske mikrobiolo-*

gije osmislila, organizirala i pokrenula prvi studij biotehnologije na ovim prostorima. Potpisnica je na osnivačkoj povelji Europske federacije za biotehnologiju i jedna je od prvih počasnih članova Akademije tehničkih znanosti Hrvatske koja joj je postavila spomen obilježje u Domu HATZ-a 2011. godine i njenim imenom nazvala godišnju nagradu HATZ-a za mlade znanstvenike. Međunarodni znanstveni simpoziji posvećeni prof. emer. Veri Johanides, kontinuirano se organiziraju u suradnji HATZ-a i Hrvatskog društva za biotehnologiju. Uz visokoškolsku edukaciju u području biotehnologije, u Hrvatskoj se provode biotehnološka znanstvena istraživanja, kako u akademskoj zajednici, tako i na istraživačkim institutima i tvrtkama koje razvijaju vlastite biotehnološke proizvode te na uspostavljenim centrima izvrsnosti u području biotehnologije. Industrijska biotehnološka proizvodnja u Hrvatskoj bazirana je prvenstveno na proizvodnji lijekova, hrane i pića, uključujući akvakulturu i dodatke prehrani, gdje je važna primjena biotehnologije u upravljanju sigurnošću hrane, a raste i proizvodnja biogoriva, i to uglavnom bioplina, te primjena biotehnologije mora i biotehnologije u zaštiti okoliša.

Ključne riječi: *biotehnologija, prof. emer. Vera Johanides, Prehrambeno-biotehnološki fakultet (PBF) Sveučilišta u Zagrebu, Akademija tehničkih znanosti Hrvatske (HATZ), PLIVA d.d., biotehnološka proizvodnja lijekova, fermentirana hrana i pića, biogorivo, bioplin*

1. Uvod

Definicija biotehnologije, prema Europskoj federaciji za biotehnologiju, glasi: Biotehnologija je integrirana primjena prirodnih i inženjerskih znanosti s ciljem korištenja živih organizama, stanica i njihovih dijelova za proizvode i usluge" (EFB, 1978).

Prema Konvenciji Sekretarijata UN-a o biološkoj raznolikosti (2013) definicija biotehnologije obuhvaća "svaku tehnološku primjenu koja koristi biološke sustave, žive organizme ili njihove derivate za proizvodnju ili modifikaciju proizvoda ili procesa za specifičnu upotrebu." Najpopularnija klasifikacija tj. podjela biotehnologije, a ujedno i najjednostavnija, obuhvaća četiri velika područja:

1. Red Biotechnology (crvena biotehnologija) – zdravstvo i farmaceutska industrija
2. Green Biotechnology (zelena biotehnologija) – primarna i sekundarna proizvodnja hrane i pića
3. White Biotechnology (bijela biotehnologija) – proizvodnja kemikalija, materijala i goriva
4. Blue Biotechnology (plava biotehnologija) – biotehnologija obale i mora

Postoji i puno detaljnija podjela, kojom su obuhvaćene gotovo sve "dugine boje" (tablica 1).

Tablica 1. Podjela biotehnologije uz pridruživanje boje (engl. "the biotechnological rainbow") svakom od navedenog područja (adaptirano prema DaSilva, 2004)

Boja biotehnologije	Područje biotehnologiije
crvena biotehnologija	biotehnološka proizvodnja lijekova i drugih medicinskih pripravaka, dijagnostika, zdravstvena skrb
žuta biotehnologija*	prehrambena biotehnologija, nutricionizam
plava biotehnologija	akvakultura, biotehnologija obale i mora
zelena biotehnologija	biotehnologija okoliša, biogoriva, biognojivo, bioremedijacija i geomikrobiologija i ostale primjene biotehnologije u poljoprivredi
smeđa biotehnologija	biotehnologija sušnih područja i pustinja
crna biotehnologija	bioterorizam, biološki rat, biokriminal, biotehnologija i ratovanje
purpurna biotehnologija	patenti, publikacije, izumi i intelektualno vlasništvo u biotehnologiji
bijela biotehnologija	bioindustrija utemeljena na metodama genetičkog inženjerstva
zlatna biotehnologija	bioinformatika, nanobiotehnologija
siva biotehnologija	biokemijsko inženjerstvo i bioprocesna tehnologija

Biotehnološki proizvodi pripadaju vrlo različitim gospodarskim i uslužnim djelatnostima, kao što je prikazano u tablici 2. Broj proizvoda i biotehnoloških postupaka što ih se primjenjuje stalno se povećava, što osobito vrijedi za farmaceutiku (medicina), proizvodnju hrane, poljoprivredu i energetiku (Marić, 2000.)

Tablica 2. Gospodarske grane i najznačajniji biotehnološki proizvodi (adaptirano prema Marić, 2000; Šušković i sur., 2015.)

Gospodarska djelatnost	Biotehnološki proizvodi
Industrijske kemikalije i enzimi	Etanol, aceton, butanol, organske kiseline, aminokiseline, biopolimeri, industrijski enzimi (amilaze, proteaze, pektinaze)
Proizvodnja hrane	Fermentirana hrana i pića, bakterijske i fungalne starter kulture za fermentirane namirnice, humani probiotici, mikrobni proteini, pekarski, pivski i vinski kvasac, aditivi (emulgatori, antioksidansi, boje, mirisi, stabilizatori), aminokiseline, niskokalorična sladila
Farmaceutika i zdravstvo	Terapijski proteini, monoklonska protutijela, vakcine, antibiotici, signalne molekule, dijagnostički agensi, enzimski inhibitori, probiotici kao živi lijekovi
Energetika	Biogoriva: etanol (gasohol), metan (bioplin), vodik
Poljoprivreda i stočarstvo	Krmiva, silaža, kompost, biološka gnojiva, animalne vakcine, animalni probiotici, biološki insekticidi i pesticidi
Uslužne djelatnosti	Biološko pročišćavanje otpadnih voda, obrada čvrstih otpadaka, analitički agensi (enzimi, mikrobna i enzimska osjetila), inženjerstvo tkiva i organa
Rudarstvo	Izdvajanje i koncentriranje nekih kovina s pomoću mikroorganizama, sekundarno pridobivanje nafte

Tablica 3. Povijesne prekretnice u razvoju biotehnologije i dobivanja biotehnoloških proizvoda (adaptirano prema Prentis, 1984, Lengeler i sur. 1999, Marić, 2000, Zgaga i Novak, 2000, Šušković i sur. 2018a i 2018b)

Razdoblje prije Pasteura, do 1865. Upotreba kvasaca u proizvodnji vina i piva (6000 g. pr. n. e.) Upotreba kvasaca u pripremi kruha (4000 g. pr. n. e.) Mliječni proizvodi (sir, jogurt, kiselo mlijeko) Druga fermentirana hrana
Pasteurovo razdoblje 1865-1940. Etanol, butanol, aceton, glicerol Organske kiseline (octena, limunska, mliječna itd.) Aerobna obrada otpadnih voda 1890. ”Christian Hansen” proizvodi prvu starter kulturu (specifični kvasac za proizvodnju piva) Intenzivan razvoj proizvodnje starter kultura koje se koriste za dobivanje fermentiranih namirnica
Antibiotičko razdoblje, 1940-1960. – ZLATNA ERA ANTIBIOTIKA (”Golden Era of antibiotics”) Penicilin, streptomicin, klortetraciklin itd.; submerzno vođenje procesa Tehnologija kulture životinjskih stanica (virusne vakcine) Mikrobne transformacije steroida (kortizon, testosteron, estrogen)
Postantibiotičko razdoblje, 1960-1975. Aminokiseline Proteini jednostaničnih mikroorganizama (eng. SCP – Single Cell Protein) Enzimi (mikrobna proizvodnja enzima), tehnologija imobiliziranih enzima i mikrobnih stanica Anaerobna obrada otpadne vode (bioplin) Bakterijski polisaharidi (ksantan) Etanol kao gorivo (gasohol) Biološki insekticidi
Razdoblje novih biotehnologija, 1975- Genetičko inženjerstvo (1974.) Tehnologija hibridoma Monoklonski dijagnostički testovi (1980.) Humani inzulin (1982) Hormon rasta (1983.) Monoklonska protutijela u kulturi životinjskih stanica (1986.) Rekombinantni humani protein (eritropoetin) u kulturi životinjskih stanica (1989.) Transgenska rajčica – Flavr Savr (1994.) Klonirana ovca – Doly (1997)
Kriza u proizvodnji antiinfektivnih lijekova (antibiotika) 1969 – 1990. Razvoj probiotičkog (1990.), prebiotičkog (1995.) i sinbiotičkog koncepta (1995.) – Koncept funkcionalne hrane Razvoj novih antimikrobnih strategija: – peptidni antibiotici: neribosomski sintetizirani (gramicidini, polimiksini, bacitracini) i ribosomski sintetizirani (bakteriocini – lantibiotici) – cjepiva protiv različitih uzročnika infekcija – terapija bakteriofagima – bakterijska interferencija (od probiotika, prebiotika i sinbiotika do živih lijekova)
Postgenomičko razdoblje, 2001- Genomika Proteomika Transkriptomika Metabolomika Bioinformatika, itd.

Povijesne prekretnice u dobivanju biotehnoloških proizvoda prikazane su u tablici 3., prema kojima je razvoj biotehnologije podijeljen u nekoliko povijesnih razdoblja, a svako je obilježeno značajnim znanstvenim otkrićima u području prirodnih i inženjerskih znanosti.

Biotehnologija obuhvaća široko područje unutar biotehničkih djelatnosti, stoga njezin daljnji razvoj ovisi o suradnji i uzajamnom napretku različitih znanstvenih disciplina te se smatra jednom od disciplina čiji će razvitak odlučiti o daljnjem razvoju ekonomije 21. stoljeća.

Proizvodnja lijekova, hrane i pića najuspješniji su sektori hrvatskog gospodarstva koji su u velikoj mjeri bazirani na biotehnološkim procesima, a čine značajan udio s gledišta prihoda, zapošljavanja i izvoza. Njihova će buduća kompetitivnost i značaj u velikoj mjeri ovisiti o dinamičnom razvoju biotehnologije. Obilate rezerve kvalitetne pitke vode i očuvani okoliš čine najvažnije bogatstvo prirodnih resursa Republike Hrvatske. Optimalno gospodarenje ovim resursima neće biti moguće bez razvijene biotehnologije. Korištenje obnovljivih izvora sirovina u dobivanju biokemikalija i biogoriva, te kao izvor energije, također se očekuje da bude sve više zastupljeno u Republici Hrvatskoj (Šušković i sur. 2015).

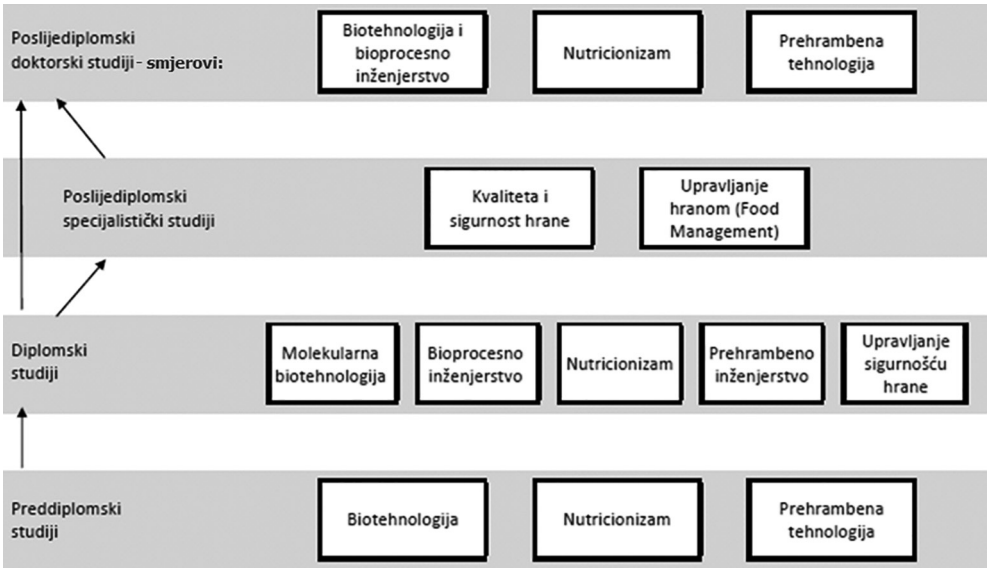
U tablici 4. su navedene biotehnološke tvrtke u Hrvatskoj registrirane u bazi podataka "Croatian Biotech Database" (2020).

Tablica 4. Biotehnološke tvrtke registrirane u bazi podataka "Croatian Biotech Database" (2020)

Područje biotehnologije	Broj tvrtki
Biotehnologija /istraživanje i razvoj lijekova i dijagnostike	9
Biotehnologija/Farmaceutika – generički lijekovi	6
Medicinski sustavi i uređaji	1
Biotehnologija/ostalo	1
Savjetovanja/usluge	2
Javne / neprofitne organizacije /medicinske ustanove	20
Dobavljači/inženjering	16

Razvoj visokoškolskog obrazovanja u biotehnologiji u Hrvatskoj

Edukaciju stručnjaka koji se uspješno koriste ogromnim potencijalom različitih taksonomskih grupa mikroorganizama, mikrobnih enzima te kultura biljnih i životinjskih stanica u biotehnološkim procesima za proizvodnju različitih biotehnoloških proizvoda, važnih za gospodarstvo, omogućuju preddiplomski, diplomski i doktorski



Sl. 1. Studijski programi Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu (modificirano prema Samoanalizi PBF-a Sveučilišta u Zagrebu, 2012)

studij biotehnologije i bioprocesnog inženjerstva na Prehrambeno-biotehnološkom fakultetu (PBF-u) Sveučilišta u Zagrebu (slika 1), koji je sa svojom dugogodišnjom tradicijom od 1956., jedan od najstarijih studija biotehnologije u Europi.

Studij biotehnologije na Sveučilištu u Zagrebu ustrojen je odlukom Sabora SRH od 1956. godine, kada je dotadašnji odsjek Tehničkog fakulteta izdvojen u zaseban fakultet, Kemijsko-prehrambeno-rudarski fakultet s tri odsjeka. Studij na Prehrambeno-tehnološkom odsjeku novog Fakulteta imao je tri smjera: Prehrambeno-tehnološki, Biotehnološki i Tehnološko-analitički. U prvoj akademskoj godini 1956./1957. na Prehrambeno-tehnološkom odsjeku bilo je upisano 432 studenta s područja cijele bivše države. Dinamični razvoj biotehnologije u posljednjih šest dekada bio je popraćen preustrojavanjem tadašnjeg Fakulteta, što je dovelo do osnivanja samostalnog Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta (PBF-a). Tako je 1960. godine Prehrambeno-tehnološki odsjek prerastao u Biotehnološki odjel Tehnološkog Fakulteta, koji je i dalje imao tri studijska smjera. Godine 1979. reorganizacijom Tehnološkog fakulteta, Biotehnološki odjel prerasta u današnji Prehrambeno-biotehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Današnji Zavod za biokemijsko inženjerstvo PBF-a Sveučilišta u Zagrebu je odgovoran za znanstvenu i nastavnu aktivnost u biotehnologiji, a vuče svoje podrijetlo od Zavoda za tehničku mikroskopiju i tehničku mikrobiologiju na tadašnjem Tehničkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Prvi predstojnik Zavoda bio je profesor Bogdan Varićak. Njegov pionirski rad prekinula je smrt 1951. godine. Nastavu je

nekoliko godina obavljao dr. Boris Vrtar, a od 1958. godine i nastavu i vođenje Zavoda preuzima tada docentica, dr. sc. Vera Johanides, koja je doktorat iz područja biosinteze antibiotika stekla na Slovenskoj akademiji znanosti u Ljubljani 1955. godine. Zavod je u početku imao samo četvoro zaposlenih i zajedno sa Zavodom za opću kemijsku i prehrambenu tehnologiju činio je okosnicu Prehrambeno-tehnološkog odsjeka tadašnjeg Tehnološkog fakulteta. Reorganizacijom toga odsjeka u Biotehnološki odjel, 1961. godine osnovana je Katedra za biotehnologiju, koju su sačinjavali: Laboratorij za biologiju s tehničkom mikroskopijom, Laboratorij za opću mikrobiologiju, Laboratorij za industrijsku mikrobiologiju, Laboratorij za tehnologiju vrenja i Laboratorij za kemiju i tehnologiju antibiotika. Predstojnici Katedre za biotehnologiju su bili profesori Vera Johanides i Gavra Tamburašev. Uz njih su tada djelovali Marija Alačević, Anto Jurilj, Oton Pospišil, Ivan Bach, Antea Korčulanin, Zdravko Duvnjak, Srđan Divjak, Vladimir Marić, Zdenka Matijašević, Dubravka Salopek, Ivanka Pavušek, Srećko Matošić, Senadin Duraković i Zlatko Kniewald.

Temeljem reorganizacija koje su uslijedile, od 1980. godine unutar Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta djeluje Zavod za biokemijsko inženjerstvo koji danas ima 6 laboratorija: Laboratorij za biologiju i genetiku mikroorganizama, Laboratorij za biokemijsko inženjerstvo, industrijsku mikrobiologiju i tehnologiju piva i slada, Laboratorij za tehnologiju i primjenu stanica i biotransformacije, Laboratorij za opću mikrobiologiju i mikrobiologiju namirnica, Laboratorij za tehnologiju antibiotika, enzima, probiotika i starter kultura i Laboratorij za bioinformatiku.

Predstojnici Zavoda za biokemijsko inženjerstvo od 1980. godine su bili: prof. dr. sc. Vladimir Marić (1980.-1984.), prof. dr. sc. Oton Pospišil (1984.-1988.), prof. dr. sc. Srećko Matošić (1988.-1990.), prof. dr. sc. Marija Alačević (1990.-1995.), prof. dr. sc. Zlatko Kniewald (1995.-1999.), prof. dr. sc. Senadin Duraković (1999. -2003.), prof. dr. sc. Vladimir Marić (2003.-2007.), prof. dr. sc. Jasna Franekić (2007.-2011.), prof. dr. sc. Jagoda Šušković (2011.-2015.), izv. prof. dr. sc. Višnja Gaurina Srček (2015.-2019.) i prof. dr. sc. Ksenija Markov (2019. –).

Sa Zavoda za biokemijsko inženjerstvo PBF-a Sveučilišta u Zagrebu, u počasno zvanje profesor emeritus izabrani su: prof. dr. sc. Vera Johanides, prof. dr. sc. Marija Alačević, prof. dr. sc. Senadin Duraković, prof. dr. sc. Zlatko Kniewald i prof. dr. sc. Daslav Hranueli.

Stalni razvoj znanosti na područjima djelovanja PBF-a, te razvoj novih tehnologija baziranih na novim znanjima, posebice razvoj moderne molekularne biotehnologije i bioprocesnog inženjerstva za proizvodnju biogoriva i biokemikalija, korištenjem obnovljivih izvora, doveo je do potrebe za daljnjim profiliranjem nastavnih programa sukladno smjernicama Bolonjske deklaracije. Od akademske godine 2005./2006. studij na PBF-u organiziran je po načelu 3+2, te se provodi preddiplomski studij Biotehnologija u trajanju od 3 godine, a od akademske godine 2008./2009. dva

dvogodišnja diplomska studija iz biotehnologije: Bioprocesno inženjerstvo i Molekularna biotehnologija. Dodatno, od 2009. godine, PBF Sveučilišta u Zagrebu je uključen u izvođenje međunarodnog studija iz područja Molekularne biotehnologije koji se izvodi u suradnji sa Sveučilištem u Orléansu, Francuska.

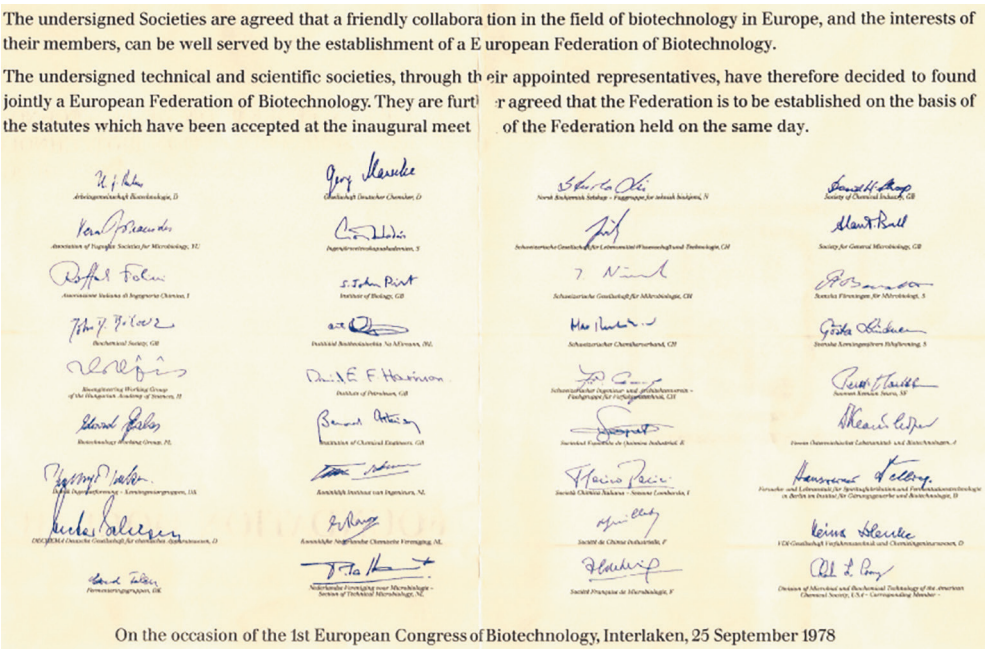
Godine 2019. provedena je evaluacija studijskih programa Biotehnologije i Bioprocesnog inženjerstva PBF-a Sveučilišta u Zagrebu, nakon koje su ti studijski programi uvršteni u FEANI INDEKS. Radi se o popisu europskih visokih učilišta i inženjerskih programa koji ispunjavaju obvezne obrazovne uvjete za inženjersku titulu na razini EU, a prema standardima koje je uspostavila Europska federacija nacionalnih inženjerskih udruga (FEANI – European Federation of National Engineering Association).

Uz diplomske studije, PBF ima dugu tradiciju u provođenju poslijediplomskih studija te je prvi poslijediplomski studij iz "Kemije i tehnologije antibiotika" započeo akad. god. 1959/60., na inicijativu prof. dr.sc. Vere Johanides kao jedan od najstarijih u Europi, u suradnji s tvornicom PLIVA. Naime, tada je započela biotehnološka (mikrobna) proizvodnja antibiotika oksitetraciklina pa je za te potrebe organiziran poslijediplomski studij na tadašnjem Biotehnološkom odjelu Tehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, iz kojeg je kasnije izrastao PBF Sveučilišta u Zagrebu. Kasnije je doktorski studij iz biotehnologije nazvan "Biotehnologija – bioprocesno inženjerstvo", a implementacijom bolonjskog procesa "Biotehnologija i bioprocesno inženjerstvo" Doktorski se studij na PBF-u Sveučilišta u Zagrebu, od akad. god. 2014./2015., izvodi kao objedinjeni studij pod nazivom "Biotehnologija i bioprocesno inženjerstvo, prehrambena tehnologija i nutricionizam".

Prehrambeno-biotehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu nudi sveobuhvatni program industrijske i molekularne biotehnologije u Hrvatskoj, dok su različiti aspekti primjene biotehnologije djelomično zastupljeni i na zagrebačkom i na drugim hrvatskim sveučilištima, na različitim fakultetima npr. Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije, Medicinskom fakultetu, Farmaceutsko-biokemijskom fakultetu i Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, Prehrambeno-tehnološkom fakultetu i Medicinskom fakultetu Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjelu za biotehnologiju Sveučilišta u Rijeci, Medicinskom fakultetu Sveučilišta u Splitu, te na Sveučilištu u Dubrovniku i Sveučilištu u Zadru.

Aktivnosti u biotehnologiji kroz udruženja biotehnologa

Hrvatsko mikrobiološko društvo osnovano je 1957. godine na Prehrambeno-biotehnološki fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Među najzaslužnijima za osnivanje Društva bila je prof. emer. Vera Johanides, prva i dugogodišnja predsjednica Sekcije za industrijsku mikrobiologiju te predsjednica Hrvatskog mikrobiološkog društva u dva


The undersigned Societies are agreed that a friendly collabora tion in the field of biotechnology in Europe, and the interests of their members, can be well served by the establishment of a E uropean Federation of Biotechnology.

The undersigned technical and scientific societies, through th eir appointed representatives, have therefore decided to found jointly a European Federation of Biotechnology. They are furt r agreed that the Federation is to be established on the basis of the statutes which have been accepted at the inaugural meet of the Federation held on the same day.

On the occasion of the 1st European Congress of Biotechnology, Interlaken, 25 September 1978

Sl. 2. Dokument kojim je osnovana Europska federacija za biotehnologiju potpisan 25. rujna 1978. (Interlaken, Švicarska) na 1st European Congress of Biotechnology. Prof. emer. Vera Johanides bila je jedna od prvih potpisnica tog povijesnog dokumenta.

mandata (1966-1968. i 1978-1980.). Industrijska je mikrobiologija bila preteča suvremene biotehnologije. Prof. emer. Vera Johanides je, instinktom pravoga vizionara, to među prvima spoznala te je na temeljima Industrijske mikrobiologije – kolegija kojeg je tijekom mnogih godina vodila (od 1958.) i predavala na fakultetima koji su se razvijali iz Tehničkog fakulteta (Kemijsko-prehrambeno-rudarski fakultet, Biotehnološki odjel Tehnološkog fakulteta, te na kraju Prehrambeno-biotehnološki fakultet) osmislila, organizirala i pokrenula prvi studij biotehnologije na ovim prostorima – jedan od prvih u Europi. Prof. emer. Vera Johanides (kao predsjednica Hrvatskog mikrobiološkog društva i predstavnica Saveza društava mikrobiologa Jugoslavije) potpisnica je Deklaracije o osnivanju Europske federacije za biotehnologiju koja je usvojena na osnivačkoj skupštini u Interlakenu (Švicarska) 25. rujna 1978. godine (slika 2). Povijesna zasluga Industrijske mikrobiologije je "zlatna era antibiotika" (1940.-1960.), kada je započela biotehnološka proizvodnja penicilina, streptomicina i tetraciklina, a u Hrvatskoj je PLIVA započela s proizvodnjom oksitetraciklina (1959.). Zatim slijedi cijeli niz drugih antibiotka, koje već 60 godina baštini čovječanstvo, a rezultat su metabolizma industrijskih mikroorganizama.

Osnivanje ***Hrvatskog društva za biotehnologiju*** (HDB-a), na osnivačkoj skupštini 15. lipnja 1990. god., održanoj na PBF-u Sveučilišta u Zagrebu, podržalo je 30-tak eminentnih hrvatskih znanstvenika, okupljenih oko prof. emer. Vere Johanides,

prof. dr. sc. Marijana Bošnjaka (prvi predsjednik Društva), prof. emer. Zlatka Kniewalda, prof. dr. sc. Srđana Novaka te prof. dr. sc. Daslava Hranuelija, koji su kasnije izabrani i obnašali su dužnosti predsjednika HDB-a. Bili su tada prisutni, a kasnije su obnašali dužnosti članova Izvršnog odbora ili predsjednika: prof. dr. sc. Ivanka Pavušek, prof. dr. sc. Jagoda Šušković, dr. sc. Ljubinka Vitale, dr. sc. Dubravka Hršak, prof. dr. sc. Vladimir Marić, prof. dr. sc. Srećko Matošić i prof. dr. sc. Želimir Kurtanjek. Zadnjih desetak godina HDB aktivno djeluje zahvaljujući predsjednicama, prof. dr. sc. Vesni Zechner Krpan i prof. dr. sc. Aniti Slavica.

HDB aktivno surađuje s Europskom federacijom za biotehnologiju, pri čemu posebno treba istaknuti suradnju u organizaciji međunarodnog tečaja 'Bioprocess Engineering Course' za studente doktorske i postdoktorske razine iz europskih znanstvenih institucija i industrije, a koji se tradicionalno održava svake druge godine, od 1998. u Supetru na Braču. HDB je član Hrvatskog inženjerskog saveza, Hrvatskog prirodoslovnog društva kao i EBTNA (European Biotechnology Thematic Network Association) od 2013. godine (Monografija 60. obljetnice PBF-a Sveučilišta u Zagrebu, 2016).

Prof. emer. Vera Johanides je, kao poznata i priznata znanstvenica, inženjer/tehnolog i inovator, bila jedna od prvih počasnih članova **Akademije tehničkih znanosti Hrvatske** (HATZ-a), i to prvenstveno zbog iznimnih zasluga za razvoj biotehnologije, kroz svoj predani rad, kao sveučilišnog profesora iz biotehnologije, i kroz svoj prorektorski mandat na Sveučilištu u Zagrebu (1984.-1986.), koje je potom postalo mjesto školovanja biotehnologa i iz drugih, danas susjednih država na jugoistoku Europe. Uvela je sustav u kojem su znanost, struka i obrazovanje bili objedinjeni kroz inovacije i transfer znanja iz akademske zajednice u industriju. Zbog njenih je zasluga za razvoj biotehnologije u Hrvatskoj, godine 2001. uvedeno dodjeljivanje nagrade HATZ-a mladim znanstvenicima pod nazivom "Vera Johanides", a 2011. godine je postavljena bista prof. emer. Vere Johanides u parku "Doma HATZ" u Kačićevoj 28., Zagreb, prikazana na slici 3. (Kniewald, 2011; Novak, 2011; Kniewald, 2013; Novak, 2013). Bista je postavljena zaslugom tadašnjeg tajnika Odjela bioprocesnog inženjerstva i voditelja Biotehničkog centra HATZ-a prof. emer. Zlatka Kniewalda i do danas je jedina bista podignuta jednoj sveučilišnoj profesorici u Republici Hrvatskoj.

Zahvaljujući vizionarstvu prof. emer. Vere Johanides, u Hrvatskoj je stvorena kritična masa istraživača i stručnjaka na području biotehnologije, kako na Sveučilištu u Zagrebu, tako i u Istraživačkom institutu PLIVE d.d., te u drugim biotehnološkim tvrtkama: pivovarama, tvornicama kvasca i alkohola, tvornicama octa, Imunološkom zavodu itd. Kao rezultat stečenih znanja i ekspertiza, razvijali su se novi proizvodi i biotehnološki postupci koji su našli svoju primjenu u realnoj proizvodnji. Upravo zbog toga je druga polovica 20 st. smatrana **zlatnim dobom hrvatske biotehnologije i prehrambene tehnologije**. U prilogu ovog rada je popis patenata



Sl. 3. Bista prof. emer. Vere Johanides u parku "Doma HATZ" u Kačićevoj 28, Zagreb, postavljena 2011. godine (Zagrebački.info, 2012)

proizašlih iz razvojnih programa, elaborata, idejnih projekata (tehnoloških rješenja) i izvedbenih (glavnih) projekata, konstrukcija i investicijskih programa, elaborata i studija u periodu 1956.-1986 (Spomenica, 1986). Rat i proces privatizacije ostavili su svoje negativne posljedice i u biotehnološkom sektoru industrijske proizvodnje koje su još uvijek prisutne (Novak, 2013).

Da su iz akademskih krugova uvijek dolazile inicijative promoviranja biotehnologije, kao i povezivanja znanosti i industrije, svjedoči i kontinuirano održavanje internacionalnih simpozija biotehnologije u suorganizaciji Akademije tehničkih znanosti Hrvatske i Hrvatskog društva za biotehnologiju, u periodu 1999-2007., kojih je inicijator i idejni začetnik bio prof. emer. Zlatko Kniewald, i podršku tadašnjih predsjednika HDB-a, prof. dr. sc. D. Hranuelija i prof. dr. sc. S. Novaka, te su u serijskoj publikaciji "Current Studies of Biotechnology", urednik prof. emer. Zlatko Kniewald, publicirani i zbornici radova s tih skupova: vol I. "Biotechnology and Biomedicine" (1999), vol. II. "Biotechnology and Environment" (2001), vol. III.

"Biotechnology and Food" (2003) i vol. IV. "Biotechnology and Immunomodulatory Drugs" (2005) kojih je glavni urednik bio prof. emer Zlatko Kniewald. Peti simpozij "Biotechnology, Energy, Chemicals and Renewable Raw Materials" održan je 2007. godine. Slijedila je organizacija međunarodnih simpozija, posvećenih prof. emer. Veri Johanides koji su održani 2011., 2013. i 2018. pod nazivima "Život i postignuća prof. emer. Vera Johanides", "Vera Johanides – Biotechnology in Croatia by 2020". i "Biotechnology in Croatia – Vera Johanides", a predsjednici Organizacijskih odbora su bili prof. dr. sc. Jasna Kniewald, prof. emer. Zlatko Kniewald i prof. dr. sc. Blaženka Kos.

U okviru Akademije tehničkih znanosti Hrvatske (HATZ), u organizaciji navedenih skupova, ali i brojnih drugih stručnih aktivnosti u području biotehnologije, aktivno su bili uključeni Odjel bioprocesnog inženjerstva i Biotehnički centar, a najveće zasluge za realizaciju svih navedenih aktivnosti pripadaju prof. emer. Zlatku Kniewaldu, koji je bio predsjednik HATZ-a 2003.-2005. i 2005.–2009., Predsjedatelj odbora Znanstvenog fonda HATZ-a (2009.–2013.), tajnik Odjela bioprocesnog inženjerstva HATZ-a (2013.–2017.), voditelj Biotehničkog centra HATZ-a (2003.-2005., 2005.–2009. i 2009.–2013.), te Upravitelj **Biotehničke zaklade** Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta, od njenog osnutka 1996. do 2005. Od 2005. tu je dužnost preuzela prof. dr. sc. Višnja Gaurina Srček. Biotehnička zaklada PBF-a dodjeljuje stipendije, potpore i nagrade najboljim studentima i mladim istraživačima koji svojim rezultatima mogu pridonijeti razvoju gospodarstva RH. U razdoblju 1996.-2005. predsjednik Upravnog odbora Zaklade bio je Branimir Ćurić, dipl. ing. (PLIVA), u razdoblju 2006.-2009. dr. sc. Damir Beluhan (PLIVA), a članovi su bili prof. dr. sc. Slobodan Grba (PBF Sveučilišta u Zagrebu), Boris Lalić, dipl. ing. (Zagrebačka pivovara) i mr. sc. Đuro Zalar (Podravka). Od 2009. predsjednica Upravnog odbora Zaklade je Tamara Drk-Vojnović, dipl. ing. (Vindija). Treba posebno napomenuti da je Biotehnička zaklada PBF-a od svojeg osnutka do danas financirana isključivo donacijama iz gospodarstva, da nije smanjivala svoju aktivnost niti u doba svjetske krize i da je njezin moto od osnivanja 1996. godine "Zaposlimo naše mlade u Hrvatskoj da im prvo radno mjesto ne bude inozemstvo".

Unutar **Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti** (HAZU) Znanstvenog vijeća za poljoprivredu i šumarstvo djeluje Sekcija za preradu poljoprivrednih proizvoda i biotehnologiju. Znanstveno vijeće je osnovano 1992. godine s ciljem okupljanja znanstvenika i ostalih stručnjaka radi rješavanja aktualnih znanstvenih i stručnih problema koja se odnose na znanstvena područja Sekcija, među kojima je i Sekcija za preradu poljoprivrednih proizvoda i biotehnologiju koje je prvi pročelnik bio prof. emer. Zlatko Kniewald (1992.-2000.), a nakon njega je tu dužnost preuzela prof. dr. sc. Vesna Lelas (2000.-2012.), a aktualna pročelnica je prof. dr. sc. Duška Ćurić (2012.-).

Na Prehrambeno-biotehnološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu djeluje **Udruga studenata PROBION**, od 2015. godine, ali je nastala na temeljima Udruge studenata biotehnologije "Helix", osnovane 2006. godine, koja je studentima studija biotehnologije omogućavala stjecanje i izmjenu stručnih znanja i iskustava koja izlaze iz okvira obveznog nastavnog programa i popularizaciju biotehnologije u javnosti. Udruga PROBION proširila je svoje interese na sve studente PBF-a Sveučilišta u Zagrebu. PROBION organizira edukativna predavanja na aktualne stručne teme, a 2020. godine će se održati sada već Treći kongres studenata biotehnologije s međunarodnom suradnjom, u organizaciji PROBION-a s ciljem okupljanja predavača i studenata biotehnologije i srodnih područja, kako bi se upoznali s najnovijim istraživanjima, metodama, problemima i budućim ciljevima u razvoju biotehnologije.

Znanstveno-istraživačka aktivnost i izdavačka djelatnost u biotehnologiji

Prehrambeno-biotehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, izdaje već 58. godinu znanstveni časopis **Food Technology and Biotechnology** (ranijeg naziva Prehrambeno-tehnološka i biotehnološka revija), kojeg je dugogodišnji glavni urednik bio prof. emer. Pavao Mildner, a sadašnji je glavni urednik prof. dr. sc. Vladimir Mrša. Službeno je glasilo Hrvatskoga društva za biotehnologiju i Slovenskoga mikrobiološkog društva. Od 1999. indeksiran je u Current Contents/Agriculture, Biology and Environmental Sciences, te je referiran u brojnim međunarodnim sekundarnim publikacijama i bazama podataka, uključujući Science Citation Index Expanded unutar baze podataka WoS (Web of Science). Znastveni radovi s područja biotehnologije objavljuju se i u "Hrvatskom časopisu za prehrambrenu tehnologiju, biotehnologiju i nutricionizam" kojeg izdaje Hrvatsko društvo za prehrambenu tehnologiju, biotehnologiju i nutricionizam (HDPBN – osnovano 1999. godine), a aktualna glavna urednica je prof. dr. sc. Jadranka Frece, dekanica PBF-a Sveučilišta u Zagrebu.

Znanstveno-istraživački rad iz područja biotehnologije, odvija se ne samo na hrvatskim sveučilištima, nego i u znanstveno-istraživačkim institutima, među kojima se posebno ističu Institut Ruđer Bošković, Hrvatski veterinarski institut, Centar za istraživanje i prijenos znanja u biotehnologiji Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za javno zdravstvo "Dr. Andrija Štampar", Hrvatska agencija za hranu, Centar za kontrolu namirnica PBF-a, Centar za forenzična ispitivanja, istraživanja i vještačenja "Ivan Vučetić" MUP RH, Institut za medicinska istraživanja, Imunološki zavod, BIOCentar Borongaj itd.

BIOCentar, inkubacijski centar za bioznanosti, je javna neprofitabilna institucija čiji je osnivač Republika Hrvatska (RH), a predstavlja prvi biotehnološki inkubator u RH. Otvoren je 28.09.2015. godine, a služi kao infrastrukturna i inkubacijska podrška u znanstvenim istraživanjima i prijenosu tehnologije znanstvenim institutima, fakultetima, biotehnološkim start-up tvrtkama, farmaceutskoj, prehrambenoj i biotehnološkoj industriji. U BIOCentru je zaposleno 15 djelatnika, od kojih je 6 istraživača koji su stekli doktorat znanosti, 3 istraživača/suradnika doktoranda, te prateće i tehničko osoblje.

Znanstveni centri izvrsnosti (ZCI) u biotehničkom području (ZCI za Bioprospecting mora – BioProCro i ZCI za bioraznolikost i molekularno oplemenjivanje bilja), u interdisciplinarnom području biotehničkih i biomedicinskih znanosti (ZCI za personaliziranu brigu o zdravlju), te biomedicinskom području (ZCI za virusnu imunologiju i cjepiva) daju značajan doprinos međunarodno relevantnim znanstvenim istraživanjima u biotehnologiji, te kontinuiranom razvoju visokog obrazovanja i gospodarstva na nacionalnoj razini.

Znanstveno-istraživački, nacionalni i međunarodni, projekti u području biotehnologije su iznjedrili brojne znanstvene publikacije. Za razdoblje financiranja nacionalnih znanstveno-istraživačkih projekata od 2006. do 2011. uspostavljena je on-line baza podataka **Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa** (MZOŠ) nazvana z-projekti (http://zprojekti.mzos.hr/), prema kojoj su projekti svrstani po znanstvenim područjima i po projektnim razdobljima. Prema toj bazi podataka, u znanstvenom području Biotehničkih znanosti, financiran je 131 projekt u periodu 1996.-2002., 172 projekta od 2002. do 2006., te 277 projekata od 2007. do 2011. godine. Prema on-line bazi podataka ukupne znanstvene publicistike hrvatskih istraživača CROSBI (https://bib.irb.hr/), registriran je 61 znanstveno-istraživački projekt, financiran od strane MZOS, od 2007. do 2011. u znanstvenom polju Biotehnologija. Nacionalne znanstveno-istraživačke projekte od 2013. godine financira **Hrvatska zaklada za znanost.** Prema bazi podataka dostupnoj na mrežnim stranicama HRZZ-a (http://www.hrzz.hr), od 2013. godine je u znanstvenom polju Biotehnologija financirano ukupno 20 znanstveno-istraživačkih projekata.

Međunarodne suradnje i znanstvena istraživanja u biotehnologiji odvijaju se i kroz različite međunarodne projekte u okviru programa ERASMUS, TEMPUS, Strukturnih fondova za razvoj EU, IPA, Europskog fonda za regionalni razvoj i socijalni program EU, Okvirne programe Europske komisije (FP6, FP7, FP8 – ”Horizon 2020”), a podaci o projektima dostupni su na mrežnim stranicama pod skraćenim nazivima kao npr.: CARBAZYMES, ProBioTech, ”StAdvInn”, MultiCaSt, PHOENIX i Bioaktivni vinski otpad (Dettenhofer i sur. 2019).

Hrvatska agencija za malo gospodarstvo, inovacije i investicije (HAMAG-BICRO) je zadužena za poticanje malog i srednjeg poduzetništva, kroz sve razvojne

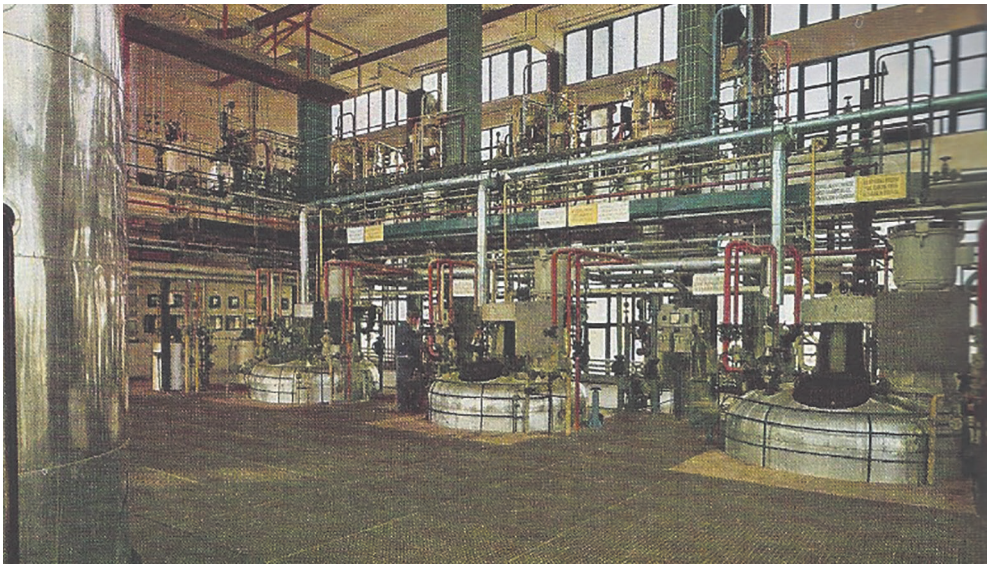
faze njihovog poslovanja – od istraživanja i razvoja ideje pa sve do komercijalizacije i plasmana na tržište, te svojim aktivnostima također podržava projekte u području biotehnologije (HAMAG-BICRO, 2020).

Stručna djelatnost u biotehnologiji kroz suradnju industrije i akademske zajednice, od samih je početaka razvoja biotehnologije u Hrvatskoj rezultirala prijavom brojnih patenata, proizašlih iz razvojnih programa, elaborata, idejnih projekata (tehnološka rješenja) i izvedbenih (glavnih) projekata, konstrukcija i investicijskih programa, elaborata i studija (popis navedenih dokumenata, u periodu 1956.-1986. je u prilogu).

Biotehnološka proizvodnja antibiotika u Hrvatskoj

PLIVA ima vodeću poziciju na hrvatskom tržištu u segmentu lijekova koji se izdaju na recept, a gdje pripadaju i antibiotici. Povijesni pregled razvoja biotehnološke proizvodnje antibiotika i drugih biotehnoloških proizvoda u PLIVI prikazan je u tablici 5. Početak biotehnoloških istraživanja u PLIVI obilježen je aktualnošću istraživanja antibiotika širokog spektra u svijetu, što su tada bila posve nova područja biotehnologije i industrijske mikrobiologije. Tako je 1957. pokrenuto istraživanje biotehnološke proizvodnje oksitetraciklina pod voditeljstvom dr. Gavre Tamburaševa s tadašnjeg Biotehnološkog odjela Tehnološkog fakulteta (današnjeg Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu), a 1958. je osnovan i Biotehnološki odjel u sklopu Istraživačkog instituta PLIVE. Kao rezultat te suradnje, uskoro je patentiran vlastiti tehnološki postupak za proizvodnju oksitetraciklina (OTC-a) koja je u PLIVI započela 1959. godine s vlastitim proizvodnim sojem *Streptomyces rimosus* R6 (slika 4). O značaju uvođenja ove biotehnološke proizvodnje govori i činjenica da je prof. emer. Selman Abraham Waksman, dobitnik Nobelove nagrade 1952. godine za fiziologiju ili medicinu za otkriće antibiotika streptomicina, tada posjetio pogon biotehnološke proizvodnje oksitetraciklina tvornice PLIVA (slika 5).

Potrebno je također naglasiti da je upravo nagli razvoj biotehnologije kroz sve raširenu biotehnološku proizvodnju antibiotika, bio ključan za osnivanje jednog od prvih studija biotehnologije u Europi, odnosno na Sveučilištu u Zagrebu, što je potaknuo i uvođenje predmeta Kemija i tehnologija antibiotika, kao i predmeta Industrijska mikrobiologija, unutar kojeg je između ostalih radnih mikroorganizama, podučavano o mikroorganizmima producentima antibiotika. Predmet Industrijska proizvodnja antibiotika je uveo prof. Gavra Tamburašev 1957/58., na tadašnjem Biotehnološkom odjelu Tehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, a današnjem Prehrambeno-biotehnološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Od samog uvođenja predmeta, dio je studijskog programa bila i terenska nastava koja se



Sl. 4. Pogon proizvodnje oksitetracilina (OTC-a) u farmaceutskoj tvrtki PLIVA u bioreaktorima nazvanih "cigare" (Kolačny, 1968.)



Sl. 5. Fotografija snimljena 02. rujna 1959. godine, tijekom posjeta nobelovca dr. sc. Selmana Abrahama Waksmana, prof. emer. (1952. godine Nobelova nagrada za otkriće streptomicina, prvog antibiotika koji je bio učinkovit protiv tuberkuloze), pogonu proizvodnje oksitetracilina (OTC-a) u farmaceutskoj tvrtki PLIVA, u društvu prof. dr. Gavre Tamburaševa i PLIVINIH zaposlenika (Kolačny, 1968.)

provodila organiziranjem stručnih posjeta tvornicama koje su u bivšoj Jugoslaviji proizvodile antibiotike, a bile su organizirane i studentske vježbe, ne samo na fakultetu, nego i u industrijskom pogonu proizvodnje antibiotika tvrtke PLIVA. Dr. sc. Marijan Bošnjak pridonio je napretku biotehnološke proizvodnje oksitetraciklina optimiranjem proizvodnog postrojenja i proizvodne tehnologije u PLIVI, a bio je suradnik i u nastavi na PBF-u Sveučilišta u Zagrebu. U to su vrijeme inženjeri iz industrije obavljali istraživanja za doktorat na današnjem Prehrambeno-biotehnološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu i pri tom pomagali u nastavi, a inovacije i transfer znanja, koji uz edukaciju i znanstvena istraživanja čine treću društvenu funkciju suvremenih sveučilišta, su bili uobičajeni od samog osnutka studija biotehnologije na današnjem Prehrambeno-biotehnološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Predmet je tijekom godina mijenjao naziv, pa je tako akad. god. 1957./58. nosio naziv Industrijska proizvodnja antibiotika, od 1984./85. nosio naziv Tehnologija antibiotika, a od 1996. godine izvođen u okviru predmeta Biotehnološka proizvodnja lijekova i specifičnih kemikalija. Uvođenjem preddiplomskih i diplomskih studija po bolonjskom procesu, od akad. god. 2005./06., predmet ponovno dobiva naziv Tehnologija antibiotika. Nakon prof. dr. sc. Gavre Tamburaševa, nositeljstvo predmeta preuzeo je prof. dr. sc. Srećko Matošić, kojeg je nasljedila prof. dr. sc. Jagoda Šušković.

Rana istraživanja biosinteze oksitetraciklina provodili su, ne samo u tvrtkama Pfizer i Lederle, već su značajan doprinos dale Akademske skupine bivše Čehoslovačke i hrvatski istraživači Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta (PBF-a) Sveučilišta u Zagrebu (Petković i sur., 2017). Ruski znanstvenici iz All-Union Research Institute for Antibiotics u Moskvi su također doprinijeli području genetike proizvodnje OTC-a u *S. rimosus*, njihov rad je uglavnom bio objavljivan u ruskim časopisima. Rane kružne kromosomske mape tri soja *S. rimosus* i mutiranog soja *S. rimosus*, blokiranih u proizvodnji OTC-a, neovisno su konstruirale dvije istraživačke skupine, Friend and Hopwood u Velikoj Britaniji te istraživačka grupa prof. emer. Marije Alačević na PBF-u u suradnji s istraživačkom grupom iz PLIVE, Zagreb. Analizom mutiranih mikrobnih sojeva koji ne proizvode oksitetraciklin početno je predložena pozicija nekih lokusa odgovornih za biosintezu oksitetraciklina u donjem dijelu mape. Zanimljivo, ove studije ističu dvije lokacije gena uključenih u biosintezu OTC-a na fizičkoj mapi kromosoma *S. rimosus* (Alačević, 1973; Pigac i Alačević, 1979). Početkom 1980-ih, Pfizerova grupa je objavila napredne genetičke i biokemijske studije temeljene na mutiranim sojevima *S. rimosus* smanjene sposobnosti biosinteze OTC-a. Zahvaljujući postignutim brojnim poboljšanjima, kako biotehnološkog postupka proizvodnje, tako i vlastitog proizvodnog soja *S. rimosus*, PLIVA je stekla ugled proizvođača antibiotika vrhunske kakvoće, a razvojem vlastitog originalnog antibiotika azitromicina, taj je ugled i poziciju u svjetskoj farmaceutskoj industriji dodatno potvrdila (tablica 5).

Tablica 5. Povijesni razvoj PLIVE kao vodećeg proizvođača lijekova u Hrvatskoj i jednog od najpoznatijih farmaceutskih brendova u regiji Srednje i Istočne Europe (Bibliografija znanstvenih i stručnih radova, PLIVA, 1991; Povjesnica PLIVE, 1996; PLIVA-jučer, danas, sutra, 2013)

Godina	Aktivnost
1921.	osnovana tvornica Kaštel, KARLOVAC, preteča današnje PLIVE – proizvodnja farmaceutskih supstancija (uglavnom biljni ekstrakti)
1923.	proširenje proizvodnje (injekcije, parenteralne otopine, kapsule, tablete, sirupi)
1927.	preseljenje tvornice Kaštel u ZAGREB
1935.	Dr. sc. Vladimir Prelog, dobitinik Nobelove nagrade za kemiju 1975. godine, razrađuje ideju o osnivanju istraživačkog laboratorija u Kaštelu
1936.	Patentiran postupak za izradu azo-boja iz piperazina s baktericidnim i antiparazitskim djelovanjem
1937.	Patentiran i na tržište plasiran sulfanilamid Streptazol, što je bio početak razvoja i proizvodnje sulfonamida u Kaštelu, kao jednoj od prvih tvornica proizvođača sulfonamida u svijetu (kao rezultat razvoja sulfonamida ostvareno je ukupno 16 patenata)
1941.	Kaštel postaje dio državne tvornice PLIBAH koja mijenja ime u Državni zavod za **p**roizvodnju **li**jekova i **va**kcina – PLIVA, Zagreb
1940.- tih	Proizvodnja inzulina, dobivenog ekstrakcijom iz pankreasa, koja je započela u Školi narodnog zdravlja 1938., nastavljena u PLIBAH-u, i u PLIVI, te je proizvodnja unaprijeđena na sve čišće i djelotvornije oblike inzulina
1952.	Osnovan Istraživački institut PLIVE
1953.	Biotehnološka proizvodnja C vitamina
1959.	Biotehnološka proizvodnja antibiotika oksitetraciklina submerznim aerobnim uzgojem vlastitog soja producenta *Streptomyces rimosus* R6, poznatog u međunarodnoj znanstvenoj literaturi kao “Zagreb strain”
1959.	Nagrada grada Zagreba dr. Zrinki Tamburašev, dr. Gavri Tamburaševu i suradnicima za zasluge u razvoju proizvodnje antibiotika oksitetraciklina
1959.	Biotehnološka proizvodnja vitamina B6
1960.-tih i 1970.-tih	Patentirani mikrobni sojevi producenti penicilin-acilaze i razrađen biotehnološki postupak za enzimsku proizvodnju 6-aminopenicilanske kiseline (6-APA)
1960.-tih	Izoliran vlastiti soj producent vitamina B12 i patentiran biotehnološki postupak proizvodnje vitamina B12
1960.-tih	Razvoj biotehnoloških postupaka biosinteze aminokiselina (glutaminska, lizin, histidin) i nukleotida (inozin)
1960.-tih i 1970.-tih	Kontinuirano oplemenjivanje soja producenta oksitetraciklina *Streptomyces rimosus* genetičkim metodama u suradnji istraživačke grupe prof. emer. Marije Alačević sa današnjeg Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i Istraživačkog instituta PLIVE (dr. sc. Jasenka Pigac, dr. sc. Daslav Hranueli, dr. sc. M. Strašek-Vešligaj)

Godina	Aktivnost
1960.-tih i 1970.-tih	Izrada elaborata i razvoj biotehnoloških postupaka biosinteze amilolitičkih i proteolitičkih enzima. Istraživanja su obuhvatila i druge skupine enzima: β-glukanaze, celulolitičke enzime, glukoza izomerazu, glukoza oksidazu, invertazu
1967.	Udruživanje s Tvornicom za proizvodnju špirita i kvasca "Žumberak" u Savskom Marofu te je uslijedila modernizacija i unaprijeđenje proizvodnje etanola i kvasca (uvođenje vlastitog biotehnološkog postupka proizvodnje suhog aktivnog kvasca)
1970.	Nagrada grada Zagreba mr.sc. Dragutinu Vlašiću i Marijanu Vrani, za tehnološki postupak proizvodnje proteolitičkih enzima
1970.	Udruživanje s tvornicom Serum zavod Kalinovica u kojoj su se od 30-tih godina 20. st. proizvodili humani serumi, a zatim oni za veterinarsku uporabu, a kasnije je uvedena proizvodnja veterinarskih lijekova.
1970.-tih	Opsežna istraživanja i razvoj vlastite tehnologije proizvodnje vakcina razvijanjem vlastitih biotehnoloških postupaka (proizvodnja bakterijskih vakcina aerobnim i anaerobnim submerznim uzgojem), proizvodnja animalnih virusa na primarnim i linijskim kulturama stanica
1970.-tih	Istraživanja peptidoglikan monomera kao imunomodulatora
1971.	Patentna prijava za polusintetski tetraciklinski antibiotik metaciklin
1978.	Patentna prijava za polusintetski tetraciklinski antibiotik doksiciklin
1981.	Patentna prijava za vlastiti, originalno razvijen antibiotik azitromicin (autori: Slobodan Đokić, Gabrijela Kobrehel, Gorjana Radobolja-Lazarevski i Zrinka Tamburašev)
1986.	potpisan licencni ugovor s tvrtkom PFIZER, kojom PFIZER dobiva ekskluzivno pravo na prodaju azitromicina u SAD i zapadnoj Evropi
1988.	Plasiranje antibiotika azitromicina na tržište pod zaštićenim imenom SUMAMED (tvrtka PFIZER uvodi azitromicin na tržište pod imenom ZITHROMAX 1991. godine)
1990.-tih	istraživanja i razvoj biotehnološke proizvodnje antibiotika mupirocina
1998.	otvoren novi pogon za proizvodnju azitromicina u Savskom Marofu
2002.	Otvoren novi istraživački institut
2000.-tih	razvoj proizvodnje dva biogenerička lijeka: eritropoetina (EPO, koji stimulira proizvodnju eritrocita) i filgrastima, (G-SCF – Granulocyte Colony Stimulating Factor – faktora stimulacije rasta granulocita)
2006.	PLIVA ulazi u sastav američke tvrtke Barr
2009.	PLIVA postaje članica izraelske Teva grupe, jedne od najvećih svjetskih farmaceutskih kompanija
2009.	PLIVA prodaje tvrtki Hospira pogon biotehnološke proizvodnje biogeneričkih lijekova filgrastima i eritropoetina
2011.	Pokrenut novi investicijski ciklus, jedan od najvećih u povijesti kompanije

Osim PLIVE kao najvećeg proizvođača lijekova, u Republici Hrvatskoj posluje ukupno oko 50 farmaceutskih tvrtki, među kojima su hrvatske farmaceutske tvrtke Belupo i Jadran galenski laboratorij prisutni sa svojim lijekovima na europskom i američkom tržištu, te tvrtka PharmaS, koja također proizvodi i stavlja u promet generičke lijekove, dok je tvrtka Genos registrirana za istraživanje i eksperimentalni razvoj u biotehnologiji. U Kliničkom bolničkom centru Sestre milosrdnice, na Klinici za traumatologiju uspostavljena je Banka tkiva za bankiranje koštanih presadaka živih darivatelja te uzgoj i bankiranje ljudske kože.

U Republici Hrvatskoj svoje proizvodne pogone i laboratorije imaju i inozemne farmaceutske tvrtke npr. GlaxoSmithKline, Hospira, Galapagos istraživački centar, Teva, Xellia, ACG Lukaps, Sandoz Hrvatska, Genera i Farmal. Na hrvatskom tržištu distribucije lijekova Medika je najstarija i vodeća hrvatska tvrtka, a među najvećima su i Phoenix Farmacija, Medical Intertrade i Oktal Pharma.

Biotehnološka proizvodnja ostalih lijekova i finih kemikalija

Biotehnološka proizvodnja cjepiva ima dugogodišnju tradiciju kroz djelatnost PLIVE i Imunološkog zavoda. Tako su u PLIVI još 1970-tih godina započela opsežna istraživanja i razvoj tehnologije proizvodnje vakcina razvijanjem vlastitih biotehnoloških postupaka (proizvodnja bakterijskih vakcina aerobnim i anaerobnim submerznim uzgojem, proizvodnja animalnih virusa na primarnim i linijskim kulturama stanica). U Kalinovici (PLIVA) su se od 30-tih godina 20. st. proizvodili humani serumi, a zatim oni za veterinarsku uporabu, a kasnije je uvedena proizvodnja veterinarskih lijekova.

Prije više od pola stoljeća **Imunološki zavod** započeo je s proizvodnjom lijekova iz ljudske krvi ili ljudske plazme. Imunološki zavod proizvodi krvne derivate isključivo iz plazme prikupljene na području Republike Hrvatske. Cjepivo protiv morbila, priređeno sa sojem Edmonston-Zagreb, izradili su i usavršili stručnjaci Imunološkog zavoda, a koje je Svjetska zdravstvena organizacija (WHO) ocijenila kao cjepivo protiv morbila Imunološkog zavoda koje postiže izuzetne imunološke učinke, što je doprinijelo svjetskom ugledu Imunološkog zavoda. Imunološki zavod je 2015. godine dao novoosnovanoj "Javnoj zdravstvenoj ustanovi Imunološki zavod" pravo korištenja poslovnih prostora i opreme koje je koristio za obavljanje djelatnosti, uključujući pravo ostave i čuvanja matičnih sojeva virusa (Javna zdravstvena ustanova Imunološki zavod, 2020).

Tvrtka **Genera** dioničko društvo za razvoj i proizvodnju farmaceutskih proizvoda, u vlasništvu Dechra Grupe, proizvodi veterinarsko-medicinske proizvode, među kojima je biotehološka proizvodnja cjepiva. Tvrtka Genera je u lipnju 2017. godine

započela s provedbom projekta ”Istraživanje i razvoj proizvoda u segmentu živih peradarskih cjepiva”. Projekt se provodi u okviru Trajno otvorenog poziva na dostavu projektnih prijedloga za dodjelu bespovratnih sredstava za “Povećanje razvoja novih proizvoda i usluga koji proizlaze iz aktivnosti istraživanja i razvoja” koji je sufinanciran u okviru Operativnog programa Konkurentnost i kohezija sredstvima iz Europskog fonda za regionalni razvoj (Genera, 2019).

Biotehnološka proizvodnja vitamina u Hrvatskoj započela je s proizvodnjom vitamina C u tvrtki **PLIVA** 1953. godine, a već 1959. godine uvedena je biotehnološka proizvodnja vitamina B6. U PLIVI je 1960-tih godina Izoliran vlastiti soj producent vitamina B12 i patentiran biotehnološki postupak proizvodnje vitamina B12.

Biotehnološka proizvodnja enzima također je bila zastupljena u tvrtki PLIVA. Tijekom 1960-tih i 1970-tih godina izrađeni su elaborati i razvijeni biotehnološki postupci mikrobne proizvodnje amilolitičkih i proteolitičkih enzima za potrebe industrije. Istraživanja su obuhvatila i druge skupine enzima (β-glukanaze, celulolitičke enzime, glukoza izomerazu, glukoza oksidazu, invertazu). Nagrada grada Zagreba mr.sc. Dragutinu Vlašiću i Marijanu Vrani za tehnološki postupak proizvodnje proteolitičkih enzima dodijeljena im je 1970. godine. Istraživanja biotehnološke proizvodnje enzima su se provodila i na Prehrambeno-biotehnološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu na Zavodu za biokemijsko inženjerstvo (tablica 5). Tako su 1960-tih i 1970-tih godina patentirani mikrobni sojevi producenti enzima penicilin-acilaze (V. Johanides i Pavušek I.: patentirani sojevi *Cordyceps militaris, Trichospron cutaneum, Rhodotorula mucilaginosa, Isaria farinosa, Candida zeylanoides*) i razrađen biotehnološki postupak za enzimsku proizvodnju 6-aminopenicilanske kiseline (6-APA).

Mr. sc. Dragutin Vlašić je, kao voditelj Biotehnološkog odjela u PLIVI, a potom kao pomoćnik direktora Istraživačkog instituta PLIVE, uspješno organizirao istraživački rad i sudjelovao u uvođenju predmeta Biokemijsko inženjerstvo na Prehrambeno-biotehnološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, na kojem je bio predavač, kao i na predmetu Tehnologija enzima na istom Fakultetu, kojeg je uveo prof. dr. sc. Zdravko Duvnjak 1976. godine. U suradnji s mr.sc. Dragutinom Vlašićem iz PLIVE, na fakultetu se radilo na razvoju tehnika imobilizacije enzima i biotehnološkoj proizvodnji amilolitičkih i proteolitičkih enzima površinskim i submerznim uzgojem mikroorganizama producenata. Predmet Tehnologija enzima preuzeo je, nakon prof. dr. sc. Zdravka Duvnjaka, prof. dr. sc. Srećko Matošić, zatim 1996. godine predmet mijenja naziv u Proizvodnja enzima i enzimsko inženjerstvo, a od akad. god. 2005/06. ponovno dobiva naziv Tehnologija enzima kojeg je nositeljica bila prof. dr. sc. Jagoda Šušković, a od 2015. godine prof. dr. sc. Blaženka Kos, a profesori u Laboratoriju su i prof. dr. sc. Jasna Novak i doc. dr. sc. Andreja Leboš Pavunc.

Biotehnološka proizvodnja dva biogenerička lijeka: eritropoetina (EPO, koji stimulira proizvodnju eritrocita) i filgrastima, (G-SCF – Granulocyte Colony Stimulating Factor – faktora stimulacije rasta granulocita), razvijena je 2000-tih godina u tvrtki PLIVA. Biotehnološku proizvodnju biogeneričkih lijekova filgrastima i eritropoetina 2009. godine preuzima Hospira Inc. kupnjom biotehnološkog poslovanja PLIVE, kada je tvrtku Hospira preuzela farmaceutska kompanija Pfizer, a direktor je Domagoj Runac, mag ing. biotehnologije.

Laboratorij koji je utemeljio genetičko inženjerstvo u Hrvatskoj osnovan je još 1979. godine, današnjeg naziva Laboratorij za biologiju i genetiku mikroorganizama, kojeg je pročelnica bila prof. emer. Marija Alačević, zatim prof. dr. sc. Jasne Franekić i prof. dr. sc. Zoran Zgaga, a aktualni pročelnik je prof.dr.sc. Ivan-Krešimir Svetec. U fokusu biotehnoloških znanstvenih istraživanja tog laboratorija su mikrobna i molekularna genetika i evolucija kao i oplemenjivanje industrijskih mikroorganizama primjenom klasičnih genetičkih metoda i metoda rekombinantne DNA. Aktivni profesori laboratorija u području biotehnologije su: prof. dr. sc. Višnja Bačun Družina, prof. dr. sc. Ksenija Durgo, doc. dr. sc. Anamarija Štafa i doc. dr. sc. Bojan Žunar, a među vanjskim suradnicima laboratorija u području biotehnologije su dr. sc. Dušica Vujaklija i dr. sc. Krešimir Gjuračić.

Dr. sc. Dušica Vujaklija je voditeljica Laboratorija za spektrometriju masa i funkcionalnu proteomiku na institutu Ruđer Bošković, čija su istraživanja fokusirana na genetiku industrijski važnih mikroorganizama koji pripadaju bakterijskom rodu *Streptomyces*, dok šire područje istraživanja laboratorija obuhvaća biološki aktivne molekule, dizajn, sinteza i svojstva organometalnih kompleksa od biološkog i farmakološkog značaja te onih koji se mogu primijeniti u organskoj sintezi i katalizi te kao kromogeni i fluorescentni kemosenzori.

Biotehnološka istraživanja Laboratorija za biokemiju PBF-a Sveučilišta u Zagrebu obuhvaćaju proučavanje strukture i biosinteze stanične stijenke kvasca, fiziološke uloge glikoproteina stanične stjenke i mehanizama njihove lokalizacije, ekspresije rekombinantnih proteina u stanicama kvasca i njihove imobilizacije na površini stanica kvasca te regulacije ekspresije gena u kvascu i primjenu navedenih istraživanja u biotehnologiji. Profesori, nositelji nastavnog i znanstveno-istraživačkog rada u laboratoriju bili su prof. emer. Pavao Mildner, izv. prof. dr. sc. Branka Mihanović, prof. dr. sc. Blanka Ries, prof. dr. sc. Jasna Kniewald (do osnivanja Laboratorija za Toksikologiju) a nastavili su prof. emer. Slobodan Barbarić, prof. dr. sc. Vladimir Mrša, prof. dr. sc. Renata Teparić i doc. dr. sc. Igor Stuparević.

Znanstveno-istraživački rad Laboratorija za toksikologiju, osnovanog 1988. godine, obuhvatio je slijedeća područja: učinke ksenobiotika na metabolizam steroidnih hormona i na reprodukciju u sisavaca i primjenu tehnologije životinjskih i humanih stanica – primarnih kultura i staničnih linija u istraživanjima toksičnih učinaka kse-

nobiotika. Pročelnici Laboratorija za toksikologiju, i nositelji nastavnih i znanstvenih aktivnosti bili su prof. dr. sc. Jasna Kniewald, utemeljiteljica Laboratorija, i prof. dr. sc. Branimir Šimić, a aktualna pročelnica je izv. prof. dr. sc. Ivana Kmetič, uz koju je u Laboratoriju doc. dr. sc. Teura Murati.

U okviru Zavoda za biokemijsko inženjerstvo PBF-a Sveučilišta u Zagrebu djeluje i Laboratorij za tehnologiju i primjenu stanica i biotransformacije. Laboratorij je osnovan 1960. godine pod nazivom Laboratorij za kemiju i tehnologiju vitamina i hormona. Proširujući područje djelatnosti, 1996. godine Laboratorij je preimenovan u Laboratorij za tehnologiju i primjenu stanica i biotransformacije. Od 1987.-2007. godine pročelnik Laboratorija bio je prof. emer. Zlatko Kniewald koji je dobio godišnju nagradu za znanstveni rad "Ruđer Bošković", za značajnu znanstvenu djelatnost u oblasti prirodnih znanosti – područje kemije (1986.) i nagradu za životno djelo "Moć znanja" HATZ, 2016. godine. Od 2007.-2011. pročelnica Laboratorija je bila prof. dr. sc. Jasna Vorkapić-Furač, te od 2011.-2015. prof. dr. sc. Višnja Gaurina Srček. Znanstvena aktivnost unutar Laboratorija obuhvaćala je najprije sinteze intermedijera i derivata različitih vitamina, a zatim sintezu i metabolizam steroidnih i gonadnih hormona, biološku aktivnost glukozinolata i polifenola, biokatalizu i dobivanje čistih enantiomernih spojeva, djelovanje ksenobiotika, posebice pesticida iz okoliša na reproduktivne funkcije, te razvoj i primjenu tehnologije životinjskih stanica za proizvodnju cjepiva. Uz prof. emer. Zlatka Kniewalda i prof. dr. sc. Višnju Gaurina Srček, profesori u laboratoriju su prof. dr. sc. Ivana Radojčić Redovniković, izv. prof. dr. sc. Kristina Radošević, izv. prof. dr. sc. Igor Slivac i doc. dr. sc. Marina Cvjetko Bubalo.

Laboratorij za opću mikrobiologiju i mikrobiologiju namirnica je osnovan pod nazivom Laboratorij za mikrobiologiju 1956. godine. Pročelnici Laboratorija su bili prof. dr. sc. Ivan Bach, prof. dr. sc. Oton Pospišil, doc. dr. sc. Dubravka Salopek, prof. emer. Senadin Duraković i prof. dr. sc. Frane Delaš. Aktualna pročelnica laboratorija je prof. dr. sc. Ksenija Markov, uz koju je u laboratoriju i prof. dr. sc. Jadranka Frece, aktualna dekanica Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i dobitnica državne nagrade za znanost 2014. godine za primjenu rezultata znanstveno-istraživačkog rada. U sklopu Laboratorija nalazi se Zbirka mikroorganizama Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta pod oznakom ZMPBF, koja sadrži bakterije, kvasce i plijesni, patogene mikrobe, kao i starter kulture za proizvodnju fermentiranih prehrambenih proizvoda, mikroorganizme koji čine temelj nastavne i istraživačke aktivnosti ovog laboratorija, čija znanstvena ekspertiza također obuhvaća istraživanja mikotoksina i primijenjenu mikrobiologiju.

Najmlađi laboratorij Zavoda za biokemijsko inženjerstvo je Laboratorij za bioinformatiku, osnovan najprije kao Kabinet za bioinformatiku 2002. godine dolaskom prof. dr. sc. Daslava Hranuelia, koji je niz godina bio vanjski suradnik PBF-a kao djelatnik Istraživačkog instituta PLIVE, prvenstveno u području genetike bakterija

producenata antibiotika, rodova *Streptomyces* i *Bacillus*. Stoga su glavne aktivnosti bile primjena 3DIS računalnog sustava za otkriće i dizajn lijekova *in silico*, a vremenom su proširene na primjenu bioinformatike u proteomici baziranoj na masenoj spektrometriji, nutrigenomici ali i dizajnom i provođenjem istraživanja u tzv. "wet lab-u". Primjena paradigmi kao što je "deep learning" i "big data" na biološke probleme te industrijska primjena bioinformatičkih alata u svim područjima djelovanja PBF-a Sveučilišta u Zagrebu. Profesori u laboratoriju su prof. emer. Daslav Hranueli, prof. dr. sc. Antonio Starčević, prof. dr. sc. Jurica Žućko i doc. dr. sc. Janko Diminić.

Na Odjelu za biotehnologiju Sveučilišta u Rijeci bave se temeljnim i primijenjenim istraživanjima iz područja molekularne medicine i medicinske kemije. Unutar Odjela djeluje 14 profesora i 10 docenata na čelu s pročelnicom Odjela prof. dr. sc. Mirandom Mladinić Pejatović.

Biotehnološka proizvodnja fermentirane hrane, probiotičkih proizvoda i probiotika kao živih lijekova u Hrvatskoj

Industrijska proizvodnja fermentirane hrane, bazirana na primjeni mikrobnih starter kultura, čini značajan dio proizvodnog sektora Republike Hrvatske, a obuhvaća različite fermentirane proizvode dobivene iz sirovina biljnog podrijetla (žitarice, škrobne sirovine, povrće, voće itd.) i životinjskog podrijetla (mlijeko, meso, riba). Najznačajniji udio svakako zauzima biotehnološka proizvodnja fermentiranih mliječnih proizvoda koja se u Hrvatskoj počela razvijati još 1950.-tih godina kada počinje izgradnja niza mljekara, kojima su kontinuirano proširivani industrijski kapaciteti. I u Europi tada započinje proizvodnja jogurta, a ubrzo se proširuje paleta fermentiranih mliječnih proizvoda na bazi jogurta i jogurtu sličnim proizvodima, uz stalno poboljšavanje njihove kvalitete. Paralelno raste potrošnja sireva, na tržištu se kontinuirano pojavljuju nove industrijski proizvedene vrste sira koji se lokalno proizvode na seoskim gospodarstvima kao autohtoni sirevi. (Lukač-Havranek, 1994). U novije vrijeme trend je otvaranja novih, uglavnom malih mljekara, na tržištu je sve više tradicionalnih fermentiranih mliječnih napitaka i sireva, deklariranih kao prirodni i bez aditiva, te funkcionalnih proizvoda s dodatkom probiotičkih mikrobnih kultura (Tratnik i Božanić, 2012).

Upravljanje sigurnošću hrane provodi se na Zavodu za poznavanje i kontrolu sirovina i prehrambenih proizvoda, u Laboratoriju za kontrolu kvalitete u prehrambenoj industriji na PBF-u Sveučilišta u Zagrebu, kojeg vodi prof. dr. sc. Nada Vahčić i prof. dr. sc. Mirjana Hruškar, koja obnaša i dužnost Prorektorice za prostorni razvoj i sustav kontrole kvalitete Sveučilišta u Zagrebu.

Među vodećim prehrambenim kompanijama u Hrvatskoj su: Dukat, Vindija, Podravka, Atlantic Grupa, Fortenova grupa (Agrokor), od kojih su prve dvije vodeće u mliječnoj industriji Hrvatske.

Visokoškolsko obrazovanje koje obuhvaća biotehnološku proizvodnju fermentiranih mliječnih proizvoda, odvija se kroz nastavne i znanstveno-istraživačke aktivnosti Laboratorija za tehnologiju mlijeka i mliječnih proizvoda PBF-a Sveučilišta u Zagrebu, a provode se još od akad. god. 1960./61. kada su ih započeli prof. dr. sc. Ante Petričić i prof. dr. sc. Davor Baković, nastavila dr. sc. Ljerka Kršev i prof. dr. sc. Ljubica Tratnik, a aktualna pročelnica je prof. dr. sc. Rajka Božanić. Zavod za mljekarstvo Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu je od svog osnutka 1922. godine prvenstveno orijentiran na proizvodnju mlijeka, a prati i trendove razvoja mljekarske industrije, te je 2001. godine pri fakultetu osnovan Referentni laboratorij za mlijeko i mliječne proizvode.

U Hrvatskoj su istraživanja probiotičkih bakterija mliječne kiseline započela istovremeno s istraživanjima u svijetu, 1980-tih godina, na Prehrambeno-biotehnološkom fakultetu (PBF-u) Sveučilišta u Zagrebu, , gdje je prof. dr. sc. Jagoda Šušković pokrenula istraživanja i prva doktorirala na temu probiotičkog koncepta, te osnovala prvi laboratorij za istraživanje probiotika koji nosi naziv Laboratorij za tehnologiju antibiotika, enzima, probiotika i starter kultura na PBF-u. Istraživanja antimikrobne aktivnosti bakterija mliječne kiseline je još 1950.-tih godina provodila dr. sc. Tomić Karović Kruna s Farmaceutskog i Stomatološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, za terapiju dijareja uzrokovanih patogenim bakterijama, a 1980-tih godina dr. sc. Jagoda Šušković na PBF-u Sveučilišta u Zagrebu, kada su bakterije mliječne kiseline u probiotičkom kontekstu prvenstveno bile istraživane kao zamjena za antibiotike koji su se primjenjivali za poticanje rasta životinja na farmama što je dovodilo do širenja antibiotičke rezistencije (Makovec i sur. 2014., Gačić i sur. 2015., Obad i sur. 2015., Fejzuli i sur. 2018.).

Predmet "Probiotici i starter kulture" u kurikulumu sveučilišnih studijskih programa također je prvi put, 2000. godine, uvela prof. dr. sc. Jagoda Šušković na PBF-u i izvodi se od 2000. godine na PBF-u Sveučilišta u Zagrebu, na dodiplomskom studiju Biotehnologija, i nastavlja se kontinuirano izvoditi na preddiplomskim i diplomskim studijima PBF-a po Bolonjskom procesu. Na sveučilišnom poslijediplomskom doktorskom studiju PBF-a "Biotehnologija i bioprocesno inženjerstvo, prehrambena tehnologija i nutricionizam" prof. dr. sc. Jagoda Šušković je uvela predmet Probiotici, prebiotici i funkcionalne starter kulture.

U Laboratoriju za tehnologiju antibiotika, enzima, probiotika i starter kultura na PBF-u, koji i danas ima vodeću ulogu u Hrvatskoj na području istraživanja probiotika, izrađeno je ili je još u izradi više od 10 disertacija u okviru probiotičkog koncepta (slika 7), više od 200 završnih i diplomskih radova studenata te publicirane



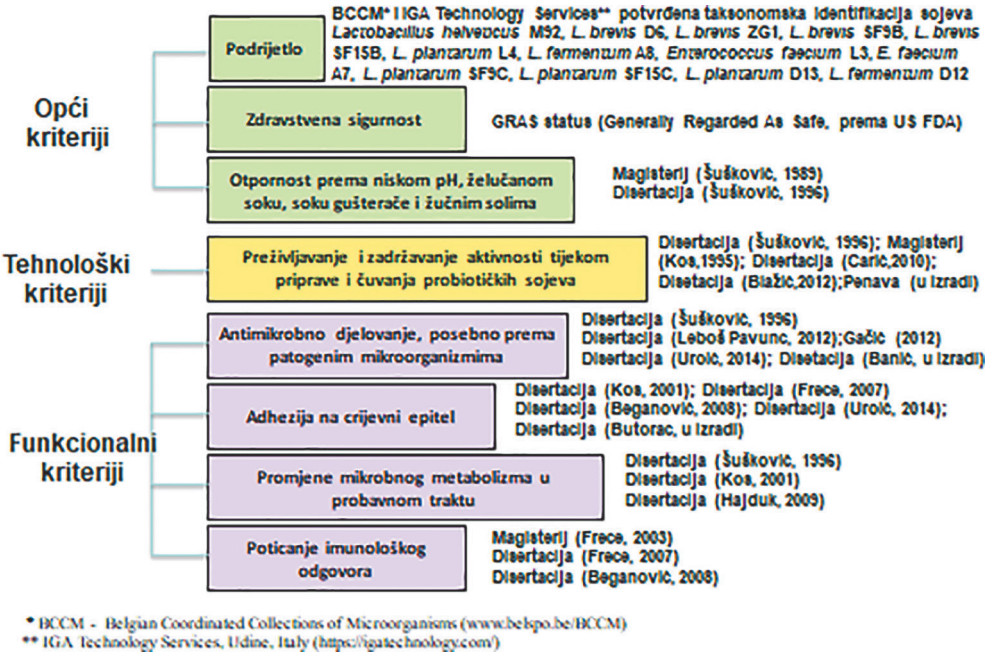
a)



b)

Sl. 6. Živi probiotički sojevi u osušenoj praškastoj formi dobiveni liofilizacijom **a)** i mikroinkapsulirani probiotički sojevi **b)**, proizvedeni u Laboratoriju za tehnologiju antibiotika, enzima, probiotika i starter kultura na Prehrambeno-biotehnološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

znanstvene radove u tom području (Šušković i sur. 2001, Kos i sur. 2003, Frece i sur. 2005, Kos i sur. 2008., Šušković i sur. 2009., Frece i sur. 2009., Šušković i sur. 2010., Beganović i sur., 2011, Beganović i sur. 2014., Leboš Pavunc i sur., 2011, Uroić i sur. 2016., Banić i sur. 2018). Naime, za razliku od probiotika prve generacije, koji su dodatci prehrani ili sastojci funkcionalne hrane, a regulira ih Europska agencija za sigurnost hrane (EFSA – European Food Safety Authority). Drugu generaciju probiotika čine žive bakterije za terapiju bolesti. Američka agencija za hranu i lijekove (engl. US FDA – Food and Drug Administration of USA) već ima odobrene proizvode koje naziva "živim bioterapijskim pripravcima" (engl. LBPs



Sl. 7. Strategija razvoja probiotika kao živih lijekova i popis disertacija izrađenih u okviru te strategije u Laboratoriju za tehnologiju antibiotika, enzima, probiotika i starter kultura Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, prilagođeno prema Šušković i sur. 2009., Kos i sur. 2020.

– live biotherapeutic products) ili "živim mikrobnim vektorima" (engl. LMVs – live microbial vectors). "Živi bioterapijski pripravci" sadrže žive bakterije namijenjene liječenju ili prevenciji bolesti (FDA, 2016a), dok "živi mikrobni vektori" sadrže žive bakterijske stanice koje su "nosači" za isporuku lijeka na ciljno mjesto djelovanja (FDA, 2016b). Kako će "živi bioterapijski pripravci", odobreni od FDA, biti dostupni i na europskom tržištu, Komisija Europske farmakopeje (European Pharmacopoeia Commission, 2019) je uspostavila standarde za osiguravanje njihove kvalitete koji su stupili na snagu u travnju 2019. godine.

Kao rezultat provedenih znanstvenih istraživanja i primjene rezultata znanstvenih istraživanja u suradnji s industrijom, dvjema djelatnicama Laboratorija su dodijeljene državne nagrade za znanost za primjenu rezultata znanstveno-istraživačkog rada u okviru probiotičkog koncepta, pročelnici Laboratorija prof. dr. sc. Jagodi Šušković 2009. godine, a prof. dr. sc. Blaženki Kos 2018. godine. Među ostvarenim suradnjama ističe se ona s tvrtkom Lura (sada Dukat), tijekom koje je prof. dr. sc. Jagoda Šušković sudjelovala u uvođenju probiotika (BioAktiv LGG) na hrvatsko tržište (1998.-2001.) kroz suradnju sa sektorom «Razvoj proizvoda i tehnologije» prehrambene industrije i kroz TV i radio nastupe i stručne članke u dnevnom i tjednom tisku, u svrhu edukacije javnosti. Jedna od značajnijih recentnih suradnji je i ona s tvrtkom Podravka na projektu razvoja funkcionalnih probiotičkih proi-



Sl. 8. Rezultat projekta suradnje Laboratorija za tehnologiju antibiotika, enzima, probiotika i starter kultura na Prehrambeno-biotehnološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu s tvrtkom Podravka (2013.-2017.) je razvoj i plasiranje na tržište tri nova probiotička proizvoda: Lino 3 žitarice (riža, proso, heljda), Lino riža s bananom i Lino riža s jabukom i mrkvom.

zvoda prerađene hrane na bazi žitarica (Podravka, Koprivnica) (2013.-2017.) koja je rezultirala razvojem i plasiranjem tri nova probiotička proizvoda na tržište namijenjenim dohrani dojenčadi od 4. mjeseca života, koji su prikazani na slici 8 (Leboš Pavunc i sur., 2019).

Na hrvatskom se tržištu nalazi velik broj probiotičkih pripravaka kao dodataka prehrani te velik broj probiotičkih pripravaka za prevenciju i terapiju različitih bolesti, koje na tržište stavlja više od 30 nacionalnih i međunarodnih tvrtki. Među vodećim tvrtkama koje proizvode dodatke prehrani u Hrvatskoj su Atlanic grupa, u čijem je sastavu od 2007. godine tvrtka Fidifarm/Dietpharm, i tvrtka Podravka, u čijem je sastavu od 1972. godine farmaceutska tvrtka Belupo koja uz lijekove, razvija i proizvodi originalne dijetetske proizvode kao što je npr. hrana za posebne medicinske potrebe.

Biotehnološka proizvodnja octa, kvasca, etilnog alkohola i alkoholnih pića u Hrvatskoj

Mikrobna biotehnološka proizvodnja octa u Hrvatskoj provodi se u tvrtki Badel, i čini oko 30% domaće proizvodnje, te u tvrtkama Prehrana Varaždin i Tvornica octa Virovitica. Ukupna godišnja proizvodnja je 8 milijuna litara, bijeli (alkoholni) ocat čini 40%, vinski ocat 30%, a jabučni ocat 30% proizvodnje.

Obitelj Badel utemeljila je tvrtku Braća Badel za proizvodnju octa, alkohola i jakih alkoholnih pića 1930. godine u Sesvetama u blizini Zagreba. Tvrtka je kroz povijest i kroz promjene političkog sustava djelovala samostalno ili pak kao dio većih sustava. U jesen 2009. formiranjem TITA grupe, Badel postaje dio grupacije koja također uključuje tvrtke Labud i Kutrilin TPV. U ožujku 2011. Badel kupuje tvrtku Segestica u stečaju, proizvodni pogoni obiju kompanija se sjedinjuju, te Badel u potpunosti prebacuje svoju proizvodnju iz Sesveta u Sisak i revitalizira nekadašnje pogone Segestice. Instalirani proizvodni i tehnološki kapaciteti omogućavaju kvalitetnu proizvodnju octa, jakih alkoholnih i bezalkoholnih pića.

Proizvodnja kvasca u Hrvatskoj započela je 1877. u tvornici žeste i pjenice u Savskom Marofu, koju je uzorno uredio barun T. Dumreicher, a koja je nakon 2. svjetskog rata dobila naziv "Žumberak". U periodu od 1967. do 1999. proizvodnja kvasca je dio tvrtke PLIVA i u tom je periodu uvedena i biotehnološka proizvodnja suhog aktivnog kvasca. Godine 1999. osnovana je tvrtka Kvasac koja je dio Lesaffre grupe. Godišnji kapacitet proizvodnje bio je 16.000 t svježeg i suhog aktivnog kvasca. Godine 2018. tvrtka Kvasac je proizvodnju svježeg kvasca prenijela u sestrinske tvrtke u zemljama EU, a nastavlja proizvoditi i dalje razvijati pekarske dodatke te pakirati suhi kvasac, te je jedan od dobavljača svježeg kvasca na hrvatskim i ostalim tržištima jugoistočne Europe.

Sladorana, Županja je vodeća Hrvatska tvornica za preradu šećerne repe, proizvodnju i preradu šećera, proteinskog praha, rezanaca šećerne repe, melase šećerne repe, a koja proizvodi i etilni alkohol iz melase šećerne repe.

Proizvodnja alkoholnih pića, zastupljena kroz poznate nacionalne brendove tvrtki Badel, Maraska, Zvečevo, Istravino itd. Ukupno iznosi oko 10,5 milijuna litara godišnje (cca 65% za domaće tržište) gdje je također jedan od imperativa tržišta kontinuirani rad na unaprjeđivanju tehnologije i poboljšanju kvalitete i proširivanju asortimana alkoholnih pića.

Proizvodnja vina u Hrvatskoj obilježena je kontinuiranim radom na unaprjeđenju tehnologije proizvodnje. Nacionalni sustav zaštite kontroliranog zemljopisnog podrijetla vina, zamijenjen je ulaskom Hrvatske u EU, novim sustavom zaštićenih oznaka izvornosti, sukladno prihvaćenim europskim standardima. Na tržištu stalno raste zastupljenost vina s oznakom izvornosti i kvalitetnih vina. Rezultat uvođenja novih tehnologija i poštivanje dobre proizvođačke prakse, dovodi do velikog potencijala kvalitetnih i vrhunskih vina, velikih i malih serija, za tzv. "butik" prodaju (Alpeza i sur. 2014, Petravić Tominac, 2017). Uz najveće proizvođače vina u Hrvatskoj npr. Agrokor vina (Vina Belje, Vina Laguna), Badel 1862, Badel, Vinoplod itd., baza podataka "Wine Searcher" sadrži 195 proizvođača vina iz Hrvatske, proizvodnja se procjenjuje na oko 1,3 milijuna hL godišnje, s udjelom od 70-75% bijelih i 25-30 % crvenih/crnih vina te oko 1% ružičastog (rose) vina (Wine-Searcher, 2020).

Razvoj pivarstva u Hrvatskoj započinje u 18. stoljeću kada se osnivaju prve obrtničke pivovare, preteče današnjih suvremenih industrijskih pogona, najprije u Zagrebu, a zatim u Valpovu, Varaždinu i Požegi. Prva Daruvarska pivovara, na istom mjestu gdje se i danas nalazi, otvorena je 1840. godine, u Karlovcu 1852., u Sisku 1854., u Novoj Gradiški 1860., u Đurđevcu 1864., u Križevcima 1875. godine. Ubrzo zatim otvaraju se pivovare u Petrinji, Slavonskom Brodu, Otočcu i Gospiću. S pojavom parnih i rashladnih uređaja, dio manjih pivovara je zatvoren, da bi početkom 1. svjetskog rata proizvodnja piva obustavljena, a opstaje jedino Zagrebačka pivovara koja kupuje dionice Karlovačke pivovare. Po završetku rata, aktivno radi 11 pivovara, da bi ponovno tijekom 2. svjetskog rata, opstalo samo 5 pivovara, a 80-tih godina 20. stoljeća ih je ukupno 7. Tijekom domovinskog rada oštećene su pivovare u Daruvaru, Karlovcu i Osijeku, da bi u samostalnoj Republici Hrvatskoj, s razvojem poduzetništva, uz velike pivovare, otvara se i veći broj manjih pivovara (Marić i Nadvornik, 1995) Prema podacima o poslovanju poduzetnika u djelatnosti proizvodnje piva u 2018. godini (FINA, 2019), među najvećim proizvođačima piva u Republici Hrvatskoj su: Zagrebačka pivovara, Heineken Hrvatska, Carlsberg Croatia, Istarska pivovara, Pivovara Osijek, Pivovara Daruvar, Pivovara Medvedgrad, Pivovara Ličanka. Posljednjih godina na hrvatskom tržištu sve je prisutniji trend proizvodnje craft piva, a među najvećim proizvođačima su: Pivovara Medvedgrad, Zmajska pivovara, Nova runda, Varionica, Garden Brewery itd. Jedina tvornica slada u Hrvatskoj, Slavonija slad iz Nove Gradiške, snabdijeva kompletno hrvatsko tržište, što je otprilike dvije trećine njihove ukupne proizvodnje, oko 60 tisuća tona slada, dok jednu trećinu izvoze u zemlje u regiji. Proizvodnja hmelja u Hrvatskoj, bila je u Gregurovcu, općina Sveti Petar Orehovec kod Križevaca do 2012. godine i u tvornici u Baranji do 1990. godine.

Na Prehrambeno-biotehnološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu postoji dugogodišnja tradicija izobrazbe studenata koja obuhvaća biotehnološku proizvodnju kvasca, etilnog alkohola, alkoholnih pića i proizvodnju octa. Laboratorij u kojem se provodi obrazovanje i znanstveno-istraživački rad vezano uz biotehnološku proizvodnju kvasca etilnog alkohola i jakih alkoholnih pića osnovan je još 1957. g. i nosio je naziv Laboratorij za tehnologiju vrenja. Godine 1976. djelatnost Laboratorija se proširuje, te Laboratorij dobiva naziv Laboratorij za tehnologiju vrenja i biološku obradu otpadnih voda. Od 1997. godine Laboratorij za tehnologiju vrenja i kvasca, kojeg je pročelnik bio prof. dr. sc. Slobodan Grba, odvaja se od Laboratorija za biološku obradu otpadnih voda kojeg je pročelnica bila prof. dr. sc. Margareta Glancer Šoljan koja je nasljedila prof. emer. Sinišu Bana. U Laboratoriju za tehnologiju vrenja i kvasca, prof. dr. Slobodana Grbu, naslijedili su prof. dr. sc. Vesna Stehlik-Tomas, a zatim prof. dr. sc. Jasna Mrvčić i prof. dr. sc. Damir Stanzer, a prof. dr. sc. Margaretu Glancer Šoljan, u Laboratoriju za biološku obradu otpadnih voda, naslijedila je prof. dr. sc. Tibela Landeka Dragičević.

Biotehnološka proizvodnja piva, slada, vina i octa zastupljena je kao dio nastavnih i znanstvenih aktivnosti Laboratorija za biokemijsko inženjerstvo, industrijsku mikrobiologiju i tehnologiju piva i slada PBF-a Sveučilišta u Zagrebu, koji djeluje još od 1958. godine pod nazivom Laboratorij za industrijsku mikrobiologiju, a osnovala ga je prof. emer. Vera Johanides sukladno nazivu novog kolegija kojeg je tada uvela. Značajne su bile promjene nastavnih planova i programa 1971. godine kada se uvodi novi kolegij ”Biokemijsko inženjerstvo” koji s kolegijima ”Industrijska mikrobiologija I i II” čini temeljnu cjelinu tadašnjeg studija biotehnologije. Nova promjena nastavnoga programa započeta 1978. godine proširuje kolegij ”Biokemijsko inženjerstvo” i uvodi nastavu iz izbornih tehnologija. Od tada Laboratorij izvodi nastavu iz ”Tehnologije slada i piva” te ”Tehnologije vina”. Odlaskom prof. emer. Vere Johanides u mirovinu, pročelnikom Laboratorija postaje prof. dr. sc. Vladimir Marić koji ga vodi do 2005. godine, a uz kojeg su značajan doprinos nastavnim i znanstvenim aktivnostima dali prof. dr. sc. Srđan Novak i prof. dr. sc. Predrag Horvat. Uz njih su u istom laboratoriju aktivno sudjelovali prof. dr. sc. Ivanka Pavušek i dr. sc. Vjera Runjić-Perić, a kao vanjski suradnici iz PLIVE, svoj doprinos dali i prof. dr. sc. Marijan Bošnjak i mr. sc. Drago Vlašić. U istom su laboratoriju tada radili i prof. emer. Marija Alačević, prof. dr. sc. Antea Korčulanin i dr. sc. Zvonimir Dražić.

Nakon prof. emer. Vere Johanides, ime prof. dr. sc. Vladimira Marića će zauvijek ostati upamćeno u povijesti hrvatske biotehnologije, bioprocesnog inženjerstva i pivarstva. Bavio se razvojem kontinuiranog vođenja mikrobnih procesa, razvojem proizvodnje kvaščeve i bakterijske biomase na metanolu i ugljikovodicima, te primjenom biološki aktivne biomase. Kasnije nastavlja rad na mikrobnom metabolizmu, te zajedno sa svojim suradnicima u Laboratoriju radi na razvoju potpuno novog tipa bioreaktora tzv. horizontalnog rotirajućeg cijevnog bioreaktora koji će postati znak prepoznavanja njegovog Laboratorija u međunarodnoj znanstvenoj zajednici. Svoje veliko znanje prenosio je gospodarstvu kroz brojne suradnje, među kojima se posebno ističu suradnje s pivovarama u Hrvatskoj i susjednim zemljama. Bio je predsjednik Tehničke komisije za pića pri Hrvatskoj gospodarskoj komori za dodjeljivanje znakova ”Izvorno hrvatsko” i ”Hrvatska kvaliteta”. Dobitnik je brojnih nagrada i priznanja među kojima se ističu nagrada ”Fran Bošnjaković” 2000. godine i Državna nagrada za znanost 2008. godine, u kategoriji ”Nagrada za životno djelo” zbog iznimnog doprinosa razvoju biotehničkih znanosti te posebno biotehnologije i bioprocesnog inženjerstva u Hrvatskoj.

Pročelništvo Laboratorija za biokemijsko inženjerstvo, industrijsku mikrobiologiju i tehnologiju piva i slada, nakon prof. dr. sc. Vladimira Marića, od 2005. godine preuzima prof. dr. sc. Božidar Šantek, dobitnik Državne nagrade za znanost za 2004. godinu, za primjenu rezultata znanstvenoistraživačkog rada za konstrukciju i izgradnju horizontalnog rotirajućeg cijevnog bioreaktora i njegovu primjenu. Aktivni profesori u laboratoriju su: prof. dr. sc. Vesna Zechner-Krpan, prof. dr. sc.

Tonči Rezić, prof. dr. sc. Vlatka Petravić Tominac, prof. dr. sc. Anita Slavica, izv. prof. dr. sc. Sunčica Beluhan, izv. prof. dr. sc. Mirela Ivančić Šantek, doc. dr. sc. Mario Novak, doc. dr. sc. Antonija Trontel i doc. dr. sc. Mladen Pavlečić.

Biotehnološkom proizvodnjom vina, uz djelatnike Laboratorija za biokemijsko inženjerstvo, industrijsku mikrobiologiju i tehnologiju piva i slada, na čelu s prof. dr. sc. Vesnom Zechner-Krpan, bave se i djelatnici Laboratorija za tehnologiju i analitiku vina, koji je osnovan 1998. godine, izdvajanjem iz Laboratorija za konzerviranje i preradu voća, povrća i vinarstvo. Uz edukaciju studenata iz područja enologije, u fokusu istraživanja su suvremene tehnologije u proizvodnji vina uz primjenu modernih analitičkih tehnika, a aktualna pročelnica je prof. dr. sc. Karin Kovačević Ganić, uz koju su profesori prof. dr. sc. Mara Banović, doc. dr. sc. Natka Ćurko i doc. dr. sc. Marina Tomašević.

Na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, od 2019. godine, u Zavodu za vinogradarstvo i vinarstvo, uz edukacijske aktivnosti, znanstveno-istraživačkim radom valorizirane su i sačuvane mnoge autohtone sorte vinove loze, unaprijeđena tehnologija proizvodnje grožđa i vina, kao i drugih proizvoda od grožđa.

Na Prehrambeno-tehnološkom fakultetu Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, na Katedri za procesno inženjerstvo Zavoda za bioprocesno inženjerstvo, provode se istraživanja kojima je cilj unapređenje biotehnoloških metoda u proizvodnji hrane i pića – posebno u proizvodnji slada i piva te voćnih vina. U fokusu njihovih istraživanja je također obrada otpadnih voda, biološka razgradnja sintetskih bojila pomoću gljiva, te primjena otpadnih lignoceluloznih materijala kao alternativnih adsorbensa za uklanjanje onečišćujućih tvari iz otpadnih voda. Predsjednik Katedre je prof. dr. sc. Vinko Krstanović, uz profesore suradnike izv. prof. dr. sc. Nataliju Velić i doc. dr. sc. Kristinu Mastanjević. U području biotehnologije djeluju i profesori na Katedri za termodinamiku i reakcijsko inženjerstvo izv. prof. dr. sc. Marina Tišma, na Katedri za biokemiju i toksikologiju prof. dr. sc. Ivica Strelec i dr. sc. Tihomir Kovač, a na Katedri za biologiju i mikrobiologiju doc. dr. sc. Tihana Marček.

Biotehnološka proizvodnja biogoriva i biokemikalija u Hrvatskoj

U proizvodnji biogoriva u Hrvatskoj, prevladava proizvodnja bioplina. U Hrvatskoj je prva bioplinska elektrana koja koristi obnovljive sirovine počela s radom 2009. godine. Pet godina kasnije u Hrvatskoj je već radilo 10 bioplinskih elektrana. Najveće povećanje broja elektrana na bioplin zabilježeno je u razdoblju 2015.-2018., kada je s radom započelo 20 novih elektrana na bioplin. U 2017. godini potpisano je 19 novih ugovora o kupnji električne energije s hrvatskim operatorom tržišta energije (HROTE), pa se očekuje da će se broj bioplinskih postrojenja u Hrvatskoj

u skoroj budućnosti povećati. U 2018. godini bilo je 38 operativnih postrojenja za bioplin koji su s HROTE-om sklopili ugovore o proizvodnji električne energije. Najveća instalirana bioplinska elektrana od 2,5 MW, smještena u Zagrebu, svrstana je u kategoriju "postrojenja koja rade na odlagališnom plinu i plinu iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda" i predstavlja 5,78% ukupne snage dobivene iz bioplina u Hrvatskoj. Ostalih 94,22% proizvodi se u 37 elektrana na bioplin, koje primjenjuju anaerobnu tehnologiju digestije. Među njima je najveće bioplinsko postrojenje Gradec Koncerna Agrokor otvoreno 2012. godine. U 2018. godini, bioplinske elektrane ukupno su generirale 316,5 GWh, što predstavlja 12,75% ukupne proizvodnje električne energije iz svih obnovljivih izvora. U posljednjih pet godina (2014–2018) ukupna proizvodnja električne energije u bioplinskim elektranama stalno se povećavala prosječnom godišnjom stopom od oko 10%. .Najčešće korištene sirovine za proizvodnju bioplina u Hrvatskoj su stajsko gnojivo (50 – 60%), silaže kukuruza ili trave (25 – 35%) i ostale dostupne biorazgradive sirovine (5 – 25%; kao npr. prehrambeni otpad, potrošeni pivski kvasac, mulj otpadne vode, masti, vrtni otpad). Većina hrvatskih bioplinskih postrojenja smještena je u kontinentalnom dijelu Hrvatske zbog dostupnosti sirovina za proizvodnju bioplina, ali je ipak u planu izgradnja tri nove bioplinske elektrane na Jadranu (Petravić Tominac i sur., 2020)

Pogon kapaciteta 30.000 tona za proizvodnju biodizela tvrtke Biotron (nekadašnji Modibit) iz Ozlja, započeo je s radom 2006. godine, a 2014. ga je preuzela tvrtka Chromos Agro. Tvrtka Biodizel Vukovar članica je grupacije Envien koja ima vrlo važnu ulogu u proizvodnji biogoriva u Europi. Tvrtka Biodizel Vukovar osnovana je također 2006. godine, a godišnje može proizvesti 35,000 tona biodizela.

Proizvodnju bioetanola u Hrvatskoj uvodi tvrtka INA grupa u suradnji s belgijskom tvrtkom De Smet Engineers & Contractors (DSEC) za razvoj biorafinerije u Sisku, u sklopu programa "INA R&M Novi smjer 2023.", a u okviru EU projekta GRACE (GRowing Advanced industrial Crops on marginal lands for biorEfineries). Godišnji plan je proizvesti 55.000 tona bioetanola iz lokalno uzgojenog kineskog šaša (miskantusa, *lat. Miscanthus x giganteus*) i lignocelulozne biomase, kao što su ostaci žitarica i uljarica. Godišnja količina potrebne sirovine za planirani proizvodni kapacitet procijenjena je na 370.000 tona koje INA namjerava osigurati prikupljanjem poljoprivrednih ostataka izravno s njiva te uzgojem energetskih biljaka u promjeru 75 km oko Siska. U suradnji s tvrtkom Bc Institut za oplemenjivanje i proizvodnju bilja, u rujnu 2019. je prvom žetvom nasada miskantusa prikupljeno oko 30 tona biomase.

Tvrtka Ecocortec je, u procesu pokretanja proizvodnog pogona za proizvodnju biorazgradive tzv. bioplastike na prostoru poslovne zone Belog Manastira. Tvornica će biti jedna od prvih u Europi koja će koristiti inovativnu, novu tehnologiju proizvodnje višeslojnih, biorazgradivih plastičnih folija te folija za zaštitu od korozije po licenci matične tvrtke Cortec corporation USA.

Aktivnosti Laboratorija za biokemijsko inženjerstvo, industrijsku mikrobiologiju i tehnologiju piva i slada Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, kako u nastavnom tako i u znanstvenom području djelatnosti, obuhvaćaju industrijsko iskorištavanje i razvoj biotehnoloških procesa dobivanja biogoriva i biokemikalija iz obnovljivih sirovina, kao i biotehnološku proizvodnju i primjenu algi. Pri tome je uspostavljena suradnja s gospodarskim subjektima u razvijanju novih postrojenja u Republici Hrvatskoj.

Na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu uspostavljen je diplomski studij "Obnovljivi izvori energije u poljoprivredi" u području poljoprivrednih znanosti u svrhu edukacije o održivom korištenju biomase, biogoriva i otpada u poljoprivredi.

Biotehnologija obale i mora u Hrvatskoj

Primjena biotehnologije u akvakulturi u Hrvatskoj, obuhvaća marikulturu tj. uzgoj bijele i plave ribe i školjkaša. koji je u 2018. godini iznosio 16.782 tone, te uzgoj slatkovodnih vrsta riba čija ukupna proizvodnja je u 2018. godini iznosila 2.899 tone (Ministarstvo poljoprivrede, 2020.)

Visokoškolska edukacija i istraživanja u ovom području, osim na Prehrambeno-biotehnološkom fakultetu i Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, odvijaju se i na Odjelu za ekologiju, agronomiju i akvakulturu Sveučilišta u Zadru i na Odjelu za akvakulturu Sveučilišta u Dubrovniku, oba osnovana 2002. godine.

Na institutu Ruđer Bošković, unutar Laboratorija za okolišnu mikrobiologiju i biotehnologiju, provode se znanstvena istraživanja koja obuhvaćaju tri ključna istraživačka pravca: istraživanja uloge antropogenog zagađenja okoliša antibioticima i rezistentnim bakterijama na razvoj i širenje antibiotičke rezistencije, utvrđivanje utjecaja zagađivala na mikrobne zajednice u okolišu i karakterizacija mikrobnih zajednica kao katalizatora bioloških transformacija organskih zagađivala – određivanje katabolitičkog i genetičkog potencijala za razgradnju. Voditeljica laboratorija je dr. sc. Nikolina Udiković Kolić koja je nasljedila dr. sc. Dubravku Hršak.

Znanstveni centar izvrsnosti (ZCI) za bioprospecting mora – BIOPROCRO, osnovan u studenom 2015. godine, služi kao platforma za istraživanje i razvoj znanja o održivom korištenju i upravljanju biološkim resursima kao što je Jadransko more, a okuplja hrvatske istraživačke skupine koje istražuju bioaktivne spojeve izolirane iz morskih organizama u hrvatskom dijelu Jadrana. Projekt koji se izvodi u okviru centra izvrsnosti "BioProspecting Jadranskog mora" (2017.-2022.), je financiran sredstvima Strukturnih i investicijskih fondova EU, u sklopu Operativnog programa "Konkurentnost i kohezija 2014.-2020." Projektni partneri su: Institut Ruđer

Bošković (Zavod za kemiju materijala, Zavod za organsku kemiju i biokemiju, Zavod za molekularnu biologiju), Sveučilište u Rijeci (Odjel za biotehnologiju), Sveučilište u Zagrebu (Prehrambeno biotehnološki fakultet) i Sveučilište u Splitu (Kemijsko tehnološki fakultet) i Sveučilište u Osijeku (Prehrambeno tehnološki fakultet). U 2017. godini odobrena su dva međunarodna projekta koja se provode u okviru ZCI za bioprospecting mora: Horizon 2020: PerformFISH – Sustainable Food Security – Resilient and resource- efficient value chains, i projekt INTERREG-ADRION 2014-2020: BIO-ECOnomy Research Driven Inovation (Bioprospecting Jadranskog mora, 2020).

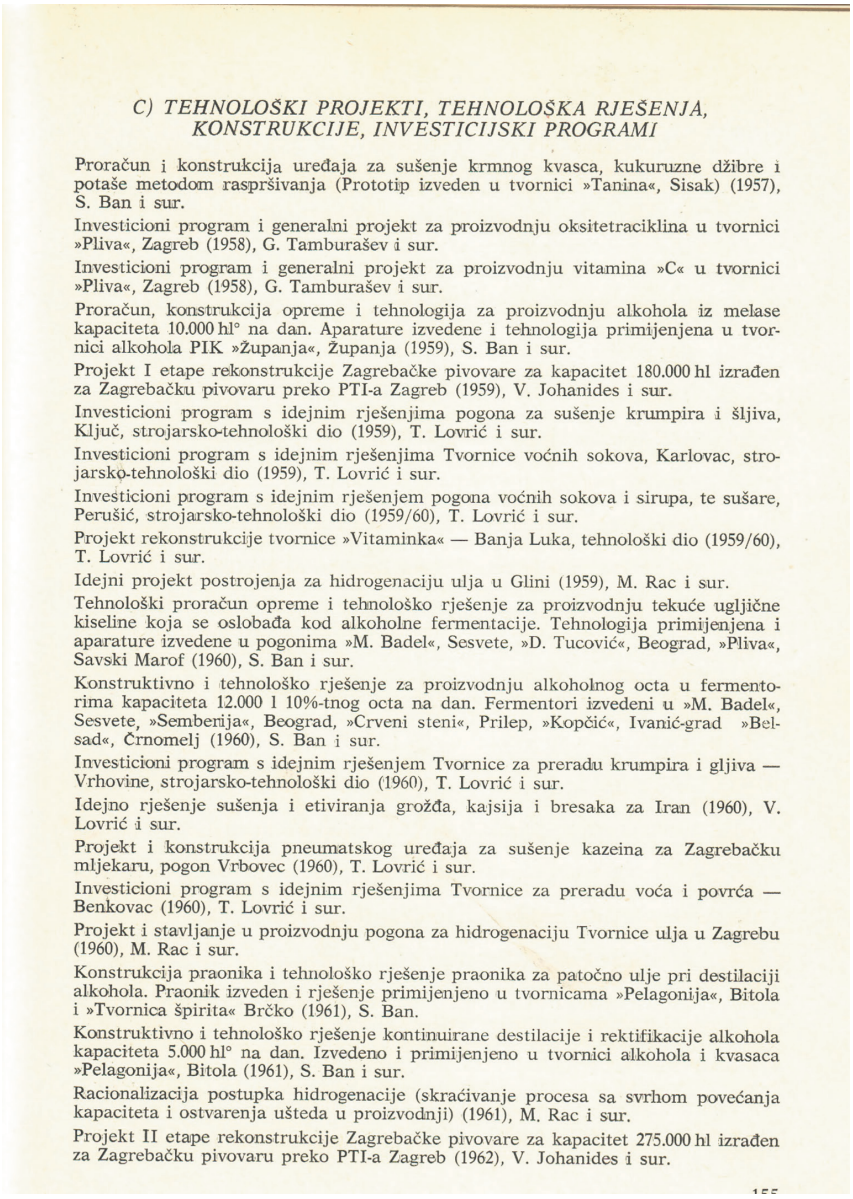
Na Prehrambeno-biotehnološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, istraživanja u području biotehnologije mora, osim u okviru projekta "BioProspecting Jadranskog mora", se provede i u Centru za prehrambenu tehnologiju i biotehnologiju u Zadru i u Laboratoriju za opću mikrobiologiju i mikrobiologiju namirnica Zavoda za biokemijsko inženjerstvo. Projekti "Primjena bioloških metoda konzerviranja proizvoda akvakulture-ekološki način povećanja sigurnosti i održivosti PoC5-11-16" (BICRO 2014.-2015) i "Integrirani sustav uzgoja alternativnih vrsta školjkaša u uvjetima klimatskih promjena" (2020. – 2023.) Europskog fonda za regionalni razvoj EU se provode u Laboratoriju za opću mikrobiologiju i mikrobiologiju namirnica Zavoda za biokemijsko inženjerstvo PBF-a Sveučilišta u Zagrebu.

Zaključak

Biotehnologija je jedno od prioritetnih područja unutar tematske inovacijske platforme hrvatske za bioekonomije, prema dokumentima Strategije Europe 2020 ("Strategija za pametan, održiv i uključiv rast" , "Ulaganje u pametnu, inovativnu i održivu industriju. Obnovljena strategija industrijske politike EU-a") i nacionalnim dokumentima: "Strategija pametne specijalizacije Republike Hrvatske za razdoblje od 2016. do 2020." i "Akcijski plan za provedbu strategije pametne specijalizacije Republike Hrvatske za razdoblje od 2016. do 2017. godine". Dugogodišnja industrijska proizvodnja biotehnoloških proizvoda i visokoobrazovana radna snaga u području biotehnologije, proizašla sa obrazovnih institucija, sa dodatno stečenim radnim iskustvom u industriji i u istraživačkim laboratorijima, čine glavne potencijale daljnjeg razvoja biotehnologije u Hrvatskoj. Strategija poticanja inovacija Republike Hrvatske 2014. – 2020. čini okvir za povezivanje dionika iz gospodarstva, javnog i znanstveno-istraživačkog sektora, temeljem primjene znanstveno-istraživačke infrastrukture, što će omogućiti implementaciju novih tehnologija i komercijalizaciju inovacija radi jačanja konkurentnosti industrijskog sektora biotehnologije i hrvatskog gospodarstva u cjelini.

Prilozi

Tehnološki projekti, tehnološka rješenja, konstrukcije, investicijski programi, elaborati *i studije, patenti, znanstveni programi, međunarodni projekti (Spomenica Prehrambeno-biotehnološkog fakuleta Sveučilišta u Zagrebu 1956.-1986.)* – slike 9-13.



C) TEHNOLOŠKI PROJEKTI, TEHNOLOŠKA RJEŠENJA, KONSTRUKCIJE, INVESTICIJSKI PROGRAMI

Proračun i konstrukcija uređaja za sušenje krmnog kvasca, kukuruzne džibre i potaše metodom raspršivanja (Prototip izveden u tvornici »Tanina«, Sisak) (1957), S. Ban i sur.

Investicioni program i generalni projekt za proizvodnju oksitetraciklina u tvornici »Pliva«, Zagreb (1958), G. Tamburašev i sur.

Investicioni program i generalni projekt za proizvodnju vitamina »C« u tvornici »Pliva«, Zagreb (1958), G. Tamburašev i sur.

Proračun, konstrukcija opreme i tehnologija za proizvodnju alkohola iz melase kapaciteta 10.000 hl° na dan. Aparature izvedene i tehnologija primijenjena u tvornici alkohola PIK »Županja«, Županja (1959), S. Ban i sur.

Projekt I etape rekonstrukcije Zagrebačke pivovare za kapacitet 180.000 hl izrađen za Zagrebačku pivovaru preko PTI-a Zagreb (1959), V. Johanides i sur.

Investicioni program s idejnim rješenjima pogona za sušenje krumpira i šljiva, Ključ, strojarsko-tehnološki dio (1959), T. Lovrić i sur.

Investicioni program s idejnim rješenjima Tvornice voćnih sokova, Karlovac, strojarsko-tehnološki dio (1959), T. Lovrić i sur.

Investicioni program s idejnim rješenjem pogona voćnih sokova i sirupa, te sušare, Perušić, strojarsko-tehnološki dio (1959/60), T. Lovrić i sur.

Projekt rekonstrukcije tvornice »Vitaminka« — Banja Luka, tehnološki dio (1959/60), T. Lovrić i sur.

Idejni projekt postrojenja za hidrogenaciju ulja u Glini (1959), M. Rac i sur.

Tehnološki proračun opreme i tehnološko rješenje za proizvodnju tekuće ugljične kiseline koja se oslobađa kod alkoholne fermentacije. Tehnologija primijenjena i aparature izvedene u pogonima »M. Badel«, Sesvete, »D. Tucović«, Beograd, »Pliva«, Savski Marof (1960), S. Ban i sur.

Konstruktivno i tehnološko rješenje za proizvodnju alkoholnog octa u fermentorima kapaciteta 12.000 l 10%-tnog octa na dan. Fermentori izvedeni u »M. Badel«, Sesvete, »Semberija«, Beograd, »Crveni steni«, Prilep, »Kopčić«, Ivanić-grad »Belsad«, Črnomelj (1960), S. Ban i sur.

Investicioni program s idejnim rješenjem Tvornice za preradu krumpira i gljiva — Vrhovine, strojarsko-tehnološki dio (1960), T. Lovrić i sur.

Idejno rješenje sušenja i etiviranja grožđa, kajsija i bresaka za Iran (1960), V. Lovrić i sur.

Projekt i konstrukcija pneumatskog uređaja za sušenje kazeina za Zagrebačku mljekaru, pogon Vrbovec (1960), T. Lovrić i sur.

Investicioni program s idejnim rješenjima Tvornice za preradu voća i povrća — Benkovac (1960), T. Lovrić i sur.

Projekt i stavljanje u proizvodnju pogona za hidrogenaciju Tvornice ulja u Zagrebu (1960), M. Rac i sur.

Konstrukcija praonika i tehnološko rješenje praonika za patočno ulje pri destilaciji alkohola. Praonik izveden i rješenje primijenjeno u tvornicama »Pelagonija«, Bitola i »Tvornica špirita« Brčko (1961), S. Ban.

Konstruktivno i tehnološko rješenje kontinuirane destilacije i rektifikacije alkohola kapaciteta 5.000 hl° na dan. Izvedeno i primijenjeno u tvornici alkohola i kvasaca »Pelagonija«, Bitola (1961), S. Ban i sur.

Racionalizacija postupka hidrogenacije (skraćivanje procesa sa svrhom povećanja kapaciteta i ostvarenja ušteda u proizvodnji) (1961), M. Rac i sur.

Projekt II etape rekonstrukcije Zagrebačke pivovare za kapacitet 275.000 hl izrađen za Zagrebačku pivovaru preko PTI-a Zagreb (1962), V. Johanides i sur.

155

Sl. 9. Tehnološki projekti, tehnološka rješenja, konstrukcije, investicijski programi (Spomenica Prehrambeno-biotehnološkog fakuleta Sveučilišta u Zagrebu 1956.-1986.)

Idejni projekt Tvornice za preradu ananasa Guinea — strojarsko-tehnološki dio (1962), T. Lovrić i sur.

Idejni projekt Tvornice za preradu voća i povrća — Vinkovci (1962), T. Lovrić i sur.

Konstruktivno i tehnološko rješenje kontinuirane destilacije i rektifikacije alkohola 12.000 hl° na dan. Izvedeno i primijenjeno u »Tvornici špirita«, Brčko (1963), S. Ban i sur.

Rekonstrukcija i tehnološko rješenje kontinuirane aparature za proizvodnju bezvodnog alkohola metodom azeotropske destilacije kapaciteta 5.000 hl° na dan. Aparatura izvedena i primijenjena u tvornici »M. Badel« Sesvete (1963), K. Hajman i S. Ban.

Projekt i konstrukcija ekstrakcione baterije za droge »Biljana« (1963), T. Lovrić i sur.

Glavni projekt pogona bezalkoholnih pića »M. Badel«, Zagreb — strojarsko-tehnološki dio (1963), T. Lovrić i sur.

Studija o sedmogodišnjem razvoju kombinata »Podravka«, Koprivnica (1963), T. Lovrić i sur.

Glavni projekt Tvornice voćnih sokova El Asnam, Alžir, strojarsko-tehnološki dio (1964), T. Lovrić i sur.

Tehnološki projekt za tvornicu alkohola i prehrambenog kvasca iz melase šećerne repe za tvornicu »Pliva«, Savski Marof (1965), S. Ban i sur.

Investicioni program s idejnim rješenjima Kombinata za preradu voća, povrća i mesa »Vardar« Skopje (1965), T. Lovrić i sur.

Glavni projekt rekonstrukcije punione boca Trebjesa, Nikšić (1966), S. Stanišić i sur.

Stručna suradnja na racionalizaciji tehnološkog procesa i optimizaciji proizvodnje na 500.000 hl sa Zagrebačkom pivovarom preko PTI-a, Zagreb (1966/67), V. Johanides.

Investicioni program za proizvodnju dječje hrane za tvornicu »Jugodijetetika«, Zagreb (1966), G. Tamburašev i sur.

Investicioni program za proizvodnju biopreparata na bazi **Bacillus thuringensis** za Serum zavod Kalinovica (1966), G. Tamburašev i sur.

Glavni i izvedbeni projekt rekonstrukcije i dogradnje novih pogona Pivovare, Sarajevo (1967), S. Stanišić i sur.

Idejni tehnološki projekt tvornice »Gavrilović«, Petrinja (revizija) (1967), M. Francetić i B. Čavlek.

Glavni i izvedbeni strojno-tehnološki projekt varionice i vrionog podruma BIP, Beograd (1967), S. Stanišić sur.

Preliminarna studija o mogućnostima izgradnje Tvornice za preradu voća i povrća u okruzima Mostagamen, Constantine i Setif (Alžir) (1967), T. Lovrić i sur.

Glavni strojno-tehnološki projekt tvornice dječje hrane Jugodijetetika, Zagreb (1967), S. Stanišić i sur.

Projektni inženjering strojno-tehnološkog dijela tvornice stočne hrane Velebit, Gospić (1967), S. Stanišić i sur.

Glavni projekt instalacija za grijanje i ventilaciju proizvodnih hala i skladišta gotove robe i centralnog grijanja tvornice Cetinka, Trilj (1968), S. Stanišić i sur.

Novi tehnološki postupak proizvodnje alkohola i prehrambenog kvasca iz melase. Tehnološki postupak primijenjen u »Plivi«, Savski Marof (1968), S. Ban i sur.

Tehnološki projekt za tvornicu alkohola, prehrambenog kvasca i ugljične kiseline iz melase šećerne repe za tvornicu PIK »Peć«, Peć (1968), S. Ban.

Idejni i glavni strojno-tehnološki projekt i energetika tvornice ulja Radeljević, Dubrovnik (1968), S. Stanišić i sur.

Sl. 9. (nastavak) Tehnološki projekti, tehnološka rješenja, konstrukcije, investicijski programi (Spomenica Prehrambeno-biotehnološkog fakuleta Sveučilišta u Zagrebu 1956.-1986.)

Investicijski program i projekt III etape rekonstrukcije Zagrebačke pivovare za kapacitet 1,000.000 hl izrađen za Zagrebačku pivovaru preko PTI-a Zagreb (1968—1969), V. Johanides i sur.

Idejni i glavni projekt Tvornice za preradu voća i povrća Ighil-Izane (Alžir), tehnološki dio (1968—1969), T. Lovrić i sur.

Idejni projekt skladišta od 500 vagona, Rijeka (1969), S. Stanišić i sur.

Idejni i glavni projekt Tvornice za preradu voća i povrća Ramdane-Djamel (Alžir), tehnološki dio (1968—1969), T. Lovrić i sur.

Idejni i glavni projekt Tvornice za preradu voća i povrća Taher (Alžir), tehnološki dio (1968), T. Lovrić i sur.

Idejni i glavni projekt Tvornice za preradu voća i povrća El-Kseru (Alžir), tehnološki dio (1968), T. Lovrić i sur.

Idejni projekt rekonstrukcije rafinerije Stari Bar (1968), M. Rac i sur.

Idejni projekt za proširenje proizvodnje i podizanje nove tvornice »Radeljević«, Dubrovnik (1968), M. Rac i sur.

Glavni projekt Gradske klaonice Varaždin, Varaždin (1969), S. Stanišić i sur.

Projekt linije za proizvodnju paštete od sitne plave ribe. Rađeno za kombinat »Mirna« Rovinj, Zagreb—Zadar (1969), B. Čavlek i sur.

Tehnološki projekt prerade repića šećerne repe za proizvodnju alkohola i prehrambenog kvasca za PIK »Peć«, Peć (1969), G. Kukuć i S. Ban.

Glavni projekt rekonstrukcije Tvornice ulja Brčko (1969), M. Rac i sur.

Glavni strojno-tehnološki projekt i projektni inženjering za proizvodnju piva, pivarskog slada, bezalkoholnih pića i puniona boca, PIK Peć (1969), S. Stanišić i sur.

Investicioni elaborat i idejni projekt za industrijsko postrojenje za proizvodnju bioinsekticida, SEZAK, Zagreb (1969), G. Tamburašev i sur.

Projekt rekonstrukcije tvornice »Vitaminka«, Banja Luka (1970), T. Lovrić i sur.

Idejni projekt klanice, PIK Peć, Peć (1970), S. Stanišić i sur.

Idejni i glavni projekti za Tvornicu za preradu soje, Zadar (1976), M. Rac i sur.

Idejno tehnološko rješenje tvornice gotovih jela i mesnih proizvoda na bazi pilećeg mesa PD »Begej«, Žitište (1977), T. Lovrić u suradnji s PTF, Osijek.

Idejno procesno-tehnološko rješenje pogona i glavni projekt tvornice za preradu voća i povrća »Nektar«, Nova Gradiška (1978—1979), T. Lovrić i sur.

Idejno tehnološki projekt linija za preradu voća i povrća za smrzavanje »Hladnjača« — PIK »Jasinje«, Slavonski Brod, (1979), T. Lovrić u suradnji s PTF-Osijek.

Idejno procesno-tehnološko rješenje prerade voća i povrća »Frigis«, pogon OOUR Podravska Slatina (1979), T. Lovrić u suradnji s PTF-Osijek.

Glavni projekt tvornice za preradu voća i povrća »Vinkovci«, tehnološko-procesni dio (1982), T. Lovrić u suradnji s PTF-Osijek.

Projekt i konstrukcija poluindustrijskog uređaja ja smrzavanje tekuće, polutekuće i kašaste hrane u obliku peleta tekućim dušikom (1983/84), T. Lovrić i sur.

Novi tehnološki postupak pročišćavanja otpadnih voda kemijske industrije tehnikom ubacivanja selektiranih mješovitih kultura. Postupak primijenjen u Pogonu za proizvodnju fenola INA-OKI, Žitnjak, Zagreb (1985), S. Ban.

Tehnološka rješenja u Izvedbenom projektu II faze izgradnje RO »Pivara«, Pančevo (1985), V. Marić i S. Ozimec.

Obrada otpadnih voda riblje industrije, OOUR »Mirna«, prerada ribe Banjole, Zagreb (1986), I. Mijatović i sur.

Idejni i glavni izvedbeni projekt sušare sa fluidiziranim slojem, Projekt Maribor (1986), B. Tripalo i sur.

Sl. 9. (nastavak) Tehnološki projekti, tehnološka rješenja, konstrukcije, investicijski programi (Spomenica Prehrambeno-biotehnološkog fakuleta Sveučilišta u Zagrebu 1956.-1986.)

D) ELABORATI I STUDIJE

Hidrogenacija smjese kokosovog ulja i svinjske masti. Elaborat za Tvornicu ulja, Zagreb (1961), M. Rac i sur.

Industrija masnoća — prijedlog perspektivnog plana razvoja djelatnosti do 1965. — Studija za potrebe Saveznog izvršnog vijeća (1959), M. Rac i sur.

Mogućnost proizvodnje prehrambenog kvasca u kontinuiranom procesu iz sirovog kubanskog šećera kapaciteta 50 tona suhog kvasca na dan. Studija izrađena za »Jedinstvo«, Zagreb (1966), S. Ban i sur.

Upotreba algala proizvodnje »Dalmacijabilje« u tehnologiji kruha za »Dalmacijabilje« Dubrovnik (1966), Lj. Milatović i sur.

Ispitivanje i postavljanje postupka za dobivanje 12-hidroksistearinske kiseline iz ricinusovog ulja — Elaborat za INA — Rafinerija, Zagreb (1966), M. Rac i sur.

Industrijski enzimi s posebnim osvrtom na hidrolitičke enzime i mogućnosti njihove primjene i proizvodnje. Elaborat za tvornicu »Saponia« Osijek (1967), V. Johanides i sur.

Prijedlog mjera za ostvarenje potrebne snabdjevenosti mlijekom i mliječnim proizvodima na području kotara Rijeke (1967), A. Petričić i sur.

Postupak oplemenjivanja (dekoloracije) tehničke masti. Studija za PIK »Sljeme«. Zagreb—Sesvete (1968), B. Čavlek.

Deparafinacija uljnog destilata. Elaborat izrađen za Institut za istraživanje i razvoj, INA, Zagreb (1968), V. Johanides i sur.

Studija o unapređenju tehnološkog procesa proizvodnje mljekare u Puli (1968), A. Petričić.

Kontinuirana fermentacija i izbor sojeva kvasaca za ubrzanu fermentaciju piva. Elaborat izrađen za Poslovno udruženje industrije piva Jugoslavije (1969), V. Johanides i sur.

Bakterije koje žive u vodi i njihov značaj. Elaborat za INA Rafinerija nafte, Sisak (1969), V. Johanides i sur.

Proizvodnja bjelančevina iz nafte i naftinih derivata biološkim putem. Elaborat izrađen za savezni fond za naučni rad (1969) Johanides V. i sur.

Etude du projet de realisation de la Conserverie Taher (Algerie) (1969). T. Lovrić i sur.

Etude du projet de realisation de la Conserverie Ramdane — Djamel (Algerie) (1969), T. Lovrić i sur.

Etude du projet de realisation de la Conserverie Ighil — Izane (Algerie) (1969), T. Lovrić i sur.

Mise en evidence et etude des enzymes implique dans le metabolisme des hydrocarbures chez *Candida tropicalis*

British Petroleum Company — Societe Francaise, Marawille (1969), E. Azoulay, Z. Duvnjak i sur.

Ispitivanje mogućnosti primjene Algala u industrijskoj preradi mesa. Elaborat za »Dalmacijabilje« export-import, Dubrovnik (1970), B. Čavlek i sur.

Mogućnost poboljšanja kvalitete kruha primjenom kombiniranog aditiva »Panvita«, Zagreb (1970), Lj. Milatović i sur.

Ispitivanje biološki značajnih zagađenja radnih okolina. Elaborat izrađen za Institut za sigurnost, Zagreb (1971), V. Marić.

Upotreba »»Emulthina M-501« kao dodatka u cilju produženja trajnosti kruha, Zagreb (1972), Lj. Milatović i sur.

Mogućnost korištenja otpadnog pivskog kvasca s tehnološkim postupcima. Elaborat izrađen za »Pivovaru Vinogorje«, Osijek (1974), V. Johanides i sur.

Ispitivanje mogućnosti primjene »Supralon« ovitka u mesnoj industriji. Studija za potrebe Interexporta, Novi Sad (1975), B. Čavlek.

Sl. 10. Elaborati i studije (Spomenica Prehrambeno-biotehnološkog fakuleta Sveučilišta u Zagrebu 1956.-1986.)

Study of Browning of White Wines and Development of Methods for Preventing Browning — Final Report (za U.S. Department of Agriculture) (1975), T. Lovrić i sur.

Pročišćavanje otpadnih voda industrije »M. Badel«, mesne industrije »Sljeme« i svinjogojske farme »Sljeme«, Sesvete u cilju dobivanja proteinskih krmiva. Studija izrađena za Poslovno udruženje »Krmiva«, Zagreb, (1980), S. Ban i sur.

Selekcija i adaptacija mješovite kulture mikroorganizama i mogućnost biodegradacije lignina sulfitne podlužnice bukovog drveta s posebnim osvrtom na biodegradaciju Ca-lignosulfonata. Studija izrađena za »Đ. Salaj«, Krško (1976), S. Ban i sur.

Rast mikroorganizama na n-parafinima i metanolu, Elaborat izgrađen za INA, Zagreb (1977), V. Johanides i sur.

Mogućnost primjene tehnološkog rješenja za pročišćavanje otpadnih voda industrije etanola iz melase u dva stepena. Studija izrađena za »M. Badel«, Sesvete (1979), S. Ban i sur.

Ispitivanje tehnološke i ekonomske opravdanosti proizvodnje trajnih kobasica uz upotrebu smjese aditiva domaće proizvodnje. Studija za potrebe SOUR-a »Gavrilović« (1980), B. Čavlek i sur.

Evaluation of surface active compounds produced by microorganisms. Pert I Biochemical Engineering Research Reports, Vol. VII. U.W.O., London, Canada (1980), D. G., Cooper. Z. Duvnjak i sur.

Plijesni (Fungi). Studija za potrebe SOUR-a »Gavrilović« (1980), I. Savić i sur.

Postupak izolacije, laboratorijskog uzgoja i prenošenja bakterija octene kiseline u pogon za submerznu proizvodnju octa. Elaborat izrađen za »AIK-ČOKA«, Čoka (1982), V. Marić.

Tehnologija proizvodnje suhog aktivnog kvasca za krmiva. Elaborat izrađen za »Zagrebačku pivovaru«, Zagreb (1982), V. Marić.

Studija s idejnim rješenjima za izgradnju tvornice za preradu voća i povrća »Turen«, Venezuela (1982), T. Lovrić.

Studija o problematici tamnog ili DFD mesa za potrebe SOUR-a »Gavrilović« (1982), I. Savić i sur.

Elaborati o ispitivanju otpornosti materijala prema plijesnima za potrebe organizacija udruženog rada: »Energoinvest« (1983). »Rade Končar« (1985), M. Alačević i sur.

Elaborati o ispitivanju genotoksičnog djelovanja kemijskog agensa u mikrobnim sistemima za potrebe organizacije udruženog rada: »Lek« — Levantin, Trianol, Nitrofurantion, Cimetidin, Ranitidin, Acetohidroksam kiselina. Granobenzacetat; »Krka« — Piroksikam, Zn-bacitracin, Pipericilin, Norfloksacin, Benzafibrat, Butamirat; »Radonja« — Alazin WP, Altrin; »Chromos« — Chromorel; »Pliva«, PGM, Akritan, (1983—1986) M. Alačevć i sur.

Integralno tehnološko rješenje prerade otpadnih materijala »Model Zagreb« (1983), S. Ban.

Mogućnost proizvodnje bioplina (energije) iz otpadne vode — melasne džibre tvornice etanola. Studija izrađena za »M. Badel«, Sesvete (1983), S. Ban i sur.

Tehnološki proračun za pročišćavanje otpadne vode šećerane »B. Buha« u Virovitici. Studija izrađena za »Jedinstvo«, Zagreb (1983), S. Ban i sur.

Proizvodnja bioplina iz svinjogojskog gnoja farme »Nova Topola«, AIPK. Banja Luka (1983), S. Ban i sur.

Studija s idejnim rješenjima za izgradnju pogona za preradu povrća. Imotski — tehnološki dio (1983), T. Lovrić.

Sl. 10. (nastavak) Elaborati i studije (Spomenica Prehrambeno-biotehnološkog fakuleta Sveučilišta u Zagrebu 1956.-1986.)

Studija s idejnim rješenjima proizvodnje smrznutog povrća, jedno i višekomponentne hrane u vidu peleta, gotovih jela i komponenata jela na bazi mesa i povrća »Gavrilović«, Petrinja (1984), T. Lovrić i sur.

Tehnologija proizvodnje tekuće, polutekuće i kašaste hrane smrznute u obliku peleta. PBI, OOUR Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Zagreb (1984), T. Lovrić i sur.

Tehnološko-ekonomska studija modela centralne pripremnice hrane. Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Zagreb (1984), T. Lovrić i sur.

Prehrambena tehnologija i biotehnologija u dugoročnom razvoju SR Hrvatske — Studija u okviru projekta: Znanstvene osnove dugoročnog razvoja SR Hrvatske do 2000 godine, tisak Referalni centar Sveučilišta u Zagrebu, (1984), Kniewald i sur.

Dobivanje, prerada masti i loja — Studija za RO »Gavrilović«, MI, OOUR Klaonica (1984), M. Rac i sur.

Kiselinska hidroliza kukuruzovine u jednom ili dva stepena. Studija izrađena za Prehrambeno-tehnološki fakultet, Osijek (1985), S. Ban.

Tehnološko rješenje za uklanjanje većih koncentracija masti iz otpadnih voda mesne industrije »Gavrilović«, Petrinja. Studija izrađena za TEH-projekt, Rijeka (1985), S. Ban i sur.

Tehnološko rješenje za uklanjanje lanolina iz otpadnih voda tvornice tekstila »Krateks«, Krapina. Studija izrađena za TEH-projekt, Rijeka (1985), S. Ban i sur.

Primjena tehnologije aktivnog mulja obogaćenog selektiranim kulturama mikroorganizama za pročišćavanje otpadnih voda iz proizvodnje fenola. Studija izrađena za INA-OKI, Zagreb (1985), S. Ban i sur.

Efekt elektrostimulacije na ekstrakciju topivih tvari goveđeg mesa u vodi. Studija za SOUR »Podravka« (1985), B. Čavlek i sur.

Modifikacija tehnoloških procesa proizvodnje sporo i brzo fermentiranih kobasica prilagođenih zahtjevima SR Njemačke. Studija SOUR »Gavrilović«, Zagreb (1985), B. Čavlek i sur.

Mogućnosti primjene krvne plazme prerađene u raznim stupnjevima u preradi mesa. Studija za SOUR »Podravka«, Zagreb (1985), B. Čavlek i sur.

Mogućnost i organizacija proizvodnje i snabdijevanja mlijekom i mliječnim proizvodima u uvjetima obrane grada Zagreba u okruženju (1985), Lj. Kršev i sur.

Primjena LIKVIZIMA 20 T, u pivovarstvu, Elaborat izrađen za SOUR »Pliva« Zagreb (1985), V. Marić.

Primjena otpadnog pivskog kvasca. Elaborat izrađen za SOUR »AIK«, Karlovac (1985), V. Marić.

Prijedlog izgradnje prehrambenih objekata na bazi sirovina životinjskog porijekla na području AP Kosovo (1985), Đ. Roseg.

Studija i prijedlog za proizvodnju prototipa suvremene klaonice peradi. Izrađeno za Minel, Beograd (1985, Đ. Roseg.

Studija prerade pastrva na području Kardeljeva (1985), Đ. Roseg.

Unapređenje proizvodnje mješavina aditiva namijenjenih za mesnu industriju. Studija za SOUR »Pliva«, Zagreb (1986), B. Čavlek i sur.

Perspektivni razvitak prerade mesa peradi na području SR Hrvatske (1986), Đ. Roseg i sur.

Mišljenja o toksičnosti i genotoksičnosti agensa za potrebe »Instituta za medicinska straživanja« Zagreb (1985); »Chromos« (1986); Zavoda za zaštitu zdravlja grada Zagreba (1986), Z. Matijašević.

Sl. 10. (nastavak) Elaborati i studije (Spomenica Prehrambeno-biotehnološkog fakuleta Sveučilišta u Zagrebu 1956.-1986.)

E) PATENTI

Bayer, Z., Ludviger, E., Johanides, V.: *Konzerviranje sirovih koža dodavanjem antibiotika u sol.* Jug. pat. br. P-1458/1958.

Cimerman, A., Škafar, S., Johanides, V.: *Postupak za proizvodnju citronske kiseline u submerznoj fermentaciji.* Jug. pat. br. P-35459/1980.

Gvozdenović, M., Juhas, T., Juristowsky, G., Rac, M., Štrucelj, D.: *Postupak plastificiranja bundevinih koštica.* Jug. pat. br. P-11690/1973.

Johanides, V., Pavušek, I.: *Postupak za dobivanje 6-aminopenicilinske kiseline pomoću gljive Cordyceps militaris.* Jug. pat. br. P-30397/1971.

Johanides, V., Pavušek, I.: *Postupak za dobivanje 6-aminopenicilinske kiseline pomoću kvasca Trichosporon cutaneum.* Jug. pat. br. P-31956/1973.

Johanides, V., Pavušek, I.: *Postupak za dobivanje 6-aminopenicilinske kiseline pomoću kvasca Rhodotorula mucilaginata.* Jug. pat. br. P-31957/1973.

Johanides, V., Pavušek, I.: *Postupak za dobivanje 6-aminopenicilinske kiseline pomoću gljive Isaria farinosa.* Jug. pat. br. P-31958/1973.

Johanides, V., Pavušek, I.: *Postupak za dobivanje 6-aminopenicilinske kiseline pomoću kvasca Candida zeylanoides.* Jug. pat. br. P-31859/1973.

Johanides, V., Pavušek, I., Seiwerth, R.: *Postupak za dobivanje 6-aminopenicilinske kiseline pomoću Bacillus cereus.* Jug. pat. br. P-24803/1964.

Johanides, V., Adler, N., Dražić, M.: *Postupak za dobivanje L-glutaminske kiseline fermentacijom.* Jug. pat. br. P-26304/1966.

Nadramija, N., Seiwerth, R., Tamburašev, G., Šestan, K.: *Postupak za izolaciju i dobivanje antibiotika oksitetraciklina.* Jug. pat. br. P-21400/1959.

Petković, T., Johanides, V.: *Postupak za proizvodnju vitamina B_{12}.* Jug. pat. br. P-26177/1966.

Seiwerth, R., Tamburašev, G., Tamburašev, Z., Bosnar, E., Vlašić, D.: *Postupak za izolaciju i dobivanje jednog tetraciklinskog antibiotika.* Jug. pat. br. P-21260/1958.

Sl. 11. Patenti (Spomenica Prehrambeno-biotehnološkog fakuleta Sveučilišta u Zagrebu 1956.-1986.)

G) ZNANSTVENI PROGRAMI

(Znanstveni programi koje su financirali Savezni fond za naučni rad do 1972. god., Republički fond za naučni rad SRH od 1972—1975. god. i Samoupravna interesna zajednica za znanstveni rad u poljoprivredi, stočarskoj proizvodnji, veterinarstvu, šumarstvu, proizvodnji i preradi drva, prehrambenoj industriji i odgovarajućoj trgovačkoj djelatnosti SR Hrvatske (SIZ-IV) od 1975. god. do danas).

Analiza i prerada ribe (1957)

Kontinuirane fermentacije-konverzija d-sorbitola u l-sorbozu pomoću vrsta **Acetobacter suboxydans** (1964).

Dinamika esencijalnih i biološki aktivnih supstancija u lipidnim namirnicama u svrhu tehnološkog procesa pri preradi lipidnih sirovina (1966)

Proizvodnja poulverziranih namirnica dehidratacijom iz otopina i suspenzija (1967)

Izolacija sojeva producenata antibiotika nisina i razrada tehnološkog postupka za proizvodnju nisina u laboratorijskom mjerilu (1967)

Proizvodnja mikrobnih enzima kao dodatak stočnoj hrani (1968)

Deparafinacija naftinih derivata mikrobiološkim postupkom (1969).

Razgradnja škrobnih sirovina pomoću glukoamilaze proizvedene pomoću **Rhizopus** i **Aspergillus** vrsta (1969)

Izolacija sojeva **Aspergillus** i **Rhizopus** vrsta producenata amilolitičkih i proteolitičkih enzima (1969)

Izolacija sojeva producenata ergot-alkaloida i razrada saprofitnog uzgoja u cilju dobivanja parametara za proizvodnju ergotalkaloida i razrada saprofitnog uzgoja u cilju dobivanja parametara za proizvodnju ergot-alkaloida (1969)

Termokemijski studij reakcione kinetike nekih enzima iz grupe liaza J. Kniewald (1972—1975).

Unapređenje i uvođenje novih industrijskih postupaka proizvodnje i kondicioniranja živežnih namirnica (1976—1980)

Biosinteza jednostaničnih proteina iz otpadnih i drugih tvari poljoprivredne, stočarske i industrijske proizvodnje i tehnološka rješenja za industrijsko dobivanje (1976—1980).

Prehrambena tehnologija i biotehnologija (1981—1986) (Razvoj procesa industrijske proizvodnje i konzerviranja hrane; Biokonverzacija organskih materijala u hranu, goriva i kemikalije; Hrana i prehrana)

Istraživanje tehnologije prerade biomase u komponente stočne hrane i laboratorijsko-poluindustrijska istraživanja tankoslojne hidraulične preše i fluidne sušare (1981—1985)

Razvoj procesa polupripremljene i pripremljene hrane specijalnih namjena (1981—1984)

Regionalni dvogodišnji projekt »Osijek«, Tehnološko rješenje prerade lignoceluloznih tvari (kukuruzovine) u etanol (energiju) i proteinsko krmivo (hrana) (1982—1985)

Primjena genetičkog inženjerstva u biotehnologiji: Konstrukcija vektora za kloniranje gena kod Streptomiceta, industrijskih proizvođača antibiotika (U suradnji s institutom Ruđer Bošković, PMF i »Pliva« — Zagreb) (1982—1983)

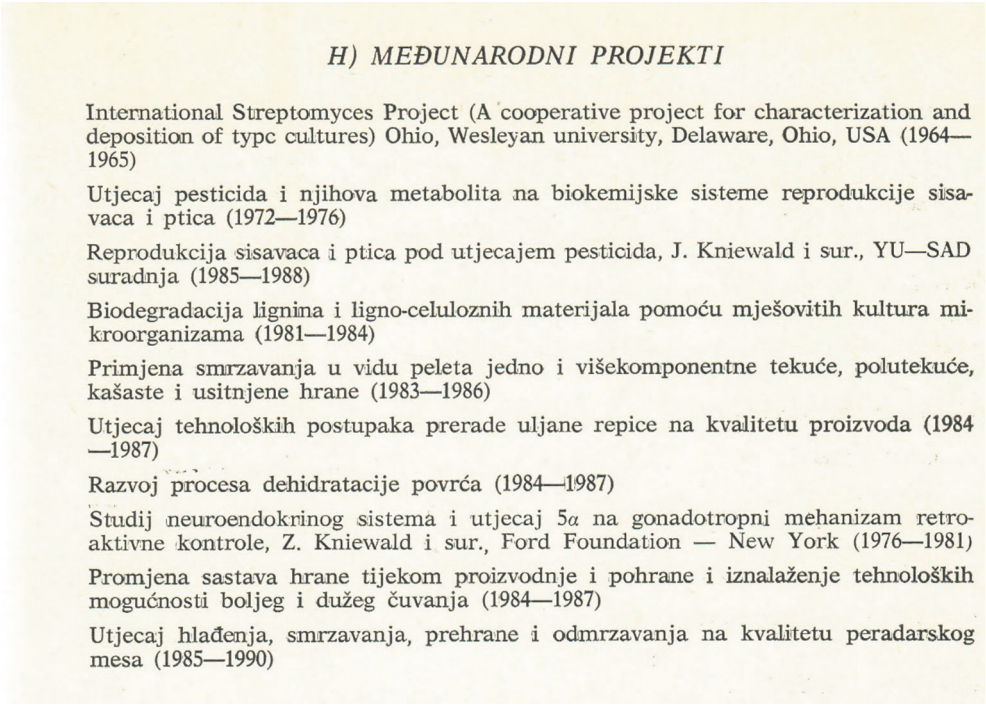
Tehnološki proces proizvodnje bioplina iz otpadnih tvari stočarskih i peradarskih farmi, razvoj novih sistema pilot bioreaktora visoke produktivnosti (1983—1985)

Utvrđivanje optimalnog postupka za pročišćavanje sirovih enzimskih preparata u laboratorijskom mjerilu i primjena enzima u dijagnostičkim testovima (1985—1986)

Proizvodnja mikrobnih starter-kultura i njihova primjena za dobivanje kvalitetnijeg stočnog krmiva (1985—1986)

Dobivanje imunoglobulina iz krvi domaćih životinja i njihova primjena obrambene sposobnosti novookoćene prasadi (1985—1986)

Sl. 12. Znanstveni programi (Spomenica Prehrambeno-biotehnološkog fakuleta Sveučilišta u Zagrebu 1956.-1986.)



H) MEĐUNARODNI PROJEKTI

International Streptomyces Project (A cooperative project for characterization and deposition of typc cultures) Ohio, Wesleyan university, Delaware, Ohio, USA (1964—1965)

Utjecaj pesticida i njihova metabolita na biokemijske sisteme reprodukcije sisavaca i ptica (1972—1976)

Reprodukcija sisavaca i ptica pod utjecajem pesticida, J. Kniewald i sur., YU—SAD suradnja (1985—1988)

Biodegradacija lignina i ligno-celuloznih materijala pomoću mješovitih kultura mikroorganizama (1981—1984)

Primjena smrzavanja u vidu peleta jedno i višekomponentne tekuće, polutekuće, kašaste i usitnjene hrane (1983—1986)

Utjecaj tehnoloških postupaka prerade uljane repice na kvalitetu proizvoda (1984—1987)

Razvoj procesa dehidratacije povrća (1984—1987)

Studij neuroendokrinog sistema i utjecaj 5α na gonadotropni mehanizam retroaktivne kontrole, Z. Kniewald i sur., Ford Foundation — New York (1976—1981)

Promjena sastava hrane tijekom proizvodnje i pohrane i iznalaženje tehnoloških mogućnosti boljeg i dužeg čuvanja (1984—1987)

Utjecaj hlađenja, smrzavanja, prehrane i odmrzavanja na kvalitetu peradarskog mesa (1985—1990)

Sl. 13. Međunarodni projekti (Spomenica Prehrambeno-biotehnološkog fakuleta Sveučilišta u Zagrebu 1956.-1986.)

Literatura

Alačević M., Strašek-Vešligaj M., Sermonti G. (1973) The Circular Linkage Map of *Streptomyces rimosus*. Microbiology 77, 173-185.

Alpeza I., Prša I., Mihaljević B. (2014) Vinogradarstvo i vinarstvo Republike Hrvatske u okviru svijeta Glasnik zaštite bilja 4, 6-13.

Banić M., Uroić K., Leboš Pavunc A., Novak J., Zorić K., Durgo K., Petković H., Jamnik, P., Kazazić, S., Kazazić, S., Radović, S., Scalabrin, S., Hynönen, U., Šušković, J., Kos, B. (2018) Characterization of S-layer proteins of potential probiotic starter culture *Lactobacillus brevis* SF9B isolated from sauerkraut. LWT-Food Sci Technol. 93, 257-267.

Beganović J, Frece J, Kos B, Leboš Pavunc A, Habjanič K, Šušković J. (2011) Functionality of the S-layer protein from the probiotic strain *Lactobacillus helveticus* M92. Anton. Leeuw. 100, 43-53.

Beganović J., B. Kos, Leboš Pavunc, A., K. Uroić, M. Jokić, J. Šušković (2014) Traditionally produced sauerkraut as source of autochthonous functional starter cultures. Microbiol. Res. 169 (7-8), 623-632.

Bibliografija znanstvenih i stručnih radova (1991) A. Ćapeta (Ured.), PLIVA, Zagreb.

Bioprospecting Jadranskog mora. http://bioproadriatic.hr/ Pristupljeno: 28.01. 2020.

Croatian Biotech Database (2020) Venture Valuation, Biotechgate, www.croatianbiotech.com, Pristupljeno 14. siječnja 2020.

DaSilva, E. J. (2004) The colours of biotechnology: science, development and humankind, Electronic Journal of Biotechnology, 7 https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0717-34582004000300001&script=sci_arttext&tlng=en Pristupljeno: 6 veljače 2020.

Dettenhofer, M; Ondrejovic, M; Slavica, A; Kurtanjek, Z; Tapaloaga, D; Tapaloaga, PR; Pojskic, LK; Durmic-Pasic, A; Begovic, J; Nedovic, V; Dundar, M; Gartland, KMA; Miertus, S (2019): Current state and prospects of biotechnology in Central and Eastern European countries. Part II: new and preaccession EU countries(CRO, RO, B&H, SRB). *Critical Reviews In Biotechnology 39*, 137 – 155.

European Federation of Biotechnology (1978) The first European Congress of Biotechnology, http://www.efbiotechnology.org/ Pristupljeno: 5. veljače 2020.

European Pharmacopoeia Commission (2018) Live Biotherapeutic Products (LBPs): European Pharmacopoeia Commission sets unprecedented quality requirements, 160th Session 16 April 2018, Strasbourg, France; https://www.edqm.eu/sites/default/files/pressrelease-pheur-lbp-adoption-quality-requirements-april2018.docx.pdf Pristupljeno: 28.01. 2020.

Fejzuli L., Solomun Kolanović B., Šušković J., Kos B., Bilandžić N. (2018) Aminoglikozidni antibiotici – primjena u veterinarstvu i kontrola u hrani životinjskog podrijetla, Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition 13, 95-106.

FINA (2019) Poslovanje poduzetnika u djelatnosti proizvodnje piva u 2018. godini https://www.fina.hr/ Pristupljeno 23. siječnja 2020.

Food and Drug Administration (2016a), Early Clinical Trials with Live Biotherapeutic Products: Chemistry, Manufacturing, and Control Information, Guidance for Industry.

Food and Drug Administration (2016b), Recommendations for Microbial Vectors used for Gene Therapy, Guidance for Industry.

Frece J., B. Kos, I.K. Svetec, Z. Zgaga, J. Beganović, A. Leboš, J. Šušković (2009) Synbiotic effect of *Lactobacillus helveticus* M92 and prebiotics on the intestinal microflora and immune system of mice, J. Dairy Res. 76, 98-104.

Frece J., B. Kos, I.K. Svetec, Z. Zgaga, V. Mrša, J. Šušković (2005) Importance of S-layer proteins in probiotic activity of *Lactobacillus acidophilus* M92, J. Appl. Microbiol. 98, 285-292.

Gačić M., N. Bilandžić, Đ. Ivanec Šipušić, M. Petrović, B. Kos, N. Vahčić, J. Šušković (2015) Degradation of Oxytetracycline, Streptomycin, Sulphathiazole and Chloramphenicol Residues in Different Types of Honey, Food Technol. Biotechnol. 53, 154–162.

Genera (2019) Istraživanje i razvoj proizvoda u segmentu živih peradarskih cjepiva https://genera.hr/istrazivanje-i-razvoj-proizvoda-u-segmentu-zivih-peradarskih-cjepiva/ Pristupljeno 04. veljače 2020.

HAMAG-BICRO (2020) https://hamagbicro.hr/ Pristupljeno: 28.01. 2020.

Javna zdravstvena ustanova Imunološki zavod (2020) https://www.imz.hr. Pristupljeno: 31. siječnja 2020.

Kniewald, Z. (2011) Od ideje do cilja, Zbornik sažetaka Međunarodnog simpozija Život i postignuća prof. emeritus Vere Johanides, str. 13-15.

Kniewald, Z. (2013) Welcome Remarks, Zbornik sažetaka Međunarodnog simpozija Život i postignuća prof. emeritus Vere Johanides. str. 11-14.

Kolačny J. (ured.) (1968) Saopćenja, PLIVA, tvornica farmaceutskih i kemijskih proizvoda, Zagreb, Iz PLIVE: Novi poluindustrijski pogon za biotehnološka ispitivanja, Svezak 11, broj 4.

Kos B., J. Šušković, J. Beganović, K. Gjuračić, J. Frece, C. Iannaccone, F. Canganella (2008) Characterization of the three selected probiotic strains for the application in food industry. World J Microbiol Biotechnol 24, 699-707.

Kos B., J. Šušković, S. Vuković, M. Šimpraga, J. Frece, S. Matošić (2003) Adhesion and Aggregation Ability of Probiotic Strain *Lactobacillus acidophilus* M92, J. Appl. Microbiol. 94, 981-987.

Kos B., Šušković J., Novak J, Leboš Pavunc A. (2020) Bakteriocini i probiotici kao alternativne antimikrobne strategije u borbi protiv antibiotičke rezistencije U: Antimikrobna rezistencija – izazovi i rješenja (urednici: I. Kosalec, I. Žuntar, M. Jadrijević-Mladar Takač), udžbenik Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb (u tisku).

Leboš Pavunc A., Beganović J., B. Kos, A. Buneta, Beluhan S., Šušković J. (2011) Influence of microencapsulation and transglutaminase on viability of probiotic strain *Lactobacillus helveticus* M92 and consistency of set yoghurt, Int. J. Dairy Technol. 64, 254-261.

Leboš Pavunc, A., Penava, L., Ranilović, J., Novak, J., Banić, M., Butorac, K., Petrović, E., Mihaljević-Herman, V., Bendelja, K., Savić Mlakar, A., Durgo, K., Kos, B., Šušković, J. (2019) Influence of Dehydrated Wheat/Rice Cereal Matrices on probiotic activity of *Bifidobacterium animalis* subsp. lactis BB-12® Food Technol. Biotech. 57, 147-158.

Lengeler Joseph W., Gerhart Drews, Hans G. Schlegel (Eds.) (1999) Biology of the Prokaryotes 1st Ed., Wiley-Blackwell, Thieme.

Lukač-Havranek J., 1994, Stanje i perspektiva razvoja mljekarske industrije, Mljekarstvo 44, 13 -20.

Makovec, S., Kos, B., Šušković, J., Bilandžić, N. (2014) Tetraciklinski antibiotici i utvrđivanje njihovih rezidua u hrani. Hrvatski časopis za prehrambenu tehnologiju, biotehnologiju i nutricionizam 9, 7-16.

Marić, V. (2000) Biotehnologija i sirovine, Stručna i poslovna knjiga, Zagreb.

Marić, V. i Nadvornik, Z. (1995) Pivo – tekuća hrana, Prehrambeno-biotehnološki inženjering, Zagreb.

Ministarstvo poljoprivrede, Akvakultura, https://ribarstvo.mps.hr/default.aspx?id=14) Pristupljeno: 28.01. 2020.

Monografija 60. obljetnice Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu (2016), D. Ježek (ured.), PBF Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.

Novak, S. (2011) Vera Johanides – visokoškolsko obrazovanje kao prožimanje nastave sa znanstvenim i stručnim radom, Zbornik sažetaka Međunarodnog simpozija Život i postignuća prof. emeritus Vere Johanides. str. 29.

Novak, S. (2013) Kako pokrenuti novu fazu razvoja biotehnologije u Hrvatskoj? Zbornik sažetaka "Vera Johanides" – Biotehnologija u Hrvatskoj do 2020. str. 15-17.

Obad J., J. Šušković, B. Kos (2015) Antimicrobial activity of ibuprofen: New perspectives on an 'Old' non-antibiotic drug, Eur. J. Pharm. Sci. 71, 93-98.

Petković, H., Lukežič, T., Šušković, J. (2017) Biosynthesis of Oxytetracycline by *Streptomyces rimosus*: Past, Present and Future Directions in the Development of Tetracycline Antibiotics. Food Technol. Biotech. 55, 3-13.

Petravić-Tominac V., Mujadžić S., Zechner-Krpan V., August H., Velić D., Velić N. (2017) Odabrani biotehnološki čimbenici koji utječu na alkoholnu fermentaciju pri proizvodnji vina, Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition 12, 100-106.

Petravić-Tominac V., Nastav, N. Buljubašić, M., Šantek B. (2020) Current state of biogas production in Croatia, Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems 8, u tisku.

Pigac, J., Alačević, M. (1979) Mapping of oxytetracycline genes in *Streptomyces rimosus*. Period. Biol. 81, 575-582.

PLIVA (1996) Povijesnica PLIVE, A. Ćapeta (Ured.), PLIVA, Zagreb.

PLIVA, jučer, danas, sutra (2013) http://www.PLIVA.hr/img/themes/pcfrontend/brosure/hr/03/03_JucerDanasSutra.pdf Pristupljeno 17. siječnja 2020.

Prentis, S. (1984) Biotechnology. A new Industrial Revolution, Pitman Press, Bath, Velika Britanija.

Samoanaliza (2012) Prehrambeno-biotehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.

Spomenica. 30. obljetnica prehrambeno-biotehnološkog studija i pet godina samostalnog rada Prehrambeno-biotehnološkog fakulteta na na Sveučilištu u Zagrebu (1986), P. Mildner (Ured.), PBF Sveučilišta u Zagrebu.

Šušković J, Kos B, Novak J. Tehnologija antibiotika (predavanja) Prehrambeno-biotehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2018b; https://moodle.srce.hr/2017-2018/course/view.php?id=29048 Pristupljeno: 31. siječnja 2020.

Šušković J., Kos B. Biotehnologija 4: Biotehnološka proizvodnja lijekova (predavanja) Prehrambeno-biotehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2018a; https://moodle.srce.hr/2017-2018/course/view.php?id=21286 Pristupljeno: 31. siječnja 2020.

Šušković J., B. Kos, J. Beganović, A. Leboš Pavunc, K. Habjanič, S. Matošić (2010) Antimicrobial activity – the most important property of probiotic and starter lactic acid bacteria, Food Technol. Biotechnol. 48, 296-307.

Šušković, J., Kos, B., Frece, J., Beganović, J., Leboš Pavunc, A. (2009) Probiotički koncept – probiotici kao dodaci hrani i probiotici kao bioterapeutici, Hrvatski časopis za prehrambenu tehnologiju, biotehnologiju i nutricionizam, 4, 77-84.

Šušković, J.; Kos, B.; Šantek, B.; Frece, J.; Božanić, R.; Hardi, J.; Slačanac, V. (2015) Uloga i značaj biotehnologije u proizvodnji fermentirane hrane, Zbornik radova sa znanstvenog skupa Proizvodnja hrane i šumarstvo – temelj razvoja istočne Hrvatske, Osijek, 14.-15. lipnja 2013., Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb, str.153-175.

Tratnik Lj. i Božanić R. (2012) Mlijeko i mliječni proizvodi, Z. Bašić (ured.), Hrvatska mljekarska udruga, Zagreb.

UN Secretariat, Convention of biological diversity, March 20, 2013. https://www.cbd.int/convention/text/. Pristupljeno 10. siječnja 2020.

Wine-Searcher (2020) https://www.wine-searcher.com/biz/producers/croatia Pristupljeno 23. siječnja 2020.

Zagrebački.info (2012) Pronađite ovdje dio Zagreba za kojeg možda niste znali..., http://www.zagrebacki.info/2012/04/vera-johanides.html Pristupljeno: siječnja 2020.

Zgaga, Z.; Novak, S. (2000) Projekt ljudskog genoma – završetak ili novi početak? Kemija u industriji, 49 6, 237-238.

Zaštita hrvatske rudarsko-geološke materijalne baštine

Prof. dr. sc. **Darko Vrkljan**, redoviti član HATZ-a,
Sveučilište u Zagrebu Rudarsko-geološko-naftni fakultet, dvrkljan@rgn.hr

Sažetak: *U različitim povijesnim razdobljima rudarska aktivnost imala je značajan utjecaj na gospodarski i socijalni razvoj Hrvatske u cjelini, a posebice pojedinih njezinih područja. Brojni su tragovi rudarske djelatnosti na prostoru Republike Hrvatske počev od antike, srednjeg vijeka do modernog doba. Stari rudnici, kao i cijele rudarske regije obilježene rudarenjem u svijetu se štite kao kulturna dobra, i mnoga su na listi UNESCO-ve svjetske baštine. U Hrvatskoj su rijetki primjeri konzerviranja starih rudnika i njihovog uređenja za obilazak posjetitelja (rudnik Sv. Barbara u Rudama, rudnik Zrinski na Medvednici) i prvenstveno su posljedica inicijative pojedinaca, a ne sustavne brige upravnih autoriteta. Radom se elaboriraju lokacije rudarske aktivnosti i njihov značaj u Republici Hrvatskoj u cilju promicanja svijesti o potrebi njihove*

Ključne riječi: *rudarstvo, rudarska baština, stari rudnici, kulturno dobro*

1. Uvod

Eksploatacija mineralnih sirovina na prostoru Republike Hrvatske ima dugu povijest počev od antičkog doba, preko srednjeg vijeka do današnjih dana. U pojedinim povijesnim razdobljima u Hrvatskoj eksploatacija pojedinih mineralnih sirovina imala je veliki značaj za razvoj gospodarstva i socijalnih prilika, a posebice pojedinih regija u Hrvatskoj. Značajna je bila eksploatacija ugljena ugljena, boksita, arhitektonsko-građevnog kamena, srebra i olova, željezne rude, bakra, bitumena, barita i bentonita. Nažalost tragovi tog rudarstva sve su bljeđi i iščezavaju, a i rijetki su spomeni na takova razdoblja. Rijetki su i primjeri u Hrvatskoj, da su zaštićeni i konzervirani stari rudnici, bilo površinski bilo podzemni. Ne postoji ni svijest o potrebi za sačuvanjem materijalne kulturne rudarsko-geološke baštine, kako kod struke, tako ni kod upravnih institucija. Uzoran primjer je susjedna Slovenija gdje je rudnik Idrija na Listi svjetske baštine, a nekoliko drugih jama je pretvoreno u rudarske muzeje i uređeno za obilazak posjetitelja (Velenje, Mežica, Zagorje) [1]. U Hrvatskoj za obilazak posjetitelja uređena je tek stara jama željeza Sv. Barbara u Rudama i rudnik Zrinski (olova i srebra) na Medvednici. Uređenje rudnika izvede-

no je prvenstveno inicijativom i zalaganjem pojedinaca entuzijasta, ne sistemskim ustrojima. Intencija rada je sagledavanje stanja u zaštiti rudarske materijalne kulturne baštine, status uređenih rudnika za obilazak posjetitelja, isticanje podzemnih rudnika koji su interesantni i postoji javni interes za uređenje te poticanje svijesti o potrebi veće aktivnosti na zaštiti rudarske kulturne baštine.

2. Kratki povijesni osvrt na rudarstvo u Hrvatskoj

U pojedinim povijesnim razdobljima u Hrvatskoj eksploatacija pojedinih mineralnih sirovina imala je veliki značaj za razvoj gospodarstva i socijalnih prilika, a posebice pojedinih regija u Hrvatskoj. Značajna je bila eksploatacija ugljena ugljena, boksita, arhitektonsko-građevnog kamena, srebra i olova, željezne rude, bakra, bitumena, barita i bentonita. Nakon II svjetskog rata za potrebe industrijalizacije aktivni su brojni rudnici, posebice ugljenokopi. Šezdesetih i sedamdesetih godina prošlog stoljeća rudarska djelatnost doživljava svoj vrhunac, sagledavajući ukupnu povijest hrvatskog rudarstva. Posebice se to odnosi na eksploataciju ugljena i boksita. Poslovala su brojna poduzeća sa velikim brojem zaposlenih, budući eksploatacija nije bila značajno mehanizirana. Pedesetih godina prošlog stoljeća u Hrvatskoj je poslovalo osam rudarskih poduzeća koja su eksploatirala ugljen [2]. Ugljen je znatno učestvovao u energetskoj bilanci Hrvatske (termoelektrane Jertovec kod Konjščine i Plomin spaljivale su domaći ugljen), snažna industrija i domaćinstva koristila su ugljen. Krajem šezdesetih i početkom sedamdesetih godina počinje zatvaranje ugljenokopa i supstitucija ugljena jeftinom uvoznom naftom, tako da je zadnji ugljenokop u Sjevernoj Hrvatskoj Brodarevec zatvoren 1975. godine [3]. Danas eksploatacije ugljena nema u Republici Hrvatskoj, međutim u bliskoj prošlosti u Hrvatskoj je na velikom broju mjesta eksploatiran: u Istri, Sjevernoj Hrvatskoj i Dalmaciji.

Boksit se danas eksploatira gotovo simbolično, iz plitkih pripovršinskih ležišta (Istra, Dalmacija), otkopava se nekoliko do desetak tisuća tona godišnje (2018. oko 11 000 tona). U prošlosti boksit se otkopavao površinskim i podzemnim kopovima u Dalmaciji (u blizini Obrovca, Drniša i Oklaja) te u Istri na manjim ležištima površinski (poduzeće Istarski boksiti) [4]. Arhitektonsko-građevni kamen otkopava se od antičkih vremena do danas, na površinskim kopovima u Istri i Dalmaciji i služio je za izgradnju jadranskih gradova, ali i gradova u Italiji (Venecija, Ravena, Ancona). Odlukom Venecijanskog senata iz 1307. godine istarski kamen (Pietra d′ Istria) postaje jedini kameni materijal koji se ugrađivao u venecijanske građevine (po nekim izvorima čak je 80 % kamena porijeklom iz Istre). Eksploatacija metalnih ruda srebra i olova (Gvozdansko 1530., Medvednica), bakra (Rude) te željezne rude (u Gorskom Kotaru Lič i Tršće, Rudopolje kod Vrhovina u Lici) značajna je u srednjem vijeku. Frankopani su 1392. godine dobili regal (prava) za istraživanje, kopa-

nje i preradu zlata, srebra, željeza i drugih ruda [5]. **Bitumen (asfalt)** eksploatirao se u Dalmaciji na brojnim lokalitetima (kod Vrgorca, na Braču, kod Trogira, na Mosoru) u većim i manjim jamama još od srednjeg vijeka, a pisani tragovi potječu iz XVII stoljeća [6]. **Barit** se nakon II svjetskog rata eksploatirao u Lici, Gorskom Kotaru i Baniji na nekoliko lokaliteta do kraj 80-tih godina prošlog stoljeća [7]. **Bentonit** je također eksploatiran nakon II svjetskog rata na nekoliko lokacija, površinski i podzemno, u Hrvatskom Zagorju i na južnim obroncima Moslavačke gore. U daljnjem tekstu detaljnije će se opisati neke rudarske lokacije većeg povijesnog značaja i potencijala za zaštitu kao kulturnog dobra tehničke rudarske materijalne baštine.

3. Kulturna dobra

Spomenik kulture je svjedočanstvo povijesti civilizacije i razvoja, za čije očuvanje postoji javni interes.Krovna upravna institucija za zaštitu kulturnih dobara je Ministarstvo kulture Republike Hrvatske. Krovni zakon kojim je propisana zaštita kulturnih dobara je *Zakon o zaštiti i očuvanju kulturnih dobara [8].* Nepokretnu kulturnu baštinu s utvrđenim svojstvom kulturnog dobra čine pojedinačne građevine i /ili kompleksi građevina, kulturno-povijesne cjeline te krajolici. **Registar kulturnih dobara Republike Hrvatske** javna je knjiga kulturnih dobara koju vodi Ministarstvo kulture. Sastoji se od tri liste: Liste zaštićenih kulturnih dobara, Liste kulturnih dobara nacionalnog značenja i Liste preventivno zaštićenih dobara [9].

4. Svjetski primjeri zaštite rudarskog kulturnog dobra

Na UNESCO-voj Listi svjetske baštine (World Heritage List) nalazi se 1 121 zaštićenih dobara, od čega je 869 kulturnih dobara, 219 prirodnih dobara i 39 mješovitih (kulturnih i prirodnih). Na Listi svjetske baštine nalaze se i zaštićena rudarska područja i to kompletne rudarske regije sa zaštićenim krajolikom, rudarskim objektima, postrojenjima, infrastrukturom i naseljima ili pojedini rudnici [10].

Erzgebirge/Krušnohoří (Željezne planine) zahvaća područje jugoistočne Njemačke (Saksonija) i sjeverozapadne Češke u kojoj je nekoliko metalnih ruda otkopavano počev od srednjeg vijeka do danas. Regija je bila najvažniji izvor srebra između sredine XV i XVI stoljeća, otkopavan je i cink te rijeke rude kobalta, a krajem XIX stoljeća postala je glavni svjetski proizvođač uranove rude. Kulturni krajolik Željeznih planina značajno je oblikovan tijekom 800 godina neprekinute eksploatacije (od XII do XX stoljeća), pionirskim sustavom upravljanja vodom

koja se koristila u rudnicima, inovativnim opemenjivačkim i topioničkim postupcima te rudarskim naseljima. Rudarenje je bilo okidač za transfer tehnoloških i znanstvenih inovacija u svijet.

Rudnici Rammelsberga, povijesni grad Goslar i sustav upravljanja vodom regije Gornjeg Harza u Njemačkoj. Bakar, srebro, olovo i cink eksploatirani su u planinama Rammelsberga kontinuirano od XI stoljeća do 1980. godine. Rudnici svjedoče o prvom pokušaju u Europi sistematskog iskorištavanja neželjezne metalne rude. Grad Goslar zbog rudnog bogatstva tijekom X do XII stoljeća bio je jedan od središta Rimskog carstva, sačuvano je nekih 1 500 drvenih kuća iz razdoblja od XV do XIX stoljeća.

The Zollverein XII industrijski kompleks vezan uz rudnike ugljena u Njemačkoj važan je primjer europske primarne industrije velikog ekonomskog značenja u XIX i XX stoljeću. Povijesno rudarsko industrijsko područje sadrži kompletna postrojenja, jame, postrojenja za koksiranje, željezničke pruge, jalovišta i rudarske nastambe.

Rudnik srebra Iwami Ginzan i njegov kulturni krajolik u Japanu na jugozapadu otoka Hokaido sadrži površinske kopove, topionička i oplemenjivačka postrojenja i rudarska naselja iz XVI do XX stoljeća. Prostor također obuhvaća trase za transport srebra do luka iz kojih je prevoženo brodovima u Koreju i Kinu.

Rudnici soli Wieliczka i Bochnia locirani su u geološki istim ležištima u Južnoj Poljskoj, radili su istovremeno počev od XIII do kasnog XX stoljeća. Rudarski otkopi su pretvoreni u kapele i trgovine. Turističke rute vode se počev od ranog XIX stoljeća.

Prethistorijsko rudarsko područje eksploatacije kremena Krzemionki u Poljskoj, sastoji se od četiri rudarska područja koja datiraju u neolitik do brončanog doba (oko 3900 do 1 600 godina prije Krista). Kremen se pretežito koristio za izradu sjekira. Rudarska područja obuhvačaju oko 4 000 jama i okana i predstavljaju jedno od najopsežnijih prethistorijskih nalazišta podzemne eksploatacije kremena otkrivenih do danas.

Povijesni grad Banska Štiavnica i tehnički spomenici u Slovačkoj primjer su važnog rudarskog naselja koji se razvijao od srednjeg vijeka (XIII stoljeće), iako tragovi rudarenja sežu u brončano doba. Osnivanje prve rudarske i šumarske akademije u Europi 1762. godine oslikava važnost grada kao središta za obrazovanje rudarskih stručnjaka. Sustav vodenih rezervoara i drenažnih kanala izgrađenih u XVI stoljeću, opsluživao je rudnike i osiguravao pitku vodu za grad, bio je najnapredniji u svijetu do XIX stoljeća.

5. Primjeri dobre prakse u Hrvatskoj

Primjeri dobre prakse zaštite rudarske materijalne baštine u Hrvatskoj su rijetki, obzirom na povijesno rudarsko naslijeđe, i samo su dva stara rudnika uređena i otvorena za obilazak posjetitelja: rudnik željeza Sv. Barbara u Rudama [11] i rudnik srebra i olova Zrinski na Medvednici.

5.1 Rudnik željeza "Sv. Barbara" u Rudama

Mjesto Rude nalazi se u Zagrebačkoj županiji, 5 kilometara jugozapadno od Grada Samobora, uvučeno u duboki, uski kanjon potoka Rudarske Gradne. Rudarenje na području Ruda ima višestoljetnu tradiciju. Zabilježeno je desetak lokacija na kojima se izvodila eksploatacije ruda bakra, željeza i gipsa. ***Rude željeza i bakra*** međusobno su prostorno i genetski povezane. Željezna ruda je vezana za željezovite pješčenjake i sitnozrne konglomerate, paleozojske starosti. Zona pojave ruda dugačka je 1,5 km. Glavni mineral je hematit, a samo u centralnom dijelu ležišta siderit je glavni mineral. Prvi pisani tragovi o eksploataciji bakrene rude datiraju iz 1210. godine (postoje indicije da je eksploatacija bakra izvođena još u rimsko doba) i potrajala je sve do 1851. godine. Otkopane količine procijenjuju se na oko 2500 tona bakra. Eksploatacija željezne rude izvođena je u razdoblju od 1850. do 1859. godine. Ukupno je u tom razdoblju otkopano 26 000 t željezne rude. Ruda je većinom taljena u Rudama u talionici smještenoj nedaleko od ulaza u potkop Sv. Trojstvo, a dio rude odvožen je na taljenje u Sloveniju. U rudniku bakra u Rudama 1808. godine zabilježen je i prvi rudarski štrajk na teritoriju današnje Hrvatske. Tijekom XX stoljeća otkopavan je i gips, ali je zbog visokog sadržaja anhidrita (oko 15%) eksploatacija obustavljena.

Stara jama željezne rude "Sv. Barbara" u Rudama otvorena je sa tri potkopa (Sv. Trojstvo, Kokel, i Vlašić), čiji su portali početkom ovog stoljeća bili zarušeni. Ulazi potkopa nalaze se na bliskim udaljenostima: ulazi potkopa Kokel i Sv. Trojstvo udaljeni su oko 50 m, dok su ulazi potkopa Kokel i Vlašić udaljeni za oko 200 m. Recentna obnova jame "Sv. Barbara" započela je samoinicijativom mještana Ruda koji su u proljeće 2002. godine otkopali zarušeni portal potkopa Kokel.

Grad Samobor i partneri – Zagrebačka županija, TZ Zagrebačke županije, KUD Oštrc, OŠ Rude i RGN-fakultet, Zagreb, aplicirali su za Joint Project: ***SvetaBarbara,*** u okviru Neighbourhood Programme Slovenia-Hungary-Croatia 2004-2006. ***Interreg III A***. Projekt je prihvaćen s vrlo dobrim ocjenama (92,5 boda od mogućih 100). U okviru projekta ***Interreg III A*** radovi su izvođeni tijekom 2008. godine. Radovi su nastavljeni 2009. i 2010. godine kada je financiranje preuzeo Grad Samobor.



Sl. 1. Portal potkopa Sv. Trojstvo

Potkop "Kokel" pročišćen je i podgrađen u izvornoj trasi. Potkop Sv. Trojstvo, iako je projektirano pročišćavanje stare trase, u potpunosti je izrađen po novoj trasi. Izrada je obilježena izuzetno teškim inženjersko-geološkim značajkama stijenske mase kroz koju se prolazilo: nasipani jalovinski materijal, stari otkopi sa zarušenim zonama. Potkop je stoga u cjelosti podgrađen drvenim trapeznim okvirima, a samo vrijeme izvođenja je potrajalo više od projektiranog. Osim podzemnih prostorija u okviru Joint Project: ***Sveta Barbara*** uređeno je 1500 m rudarsko-botaničke poučne



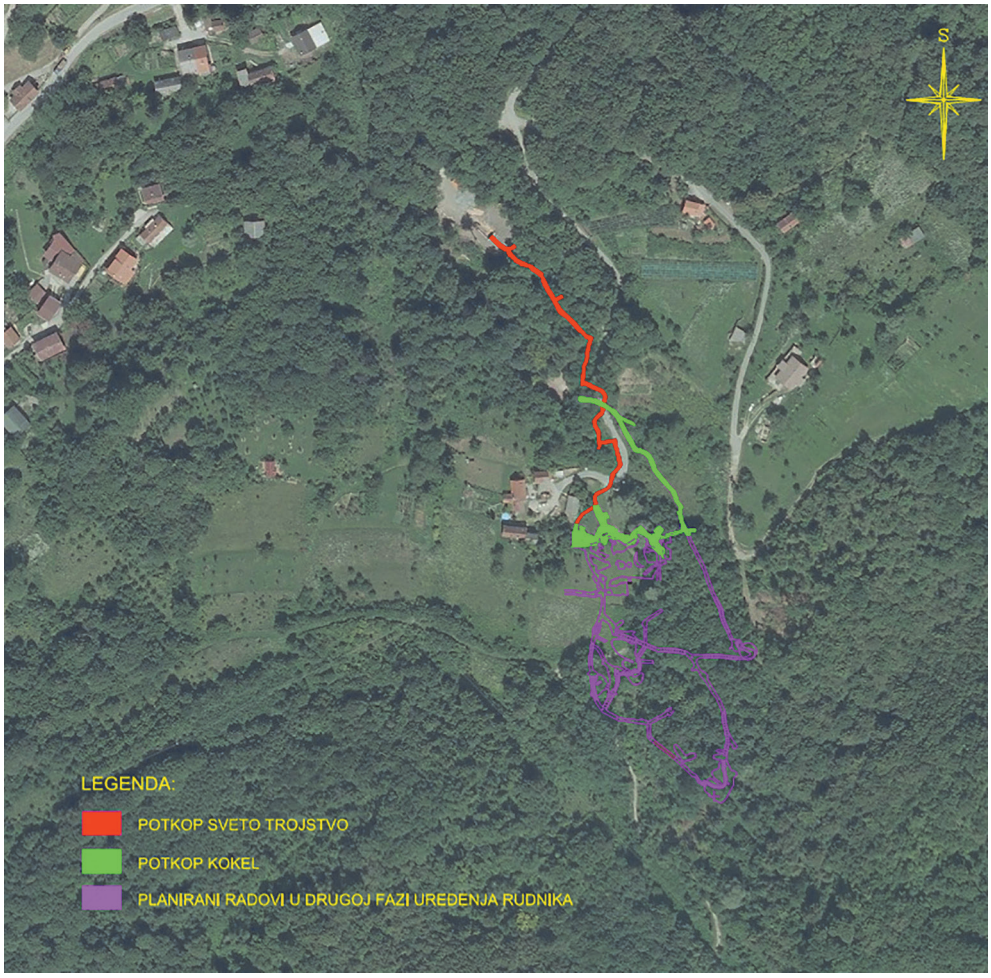
Sl. 2. Potkop Sv. Trojstvo



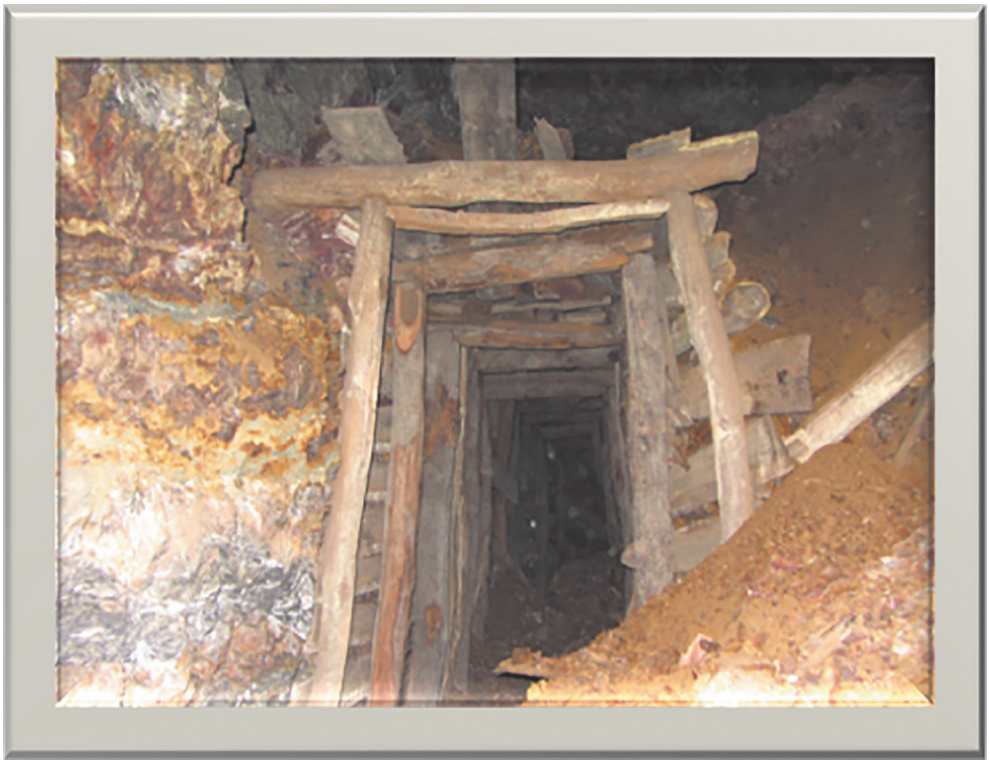
Sl. 3. Stepenište na strmim otkopima

staze (uključivo 8 informacijskih ploča), mineraloško-petrografska zbirka (120 uzoraka) te je obučeno 20 lokalnih turističkih vodiča. Za obilazak posjetitelja uređeno je 328 m jamskih prostorija (ulazni, plići dijelovi potkopa Kokel i Sv. Trojstvo (slika 1. i 2) te otkopna radilišta između potkopa (slika 3.)).

U II fazi planira se za obilazak posjetitelja urediti dodatnih oko 450 m jamskih prostorija, nastavno na već uređene jamske prostorije. Radovima će se zahvatiti dublji dijelovi potkopa Sv. Trojstvo i Kokel (Slika 4. i 5.). Uređenje jame "Sv. Barbara" prvenstveno je realizirano inicijativom mještana Ruda a na poticaj geologa prof.dr.sc. Borisa Šinkovca, koji su organizirani u KUD "Oštrc", gdje posebno treba istaknuti predsjednika Josipa Lebengera, dipl.ing.. Od 1985. godine društvo svakog prvog vikenda u srpnju održava manifestaciju Dani rudarske greblice. Projek-



Sl. 4. Podzemne prostorije jame "Sv. Barbara", uređene i planirane za uređenje



Sl. 5. Hodnici prema otkopnim radilštima predviđeni za uređenje u II fazi

tanti tehničke dokumentacije uređenja jame "Sv. Barbara" i idejnog rješenja daljeg uređenja su prof.dr.sc. Darko Vrkljan i Sabahudin Filipović, dipl.ing. rudarstva.

5.2 Rudnik Zrinski na Medvednici

Ruda olova i srebra eksploatirana je u rudniku Zrinski na Medvednici u XVI stoljeću. Rudnik se nalazi unutar Parka prirode Medvednica u blizini planinarskog doma "Grafičar". Uređena je za obilazak posjetitelja. Pod upravom je i skrbi javne ustanove Parka prirode Medvednica, čijom inicijativom je uređen i otvoren za građanstvo (ponajprije je zaslužna nekdašnja ravnateljica Nives Farkaš Topolnik). Projektna rješenja podgradnih sklopova i uređenja jame te samu izvedbu proveo je Sabahudin Filipović, dipl.ing. rudarstva. Jama je relativno plitka i ima više horizonata, pouzdano se zna da postoje dva horizonta (etaže) dok dublje nisu provođena istraživanja. Za obilazak je uređen samo plići horizont, cca stotinjak metara jamskih prostorija. Većina hodnika nije podgrađena budući se nalaze u stijenskoj masi dobrih inženjesko-geoloških značajki. Hodnici koji se nalaze u rasjednoj zoni na kontaktu između litološki različitih stijena, pjeskovito glinovitog materijala nalik



Sl. 6. Zarušak u hodniku "Ingrid"

zemlji i čvrstih karbonatnih stijena podgrađeni su drvenom trapeznom podgradom založenom daskama, budući su zapažene i zabilježene pojave nestabilnosti i zarušaka koje su u više navrata i sanirane (slika 6).

6. Perspektivni stari rudnici za uređenje i zaštitu

U Republici Hrvatskoj postoje rudarski nekad značajna područja sa napuštenim starim rudnicima koji imaju potencijal za uređenje i pristup posjetitelja te zaslužuju zaštitu kulturnog dobra u kontekstu svojeg povijesnog značaja. Navode se samo neka, U ovom radu navode se samo neki lokaliteti, radi zadanog formata, nema mogućnosti za citiranje svih područja i rudnika gdje se odvijala eksploatacija.

6.1 Ugljenokopi

Nakon II svjetskog rata 1953. godine, osam poduzeća za podzemnu eksploataciju ugljena udružilo se u poslovno udruženje "Udruženi ugljenokopi": Istarski uglje-

nokopi, Raša, Koprivnički ugljenokopi, Bregi, Međimurski ugljenokopi Mursko Središće, Ivanečki ugljenokopi, Ivanec, Rudnik mrkog ugljena, Ratkovica, Dalmatinski ugljenokopi, Siverić, Golubovečki ugljenokopi, Golubovec, i Konjščinski ugljenokopi, Konjščina. Udruženje je likvidirano 1978. godine budući su likvidirani i njezini osnivači, izuzev Istarskih ugljenokopa koji su prestali sa radom 1999. godine [12].

6.1.1 Raša i Labin

Podzemno otkopavanje kamenog ugljena u Istri započinje u 17. stoljeću kada je Istra bila pod mletačkom upravom [13]. Od tada u pićanskom i labinskom bazenu središnje paleogene sinklinale radilo je nekoliko jama tijekom venecijanske, austrugarske, talijanske i jugoslavenske uprave: u Krapnu, Vinežu, Štrmcu, Raši, Labinu, Ripendi, Pićnju i Tupljaku. Talijanska uprava izgradila je rudarska naselja u Raši (1936.-1937. godine) i Podlabinu. Novoizgrađenim naseljem Raše za 4 000 rudara, dominirao je središnji trg sa crkvom Sv. Barbare, naselje je posjedovalo kompletnu komunalnu infrastrukturu, uključujući otvoreni olimpijski bazen. Rekordna godišnja eksploatacija ostvarena je 1942. godine od 1 158 000 tona. U tom razdoblju desila se i najveća rudarska nesreća u povjesti rudarenja na Labinštini (pa i u Hrvatskoj), kada je od eksplozije ugljene prašine smrtno stradalo 372 rudara. Eksploatacija ugljena imala je značajan utjecaj na gospodarski razvoj Istre posebice Labinštine i bila je nukleus razvoja drugih gospodarskih djelatnosti (prometne, alatnih strojeva, turizma).

Zadnja jama Tupljak zatvorena je 1999. godine i djelovala je unutar trgovačkog društva Istarski ugljenokopi Tupljak d.d. Labin. Ugljenokop je isporučivao ugljen za termoelektranu u Plominu. Velike količine sumpora (7-8%), organskog i anorganskog, u ugljenu znatno su povećavale troškove odsumporavanja dimnih plinova, što je uz relativno tanke slojeve ugljena, dovelo do zatvaranja rudnika i orijentacije na uvozni, jeftiniji i ekološki prihvatljiviji ugljen.

Jama Raša, nalazi se tik do naselja, otvorena je sa dva potkopa Karlota 1 i Karlota 2 koji su vrlo dobro sačuvani i stabilni. Izrađena je tehnička dokumentacija za uređenje potkopa te će uskoro biti omogućen obilazak posjetitelja. Postoji inicijativa za uređenje jame Labin koja je otvorena oknom kroz projekt Podzemni grad Labin. Za pristup jami potrebno je obnoviti izvozno postrojenje i iscrpsti vodu iz jame koja je potopljena nakon zatvaranja. Zahvati iziskuju znatna financijska sredstva, stoga je upitna realizacija projekta. U jamu Labin moguć je pristup potkopima, iz susjednog Rabca te iz pravca termoelektrane Plomin, koji su u dobrom stanju i stabilni. Podzemne prostorije iz pravca Rapca mogu se uklopiti u turističku ponudu jer se nalaze neposredno uz mjesto i dolazak je moguć pješice. Potkopom prema

Plominu odvožen je željeznicom ugljen iz jame Labin za termoelektranu. Jedno vrijeme, nakon prestanka eksploatacije u jami Labin, u potkopu su uzgajane gljive.

6.1.2 Sjeverna Hrvatska

U sjevernoj Hrvatskoj nakon II svjetskog rata u četiri ugljenonosna bazena eksploatiran je mrki ugljen i lignit: Međimurski, Ivanečko-Ladanjski, Koprivnečko-Križevačko-Bilogorski i Zagorski (Konjščinski). Radilo se o relativno plitkim i malim jamama otvorenim pri rubnim dijelovima ugljenonosnih sinklinala. U četiri navedena ugljenonosna bazena radilo je preko tridesetak jama, posebice su bile brojne u Konjščinskom bazenu. Eksploatacijski uvjeti bili su teški, karakterizirani lošim inženjersko-geološkim značajkama pratećih naslaga (pijesci, gline) i relativno tankim ugljenim slojevima što je u konačnici uz jeftinu naftu rezultiralo njihovim zatvaranjem šezdesetih i ranih sedamdesetih godina prošlog stoljeća [3].

6.1.2.1 Ivanec

Eksploatacija cinkove i željezne rude, lignita, mrkog ugljena, pješčenjaka i vapnenca na području Ivanca izvodila se od XVIII stoljeća. Najveća i najpoznatija okna bila su okno *Josef* (1895.), jama *Flora* (1901.) i *Olga* (1937). Nakon II svjetskog rata osnovano je trgovačko društvo Ivanečki ugljenokopi koje je na vrhuncu zapošljavalo 1700 djelatnika. Jama Flora radila je do 1962. godine [14].

Ivanečka rudarska četa je postrojba za spašavanje unesrećenih rudara osnovana 1898. godine i brojila je dvadesetak članova. Obnovljena je 2006. godine na poticaj Borisa Jagetića Daraboša kao povijesna postrojba i jedina je takva postrojba u ovom dijelu Europe. U Ivancu se u lipnju na spomen rudarske tradicije održava kulturna manifestacija Ivanečki rudarski dani.

6.1.2.2 Međimurje

Eksploatacija ugljena u Međimurju započela je poslije I svjetskoga rata u Peklenici i Murskom Središću (jame Hlapičina, Križovec i Štrukovec). Od 1946. godine eksploataciju ugljena provodi tvrtka Međimurski ugljenokopi. Tijekom eksploatacije otkopano je preko 4,5 miliona tona mrkog ugljena. Zadnji ugljenokop zatvoren je 1972. godine. Grad Mursko Središće 2013. godine postavio je dvije info-ploče sa kartama lokacija nekadašnjih ugljenokopa na području Grada.

6.1.3 Dalmacija

U ugljenonosnom bazenu Sinjskog i Petrovog polja bile su otvorene jame mrkog ugljena Bukovica i Siverić. Zanimljivost je da je podzemna eksploatacija ugljena izvođena na otoku Pagu, u blizini mjesta Kolan. Prema nekim izvorima eksploatacija je započeta još za mletačke vlasti 1757. godine, koja je proširena pod Napoleonovom i austrijskom vlašću. Rudari su većinom bili Nijemci i Slovenci kod lokalnih Hrvata zvanih "Kranjci". U Kolanu je osnovano 1904. Prvo Montanističko društvo u Dalmaciji. Osnivačka skupština *Kolanjskih rudnika* (*Societa de la Roma, Miniera di carbone e Kolan*) održana je 1906. godine u Zadru i započeta je eksploatacija sa tri-četiri rudarska okna. Ugljen je željeznicom prevožen do luke u Šimunima. Poslije I svjetskog rata ugljen je transportiran žičarom. Vrhunac zaposlenosti bio je 1918. kad je radilo oko dvjesta radnika. U gladnim poratnim godinama rudnik je bio spas za izgladnjelo stanovništvo, jer se za rudare kuhala hrana. Eksploatacija je trajala do 1925. godine. Voditelj rudnika je objavio da nema ni za plaće, no radnici su radili i dalje, jer je rudnik imao kuhinju. Eksploatacija je intenzivno nastavljena talijanskom okupacijom 1941. godine. Reaktiviranje rudnika spasilo je mještane od vojne obveze i omogućilo im prehranjivanje. Ugljen je odvožen u Pag i Zadar u tvornicu Maraschina za pogonsko gorivo. Na lokaciji su sačuvani stara upravna zgrada, zid radionice, betonski dimnjak vapnare te brdašca ugljena izmiješanog sa šljakom. Kolan je trpio od ljetnih samozapaljenja podzemnih nanosa ugljena.

6.2 Boksit

Boksit je jedna od najznačajnijih mineralnih sirovina otkopavanih u Hrvatskoj, gdje su pred II svjetski rat hrvatska ležišta (u Istri i Dalmaciji) bila među vodećima u svijetu po otkoanim količinama. Boksit je otkopavan u Istri još u XVI stoljeću, i prema podacima je prva eksploatacija boksita u svijetu. Eksploatacija boksita u okolici Drniša i Oklaja započeta je u dvadesetim godinama prošlog stoljeća i nastavljena je nakon II svjetskog rata. Italija je 1938. godine otkopala 383 000 tona boksita (četvrta po količinama u svijetu) od čega je gotovo sav boksit otkopan u Istri. U Kraljevini Jugoslaviji iste godine otkopano je 404 570 tona boksita (2. mjesto u svijetu) od toga je 213 204 tona otkopano u Dalmaciji. U području Drniša eksploatacija boksita izvođena je površinskim i podzemnim kopovima u brojnim ležištima, veličina kojih je varirala od nekoliko destaka tisuća tona do nekoliko milijuna tona. Procijenjuje se da je prije II svjetskog rata u ležištima u područje Drniša otkopano oko milion tona. Nakon II svjetskog rata u okviru poduzeća Boksitni rudnici Drniš (osnovanog 1951.) otkopano je oko 2,5 miliona tona boksita (pretežito u ležištu Kalun). U okviru poduzeća Jadral, Obrovac otkopano je oko 1,5 miliona tona pretežito u ležištu Jukići-Đidare, jama kojeg se i ocjenjuje pogodnim

za uređenje i zaštitu kao kulturno dobro. Šezdesetih i sedamdesetih godina prošlog stoljeća težište otkopavanja boksita u Hrvatskoj fokusirano je na ležišta u okolici Obrovca (poduzeće Jadral, Obrovac), u nekoliko jama i površinskih kopova. U Jasenicama (gdje je bio i površinski kop) je osamdesetih godina prošlog stoljeća započeto otvaranje jame niskopom koji nije završen i nikad nije započela eksploatacija. Sedamdesetih godina izgrađena je tvornica glinice povrh Obrovca, koja je postala sinonim za neuspješne investicije. Prvenstveni razlog neuspjeha je nedostatak boksita, postojeća ležišta su dotadašnjom eksploatacijom bila iscrpljena.

Minjera

Boksit je u **Minjeri** (tal. *miniera:* rudnik), u dolini Mirne jugozapadno od Buzeta, otkopavan još u XVI. stoljeću [16]. Otkopavan je piritni boksit za dobivanje sumporne kiseline, alauna ili stipse. Procijenjuje se da je otkopano cca 150 000 tona boksita u 17 potkopnih otkopa duljine nekoliko metara do nekoliko desetaka metara. Francuski kemičar Pierre Berthier objavio je prvi podatak o kemijskom sastavu i fizikalnim svojstvima boksita uzorkovanog iz rude kraj mjesta Les Beauxa u Provansi, pa je ruda nazvana *boksit*. Novija istraživanja naših geologa i mineraloga, pokazuju da su istarska boksitna ležišta zapravo *locus typicus* za rudu od koje se dobiva aluminij. Sukladno tome Minjera je lokalitet najstarijega geološko-mineraloškog opisa i najstarijega rudarskog iskopa rude boksita.

6.3 Metalne rude

U srednjem vijeku u Hrvatskoj su otkopavane i metalne rude: bakar, željezna ruda, olovo i srebro. Bakar i željezna ruda otkopavani su u Rudama podzemno na istom lokalitetu (vidi poglavlje 5.1.).Kralj Matija Korvin dodjelio je 1463. Petru II. Zrinskom povlasticu iskorištavanja ruda u Zrinskoj gori. Rudnik Gvozdansko nalazi se na Baniji između Gline i Dvora na Uni. Godišnje su Zrinski proizvodili 700 do 800 kilograma srebra. Na lokaciji rudnika bila je topionica, ljevaonica i kovnica novca: denara, groša i talira. *Željezna ruda eksploatirana je podzemno i u Gorskom Kotaru od 1665. godine (vlasnik Petar Zrinski), na lokalitet*ima Tršće, Sokol *i Lič*. Sredinom XIX stoljeća dovođenjem idrijskih rudara nakratko je eksploatirana i živa, ali su radovi obustavljeni radi siromašne rude.

Ruda olova i srebra eksploatirana je u rudniku Zrinski na Medvednici u XVI stoljeću i nalazi se unutar Parka prirode Medvednica. Uređena je za obilazak posjetitelja (vidi poglavlje 5.2.).

6.4 Bitumen

Bitumen (asfalt) eksploatiran je u Dalmaciji još u srednjem vijeku, a pisani tragovi potječu iz XVII stoljeća [6]. Prirodni bitumen je dio nafte koji se nalazi u polukrutom stanju. Pojavljuje se najčešće kao tvar organskog porijekla u karbonatnim naslagama (vapnencima i dolomitima), rjeđe pješčenjacima. Korišten je primarno u hidroizolaciji drvenih brodova, zatim u građevinarstvo za hidroizolaciju građevinskih objekta mostova, terasa, rezervoara vode i bazena morske soli. Najveća eksploatacija u Hrvatskoj zabilježena je 1905. godine od 3 894 tona. Najveći rudnici bitumena bili su Paklenica kod Vrgorca, Škrip na Braču, Vinišće kod Trogira te Krivi Dolac na Mosoru. Uz te veće rudokopove bili su još brojni manji i manje značajni kopovi u okolici Trogira, na Čiovu, na Braču, na Mosoru kod Siverića i drugdje. Zapisi o eksploataciji bitumena u Paklenici kod Vrgorca potječu iz XVI stoljeća (1565. godina), pretpostavlja se da je i prije otkopavano. Eksploatacija je izvođena podzemno do dubine od pedesetak metara, kombinacijom okana i niskopa, dok je 1961. godine započeta eksploatacija površinskim kopom. U rudniku bitumena Vinišće (zapisi o eksploataciji iz XVII stoljeća) kod Trogira izgrađena je prva hrvatska tvornica asfalta koja je radila do I svjetskog rata.

U Škripu na otoku Braču eksploatacija je izvođena od 1750. do 1874. godina kada je napuštena zbog loše kvalitete rude. Ruda je prerađivana u dvije okrugle peći koje nisu sačuvane. Dobro je očuvano nekoliko podzemnih otkopnih dvorana.

Uz bitumen valja istaknuti i eksploataciju kerogenih stijena – uljnih škriljevaca u rudnicima Rude kod Sinja (1898.), Golo Brdo na Dinari, Trlji u Istri (1920.-1941.) i Rebići kod Barbana.

6.5 Barit

U Republici Hrvatskoj nakon II svjetskog rata bila su aktivna tri trgovačka društva koja su eksploatirala barit: “Kordunski rudnici barita” Topusko (kopovi Gejkovac i Sivac“), “Goranski rudnici nemetala” Lokve (kopovi Homer, Mrzle Vodice, Crni Lug) i “Lički rudnici barita” Ličko Cerje (kopovi Kravarica i Pilar). Na površinskim kopovima Homer, Mrzle Vodice i Crni Lug u Gorskom kotaru eksploatacija je obustavljena je krajem osamdesetih godina prošlog stoljeća. U Ričicama je trgovačkog društvo “Rudar” iz Zagreba izgradilo potpuno novu flotaciju barita krajem sedamdesetih godina prošlog stoljeća. Eksploatacija na površinskom kopu Pilar je obustavljena 1983. godine zbog visokih troškova eksploatacije na površinskom kopu (velike količine otkrivke).

6.6 Bentonit

Bentonit je eksploatiran na nekoliko lokacija, površinski i podzemno, u Hrvatskom Zagorju i na južnim obroncima Moslavačke gore. U Hrvatskom Zagorju bentonit je podzemno otkopavan u jamama Šeprun (1959.-1976) i Šaša (1976.-1997.) sjeverozapadno od Bednje te u Poljanskoj Luci kod Pregrade. Na Moslavačkoj Gori kod mjesta Gornje Jelenske otkopavan je u jamama Draga, Krč i Široki jarak.

7. Zaključak

Eksploatacija mineralnih sirovina u pojedinim povijesnim razdobljima imala je veliki značaj za razvoj gospodarstva i socijalnih prilika u Hrvatskoj, a posebice pojedinih regija u Hrvatskoj. Značajna je bila eksploatacija ugljena, boksita, arhitektonsko-građevnog kamena, srebra i olova, željezne rude, bakra, bitumena, barita i bentonita. Obzirom na povijesni značaj, broj uređenih starih rudnika je daleko premali. Postoji znatan potencijal i javni interes za uređenje starih rudnika, posebice onih koje su dobro očuvani i gdje postoji interes lokalne zajednice da se zaštite kao kulturna dobra materijalne tehničke rudarsko-geološke baštine. U tom smislu nužan je zajednički sinergijski napor upravnih, znanstvenih, stručnih i obrazovnih institucija i ustanova. Postupak zaštite kulturnih dobara u nadležnosti je Ministarstva kulture i relevantne legislative, dok je postupak izrade potrebne tehničke dokumentacije za uređenje starih rudnika, te ishođenje dozvole za rad (obilazak posjetitelja) u domeni ministarstva nadležnog za rudarstvo. U cilju učinkovitosti, zakonska regulativa po kojoj se postupak zaštite rudarskog kulturnog dobra provodi mora biti konzistentna, i postupak koordiniran između organa uprave nadležnih za kulturu i rudarstvo.

Literatura

[1] www.rlv.si/muzej

[2] Poslovna zajednica za ugljen: *Završni izvještaj o izvršenim istražnim radovima*, Zagreb, 1990.

[3] Vrkljan D.: *Podzemno uplinjavanje ugljena i mogućnosti primjene na ležištima Hrvatske*, Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb, 1992.

[4] Hrvatski geološki institut**:** *Osnove gospodarenja mineralnim sirovinama na području općine Promina u Šibensko-kninskoj županiji***,** Zagreb 2014**.**

[5] https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=53615

[6] Šebečić, B: *Povijest istraživanja i eksploatacije bituminoznih i kerogenih nalazišta Hrvatske*. Rudarsko-geološko-naftni zbornik, vol. 7, pp 97-130, Zagreb 1995.

[7] Jurković, I.: *Pojave barita u Hrvatskoj*, Geološki vjesnik XII, pp 77-94, Zagreb, 1958.

[8] Zakon o zaštiti i očuvanju kulturnih dobara, Narodne novine 69/99.

[9] https://www.min-kulture.hr/default.aspx?id=27

[10] https://whc.unesco.org/en/list/

[11] www.ostrc.hr/o_nama.html

[12] www.promins.hr/index.php/about/povijest-udruzenja

[13] Vorano T: *Istarski ugljenokopi – četiri stoljeća rudarenja u Istri*, Istarski ugljenokopi Tupljak d.d. Labin, ISBN 953-97379-0-7, Labin, 2002.

[14] https://hr.wikipedia.org/wiki/Kolanjski_rudnici

[15] Grdjan, D.: Rudarstvo ivanečkog kraja. // Zbornik 600 godina Ivanca / uredio akademik Andre Mohorovičić. Varaždin: TIVA Varaždin. pp 132-149, Ivanec

[16] www.istra.lzmk.hr/clanak.aspx?id=312

55 godina razvoja Laboratorija za mjerenja i mjernu tehniku Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

Prof. dr. sc. **Mladen Zrinjski**, član suradnik HATZ-a,
Sveučilište u Zagrebu Geodetski fakultet, mzrinski@geof.hr

Prof. dr. sc. **Đuro Barković**,
Sveučilište u Zagrebu Geodetski fakultet, barkovic@geof.hr

Kristina Matika, mag. ing. geod. et geoinf.
Sveučilište u Zagrebu Geodetski fakultet, kmatika@geof.hr

Sažetak: *U radu je opisan razvoj Laboratorija za mjerenja i mjernu tehniku Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu tijekom 55 godina, tj. od osnutka 1964. do danas. Poseban je osvrt dan na razvoj elektroničkog dijela Laboratorija. Detaljno je prikazano deset postupaka automatizacije geodetskih metoda mjerenja:*

- *automatizacija registriranja horizontalnih kutova pri mjerenju girusnom metodom pomoću elektroničkog teodolita Kern E2 i programabilnog kalkulatora HP41CX*
- *automatsko računanje vrijednosti čestica u komasacijama*
- *automatsko mjerenje duljina u bacačkim disciplinama na Univerzijadi u Zagrebu*
- *poluautomatsko određivanje profila tunela pomoću ručnoga laserskog daljinomjera Leica DISTO*
- *automatizirano određivanje deformacija građevinskih objekata pri probnim opterećenjima*
- *automatizirano određivanje smjernog kuta astronomskim metodama pri neovisnoj kontroli i povećanju točnosti geodetskih mreža iznad dugih tunela*
- *automatizirano određivanje deformacija vanjskih fiksatora u medicini*
- *automatizirano određivanje paralelnosti valjaka pomoću elektroničkog teodolita Kern E2 i računala notebook*
- *automatizacija komparatora za nivelmanske letve pomoću inkrementalne mjerne letve*
- *automatizacija mjerenja duljina kalibracijske baze preciznim elektrooptičkim daljinomjerom Leica TCA2003 i neovisna kontrola GPS-om.*

Ključne riječi: *elektronički geodetski instrumenti, umjeravanje, automatizacija mjerenja, Laboratorij za mjerenja i mjernu tehniku.*

1. Uvod

Razvoj mjernog laboratorija na Geodetskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu započeo je 1955. godine dolaskom profesora Dušana Benčića za asistenta iz nastavnog kolegija Niža geodezija u svrhu osuvremenjivanja nastave iz tog područja uz upoznavanje jednostavnih i brzih metoda rektifikacije instrumenata.

Mjerni laboratorij službeno je otvoren 1964. godine, uz prigodnu demonstraciju, kao posebna ustrojbena jedinica tadašnjega Geodetskog zavoda Geodetskog fakulteta, pod nazivom Laboratorij za mjerenja i mjernu tehniku. Tada je Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, zahvaljujući razvoju mjernog laboratorija i nizu originalnih konstrukcija, bio među prvima u Europi u praktičnoj nastavi optike i geodetskih mjernih instrumenata. U tom smislu profesor Benčić dobio je i pismena priznanja od vrhunskih stručnjaka u tom području, i to od prof. dr. H. Zetschea sa Sveučilišta u Bonnu te od prof. dr. F. Deumlicha sa Sveučilišta u Dresdenu.

Na prijedlog profesora Benčića, 1972. godine, umjesto predmeta Elektrotehnika uveden je predmet Fizikalne osnove geodetskih elektroničkih instrumenata. Za nastavnika je izabran geodetski stručnjak sa završenim studijem Fizike na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu prof. dr. sc. Nikola Solarić. Na taj je način započeo razvoj elektroničkog dijela Laboratorija za mjerenja i mjernu tehniku.

2. Razvoj optičkog dijela Laboratorija

U prvoj fazi razvoja optičkog dijela Laboratorija prišlo se izradi kolimatora kao osnovnih optičkih uređaja nužnih za djelatnost Laboratorija. Zahvaljujući intenzivnoj suradnji profesora Benčića s Tehničkom školom ‘’Ruđer Bošković’’, čiji je on bio osnivač, i suradnji s optičkom industrijom ‘’Ghetaldus’’, dobiveni su mehanički i optički dijelovi potrebni za konstrukciju kolimatora [1].

U drugoj fazi slijedilo je temeljenje i izvedba betonskih stupova, montaža i kontrola nosača te završno postavljanje uređaja. Tako su, uz skromna sredstva, izgrađeni i postavljeni sljedeći uređaji:

- sustav od dva kolimatora u pravcu za ispitivanje i rektifikaciju kolimacijske pogreške
- sustav kolimatora za ispitivanje limbova s reostatom za regulaciju osvjetljenja
- sustav vizurnih mjernih marki za mjerenja kutova
- precizni kolimator Wild s jahaćom libelom za ispitivanje i rektifikaciju nivelira i pogreške indeksa vertikalnog kruga teodolita

- sustav kolimatora za mjerenja kutova
- uređaj s vizurnom markom i skalom za ispitivanje pogreške nagiba horizontalne osi teodolita
- uređaj za ispitivanje optičkog viska
- komparator s mikroskopima za ispitivanje bazisne dvometarske letve
- komparator za ispitivanje mjernih vrpci
- komparator za ispitivanje nivelmanske letve na zidu.

Također, za nastavu su na Geodetskom fakultetu izrađene, prema konstrukcijama profesora Benčića u optičkoj školi, dvije optičke klupe za demonstraciju funkcije leća, posebno durbina i mikroskopa, kao i demonstracijska optička ploča za nastavu iz optike.

3. Razvoj elektroničkog dijela Laboratorija

Kao voditelj znanstvenog zadatka profesor Benčić poticao je od 1972. godine izgradnju kalibracijske baze za ispitivanje i umjeravanje optičkih i elektrooptičkih daljinomjera. Kalibracijsku bazu je, u blizini Donje Lomnice, projektirao te vodio njezinu izgradnju profesor Nikola Solarić 1982. godine. Na taj je način omogućeno u Hrvatskoj postizanje jedinstvenog mjerila pri mjerenju velikih duljina, što je od interesa za znanost i gospodarstvo. Objavljeno je niz radova o kalibracijskoj bazi



Sl. 1. Kalibracijska baza Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

[2], [3], [4]. Osim toga, profesor Benčić poticao je svoje suradnike da se u Laboratoriju za mjerenja i mjernu tehniku Geodetskog fakulteta razviju uređaji za ispitivanje i umjeravanje optičkih geodetskih instrumenata te dio za ispitivanje i umjeravanje elektroničkih geodetskih instrumenata. U Laboratoriju su pod mentorstvom profesora Benčića doktorske disertacije izradili Krsto Šimičić i Gorana Novaković.

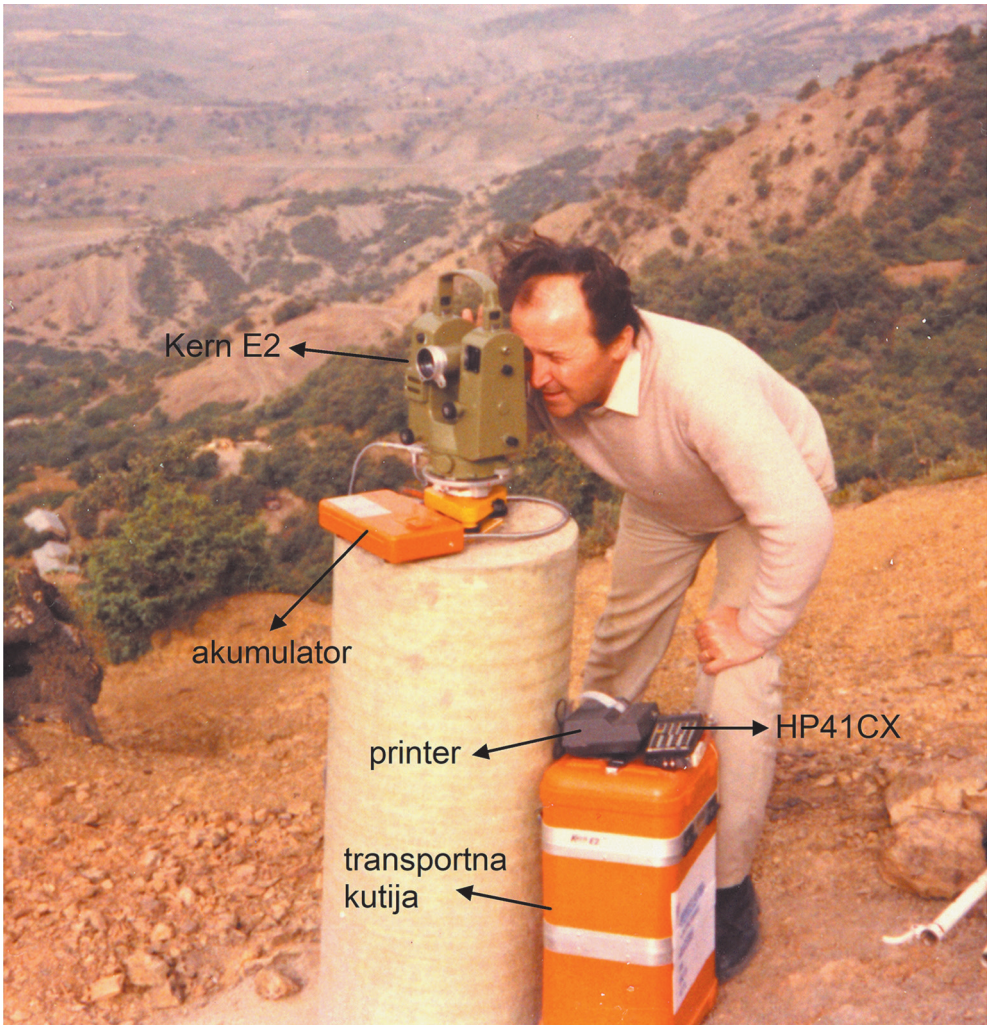
Na slici 1 prikazana je kalibracijska baza Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Stupovi baze izgrađeni su 1982., a obnovljeni 2007. godine zaslugom profesora Đure Barkovića.

Tijekom razvoja elektroničkog dijela Laboratorija za mjerenja i mjernu tehniku od 1972. godine, prof. dr. sc. Nikola Solarić razvio je sa suradnicima 25 automatiziranih metoda mjerenja u primijenjenoj geodeziji. U Laboratoriju su pod mentorstvom profesora Solarića doktorske disertacije izradili Đuro Barković, Drago Špoljarić i Mladen Zrinjski.

3.1 Automatizacija registriranja horizontalnih kutova pri mjerenju girusnom metodom pomoću elektroničkog teodolita Kern E2 i programabilnog kalkulatora HP41CX

Tvrtka Kern nije imala 1980-ih godina program za girusnu metodu mjerenja pravaca, pa je u Laboratoriju razvijen program pomoću kojeg se postiže automatska registracija mjerenja girusnom metodom. Napravljen je program za HP41CX koji informacijama na ekranu vodi opažača što treba raditi, kontrolira je li teodolit u pravilnom položaju, kontrolira je li razlika između prvog i drugog položaja teodolita u dopuštenim granicama, omogućava ponavljanje mjerenja na točkama na kojima je ta razlika izvan dopuštenog odstupanja, računa reducirane sredine te sredine (više) potpunih girusa.

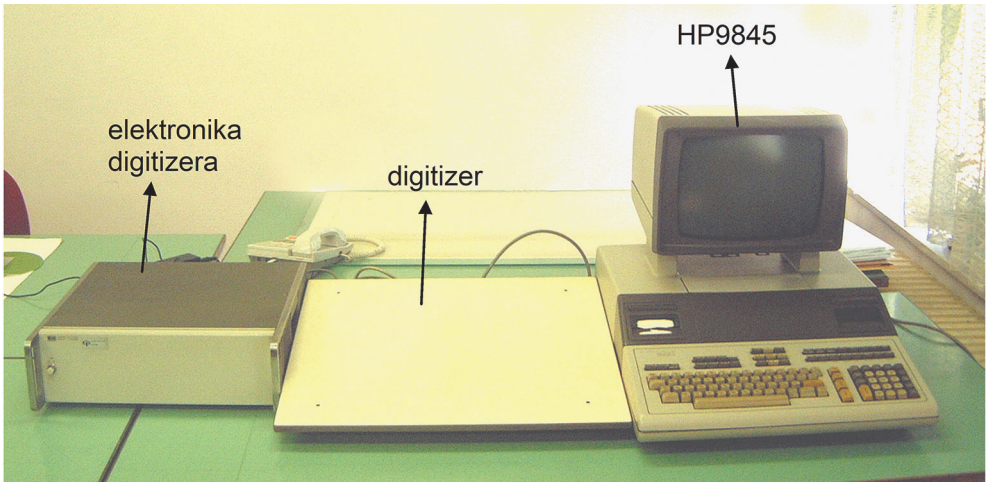
Mjerenja i rezultati mogu se ispisati na malom printeru ili pohraniti na kazetu. Opisanim programom može se opažati u više girusa, a ukupni broj pravaca u svim girusima može biti najviše 150, dok se pomoću uređaja Wild GRE3 u to doba moglo opažati ukupno najviše 50 pravaca. Automatizirana registracija horizontalnih kutova pri mjerenju girusnom metodom pomoću elektroničkog teodolita Kern E2 i programabilnog kalkulatora HP41CX primijenjena je u geodetskoj mreži iznad tunela Chiffa u Alžiru 1988. godine (slika 2), kada se pokazala osobito praktičnom. O toj automatizaciji objavljen je članak u Njemačkoj [5] te u domaćoj publikaciji [6].



Sl. 2. Automatizirana registracija horizontalnih kutova pri mjerenju girusnom metodom iznad tunela Chiffa u Alžiru 1988. godine

3.2 Automatsko računanje vrijednosti čestica u komasacijama

Za stolno računalo HP9845 napravljen je program pomoću kojeg se računaju vrijednosti čestica u komasacijama. Pogreške koje nastaju pri unošenju podataka lako se korigiraju, a informacije na ekranu vrlo su opširne, tako da nisu potrebne posebne pisane upute. Algoritam i program nisu objavljeni, iako se program pokazao vrlo praktičnim tijekom 15 godina primjene (1980.–1995.) u Geozavodu – Geos 91 u Zagrebu. Na slici 3 prikazan je Hewlett Packard HP9845, prvo stolno elektroničko računalo koje je Geodetski fakultet kupio 1978. godine.



Sl. 3. Hewlett Packard HP9845, prvo stolno elektroničko računalo na Geodetskom fakultetu

3.3 Automatsko mjerenje duljina u bacačkim disciplinama na Univerzijadi u Zagrebu

U suradnji sa Zavodom za katastar i geodetske poslove Grada Zagreba razvijena je vrlo praktična automatizacija mjerenja duljina u bacačkim disciplinama za potrebe atletskih natjecanja na Univerzijadi u Zagrebu 1987. godine, pomoću elektroničkog teodolita Wild T2000 i daljinomjera Di3000 (slika 4).



Sl. 4. Automatsko mjerenje duljina u bacačkim disciplinama na Univerzijadi u Zagrebu 1987.

Koristeći izvorno vlastito rješenje za reflektor i odgovarajući algoritam pri računanju, postignuto je brže i točnije mjerenje duljine nego što su to predlagali iz razvojnog odjela svjetski poznate tvrtke Wild. Metoda mjerenja pokazala se točnijom i bržom nego metoda primijenjena na prethodnoj Univerzijadi u Osaki u Japanu. O toj metodi objavljen je rad [7].

3.4 Poluautomatsko određivanje profila tunela pomoću ručnoga laserskog daljinomjera Leica DISTO

Razvijena je metoda poluautomatskog određivanja profila tunela pomoću ručnoga laserskog daljinomjera Leica DISTO, posebne šablone za namještanje daljinomjera na odgovarajuće vertikalne kutove s mjernom nesigurnošću 0,1° i računala notebook (slika 5). Računalo prema izboru nudi da se na šabloni namjesti vertikalni kut s korakom 1° ili proizvoljnim brojem stupnjeva. Poslije mjerenja duljine do stijene na tome vertikalnom kutu podatak o izmjerenoj duljini automatski se pohranjuje u računalo. Odmah nakon snimanja profila može se u tunelu na ekranu dobiti iscrtan oblik iskopanog i projektiranog profila. Sličnih uređaja bilo je i do tada, međutim prednost je tog uređaja vrlo niska cijena, a ručni laserski daljinomjer može se primijeniti i za druga mjerenja na gradilištu.

Ideju za tu metodu dao je prof. dr. sc. Miljenko Solarić, a na razvoju su sudjelovali Đuro Barković, dipl. ing. geod., i prof. dr. sc. Nikola Solarić. Na toj je temi magistarski rad obranio Đuro Barković [8]. Postignuti rezultati s tom metodom objav-



Sl. 5. Poluautomatsko određivanje profila tunela pomoću laserskog daljinomjera Leica DISTO

ljeni su na međunarodnom simpoziju [9]. Metoda je primijenjena u tvrtki Hidrotehnika, gdje su napravljena tri primjerka takvog uređaja i primijenili ih u tunelima Sv. Rok i drugima.

3.5 Automatizirano određivanje deformacija građevinskih objekata pri probnim opterećenjima

Pri probnim opterećenjima građevinskih objekata automatizirano je mjerenje odstupanja od nekog pravca izazvano promjenom deformacije građevinskog objekta. Mjerenje se izvodi pomoću elektroničkog teodolita Kern E2 sa serijski priključenim računalom notebook (slika 6), a poslije mjerenja dobiva se pomak mjerne značke u odnosu na prvo referentno mjerenje u horizontalnom smjeru (okomito na pravac teodolit – mjerna značka), kao i u vertikalnom smjeru. Moguće je prema izboru izvoditi više finih viziranja, a računalo prema programu automatski izbacuje grubo pogrešna mjerenja. Poslije mjerenja, u svakoj se fazi mogu na terenu dobiti grafički prikazane razlike u deformacijama u horizontalnom i vertikalnom smjeru između različitih faza probnog opterećenja. U slučaju prevelike deformacije može se prestati s povećanjem probnog opterećenja. Pri prvim probnim opažanjima u

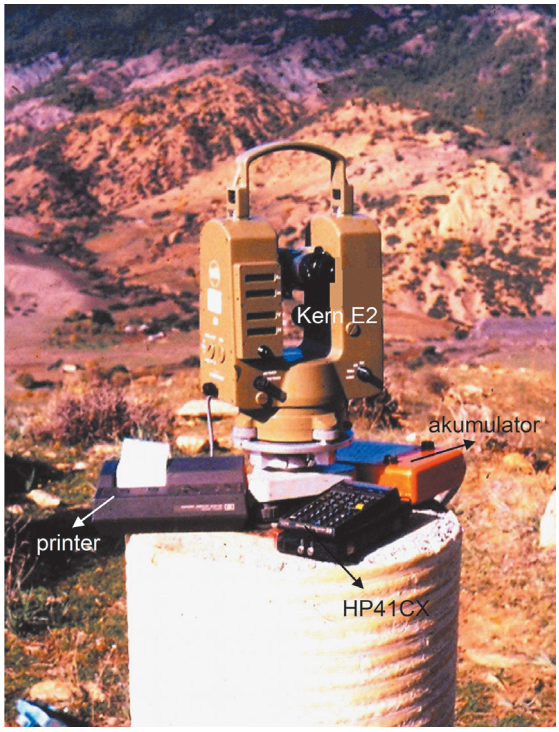


Sl. 6. Automatizirano određivanje deformacija građevinskih objekata pri probnim opterećenjima

Kaštelima, pri ispitivanju promjena deformacija utovarno-istovarnog mola, metoda se pokazala vrlo praktičnom. Na duljini 50 m, s jednim finim viziranjem, postignuto je standardno odstupanje određivanja pomaka 0,2 mm, a s više finih viziranja može se očekivati i bolje od 0,1 mm. Rezultati postignuti tom metodom objavljeni su u časopisu [10] te na međunarodnom simpoziju [11].

3.6 Automatizirano određivanje smjernog kuta astronomskim metodama pri neovisnoj kontroli i povećanju točnosti geodetskih mreža iznad dugih tunela

U Laboratoriju je razvijena automatizirana metoda određivanja smjernog kuta astronomskim metodama prema nekoj točci na Zemljinoj površini, a primijenjena je prema izvornoj ideji profesora Nikole Solarića za neovisnu kontrolu geodetskih mreža iznad dugih tunela. Određivanje astronomskoga smjernog kuta opažanjem zvijezde Sjevernjače pomoću elektroničkih teodolita Kern E2 i Leica T3000 postiže se s mjernom nesigurnošću 0,3''. Tako visoka točnost određivanja smjernog kuta omogućuje neovisnu kontrolu geodetskih mreža iznad dugih tunela. Vrlo je važno što se na taj način kontroliraju i komponente otklona vertikale, jer one utječu na



Sl. 7. Instrumentarij i pribor za određivanje astronomskog azimuta na izlazu tunela Chiffa u Alžiru

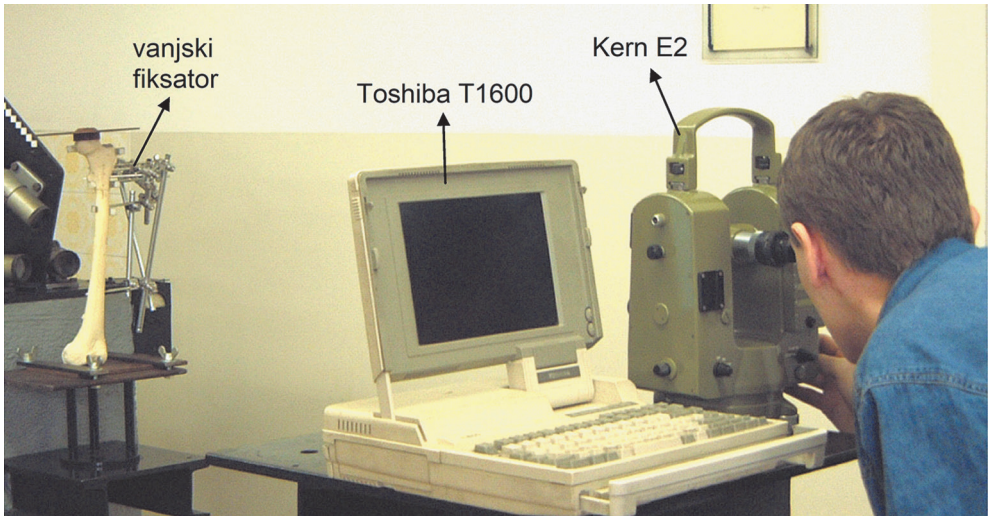
orijentaciju poligonskih vlakova na portalskim ulazima u tunel, osobito ako su vizure prema točkama za orijentaciju strme. Takva kontrola vrlo je važna i pri primjeni suvremenih GNSS uređaja najnovije generacije [12]. Na taj način geodetski stručnjaci dobivaju neovisnom metodom kontrolu točnosti geodetske mreže te s većom pouzdanošću mogu procijeniti hoće li proboj tunela biti uspješan i mirnije ga čekati. Osim toga, može se povećati točnost proboja tunela i uštediti na nepotrebnim dodatnim reprofiliranjima, naročito ako su poligonske strane na portalskim ulazima kratke i strme.

Metoda je primijenjena na 12 km dugom tunelu Chiffa u Alžiru (slika 7), na tunelu Nevesinje u Bosni i Hercegovini te na tunelu Mala Kapela (najduljem cestovnom tunelu u Hrvatskoj, duljine nešto manje od 6 km). O toj metodi objavljeni su izvorni znanstveni radovi [13], [14], [15] te radovi na međunarodnim simpozijima [16], [17].

3.7 Automatizirano određivanje deformacija vanjskih fiksatora u medicini

Razvijeno je automatizirano određivanje deformacija vanjskih fiksatora u medicini pomoću elektroničkog teodolita Kern E2 i računala notebook (slika 8). Pomoću te metode vrlo precizno, s vrlo malim standardnim odstupanjem 0,007 mm, određuju se deformacije medicinskih vanjskih fiksatora.

To omogućava da se praktično odredi koji tip ili podtip vanjskog fiksatora ima manje deformacije i bolji je za primjenu u medicini. Takvo automatizirano određi-

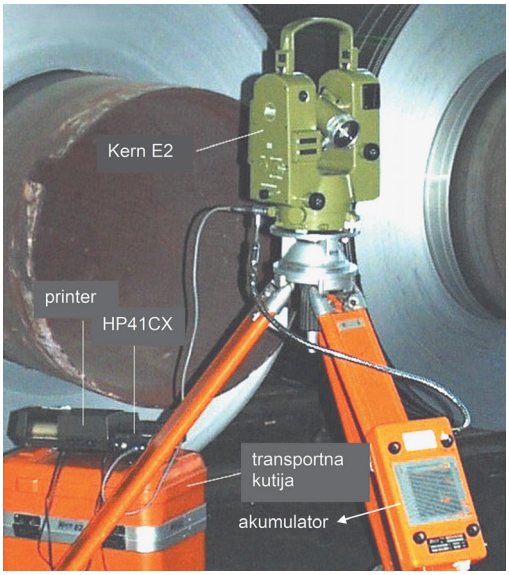


Sl. 8. Automatizirano određivanje deformacija vanjskih fiksatora u medicini

vanje primijenjeno je u magistarskom radu i doktorskoj disertaciji obranjenima u Traumatološkoj bolnici Zagreb, a radovi su objavljeni u uglednom medicinskom časopisu [18] te na međunarodnom simpoziju [19]. Na slici 8 prikazano je automatizirano određivanje deformacija vanjskih fiksatora u medicini pomoću elektroničkog teodolita Kern E2 i laptop računala Toshiba T1600.

3.8 Automatizirano određivanje paralelnosti valjaka pomoću elektroničkog teodolita Kern E2 i računala notebook

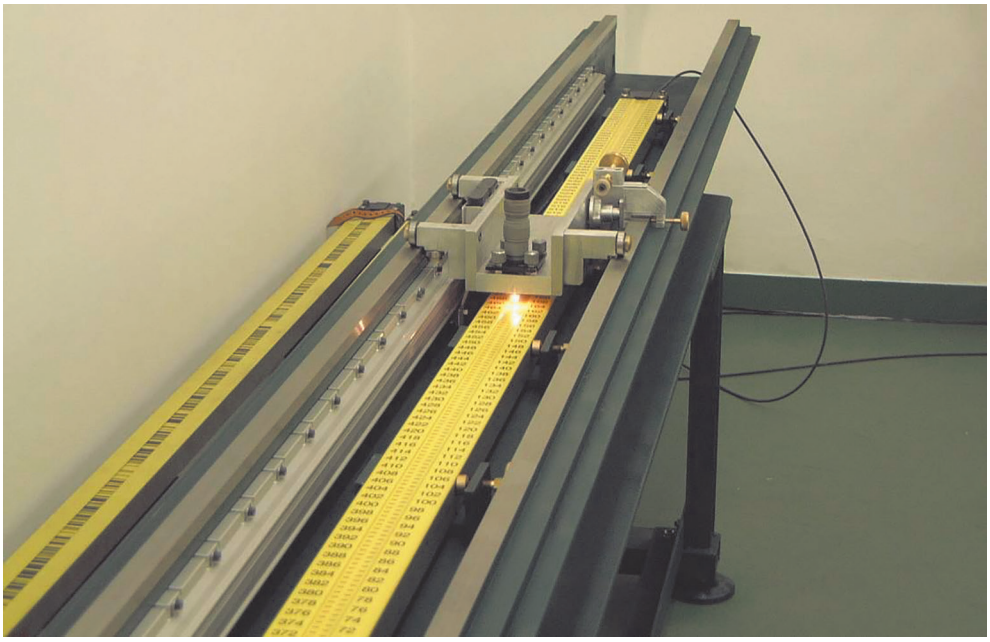
Automatizirana je metoda određivanja paralelnosti valjaka u tvorničkim halama pomoću kolimatora, elektroničkog teodolita Kern E2 (±0,5'') i računala notebook (slika 9). Izvedena su a priori standardna odstupanja određivanja paralelnosti valjaka s teodolitom udaljenim od 2 m do 15 m od valjka, za valjke duljine od 1 m do 4 m i standardno odstupanje mjerenja duljina 1 mm i 5 mm. Osim toga, utvrđeno je da je optimalna udaljenost teodolita od valjka približno 2 m, ako se duljine mjere sa standardnim odstupanjem 1 mm. Optimalna udaljenost teodolita od valjka je približno 4 m, ako se duljine mjere sa standardnim odstupanjem 5 mm. U tvornici aluminija TLM u Šibeniku postignuta je točnost određivanja paralelnosti valjaka u realnim, nepovoljnim tvorničkim uvjetima 0,03 mm/m, a metoda se pokazala vrlo praktičnom. Prikaz te metode objavljen je u uglednom engleskom časopisu [20] te u Njemačkoj [21]. Na slici 9 prikazano je automatizirano određivanje paralelnosti valjaka pomoću elektroničkog teodolita Kern E2 i računala notebook u tvornici aluminija TLM u Šibeniku.



Sl. 9. Automatizirano određivanje paralelnosti valjaka u TLM Šibenik

3.9 Automatizacija komparatora za nivelmanske letve pomoću inkrementalne mjerne letve

Izrađen je novi automatizirani komparator za nivelmanske letve pomoću inkrementalne mjerne letve u okviru doktorske disertacije *Komparacija nivelmanskih letava pomoću inkrementalne mjerne letve*, autora mr. sc. Đure Barkovića [22] (slika 10). Automatizacija komparacije riješena je na originalan način pomoću inkrementalne mjerne letve, čime se postiže vrlo visoka točnost umjeravanja [23], [24].



Sl. 10. Komparator za nivelmanske letve i mjerne vrpce

3.10 Automatizacija mjerenja duljina kalibracijske baze preciznim elektrooptičkim daljinomjerom Leica TCA2003 i neovisna kontrola GPS-om

Tijekom preciznih mjerenja duljina kalibracijske baze Geodetskog fakulteta preciznim elektroničkim tahimetrom Leica TCA2003 (slika 11a) automatski su mjereni i atmosferski parametri [25]. Izmjerena je frekvencija u daljinomjeru, određena je periodijska pogreška daljinomjera te su uzeti u obzir svi utjecaji pri mjerenju duljine baze s elektrooptičkim daljinomjerom. Duljina baze zatim je kontrolirana neovisnom metodom, mjerenjem pomoću GPS-a tijekom 8 dana/24 sata (slika 11b). Sva mjerenja obavljena su u okviru izrade doktorske disertacije *Definiranje mjerila kalibracijske baze Geodetskog fakulteta primjenom preciznog elektrooptičkog daljinomjera i GPS-a*, autora Mladena Zrinjskog, dipl. ing. geod. [26], [27].



a) b)

Sl. 11. a) Precizni elektronički tahimetar Leica TCA2003 tijekom mjerenja na kalibracijskoj bazi, **b)** GPS mjerenja na kalibracijskoj bazi [27]

Postignuta točnost tim dvjema metodama bila je bolja od 1 mm na duljini kalibracijske baze 1000 m. Osim toga, utvrđeno je da se preciznim elektrooptičkim daljinomjerom Leica TCA2003, ako se atmosferski parametri mjere s dva senzora Väisälä [25], [27], postiže približno jednaka preciznost kao i Mekometrom ME5000. Precizni daljinomjer Mekometer ME5000 jedan je od najpreciznijih daljinomjera, koji se nažalost više ne proizvodi. Rezultati dobiveni tim mjerenjima objavljeni su u međunarodnom [28] i domaćem časopisu [29].

3.11 Ispitivanja i umjeravanja elektroničkih geodetskih instrumenata

Posljednjih desetak godina u Laboratoriju za mjerenja i mjernu tehniku Geodetskog fakulteta intenzivno se provode ispitivanja i umjeravanja elektroničkih geodetskih instrumenata. Ispitivanja i umjeravanja obavljaju se prema međunarodnim (ISO) i nacionalnim normama (HRN) u skladu s grupom normi osnovne oznake 17123. Ispituju se i umjeravaju sljedeći geodetski instrumenti:

- niveliri [30]
- teodoliti [31]
- elektrooptički daljinomjeri [28], [29]
- geodetske mjerne stanice [32]
- rotirajući laseri [33]
- GNSS uređaji [34]
- terestrički laserski skeneri.

4. Zaključak

Razvoj Laboratorija za mjerenja i mjernu tehniku Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu započeo je 1955. godine. U sastavu tadašnjega Geodetskog zavoda Geodetskog fakulteta, mjerni laboratorij službeno je otvoren 1964. godine kao zasebna ustrojbena jedinica pod nazivom Laboratorij za mjerenja i mjernu tehniku. U Laboratoriju je u proteklih 55 godina razvijeno više od 30 različitih automatizacija mjerenja u primijenjenoj geodeziji. Također, posljednjih desetak godina u Laboratoriju za mjerenja i mjernu tehniku provode se ispitivanja i umjeravanja elektroničkih geodetskih instrumenata i odgovarajućeg pribora. Ispitivanja i umjeravanja obavljaju se prema međunarodnim i nacionalnim normama osnovne oznake ISO 17123 i HRN ISO 17123.

Literatura

[1] Benčić, D.: Razvoj znanstveno-nastavnog područja mjerenja i mjernih instrumenata u Geodetskom zavodu Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, *Geodetski list*, **56** (2002) 1, 33-46.

[2] Solarić, N.: Kalibracijska baza za ispitivanje elektrooptičkih daljinomjera Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, *Zbornik radova, 37. međunarodni godišnji skup KOREMA*, Zagreb, 236-241, (1992).

[3] Solarić, N.; Solarić, M.; Benčić, D.: Projekt i izgradnja kalibracijske baze Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, *Geodetski list*, **46** (1992) 1, 7-27.

[4] Solarić, N.; Solarić, M.; Špoljarić, D.: Kalibracijska baza za umjeravanje i ispitivanje elektrooptičkih daljinomjera, *Spojivost i infrastruktura*, Akademija tehničkih znanosti Hrvatske, Zagreb, (1998), 83-88.

[5] Solarić, N.: Automatisierung der Registrierung der Richtungsmessung und Stationsausgleichung mit einem elektronischen Rechner, *Vermessungstechnik*, **91** (1989) 3.

[6] Solarić, N.: Automatizacija registracije pri mjerenju pravaca girusnom metodom pomoću elektroničkog računala HP41CX, 6. susret geodeta Hrvatske, *Zbornik radova, Geodezija u planiranju i organizaciji prostora u cilju očuvanja čovjekove okoline*, Plitvice, 99-106, (1986).

[7] Solarić, N.; Hlad, D.: Automatsko mjerenje duljine u bacačkim disciplinama na Univerzijadi Zagreb 1987, *Geodetski list*, **43** (1989) 7-9, 287-294.

[8] Barković, Đ.: *Poluautomatsko određivanje profila tunela pomoću ručnog laserskog daljinomjera Leica DISTO*, magistarski rad, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, (1997).

[9] Solarić, N.; Solarić, M.; Junašević, M.; Barković, Đ.: Automatic Determination of the Cross-section in the Tunnels by means of the Hand-held Laser Meter Leica DISTO, *Proceedings of the 1st International Symposium of Laser Technique in Geodesy and Mine Surveying*, Ljubljana, 53-60, (1995).

[10] Solarić, N.; Špoljarić, D.; Vresk, M.: Automatizirano određivanje deformacija građevinskih objekata pri probnim opterećenjima, *Geodetski list*, **50** (1996) 3, 233-240.

[11] Solarić, N.; Solarić, M.; Špoljarić, D.: Automated Method of Determining the Deformations on Construction Objects under Test Load, *Proceedings, 1st International Conference of Engineering Surveying, INGEO98*, Bratislava, 197-203, (1998).

[12] Zrinjski, M.; Barković, Đ.; Matika, K.: Razvoj i modernizacija GNSS-a, *Geodetski list*, **73** (2019) 1, 45-65.

[13] Solarić, N.; Bilajbegović, A.; Solarić, M.; Špoljarić, D.: Nezavisna kontrola geodetskih mreža iznad dugih tunela pomoću astronomski određenih smjernih kutova, *Geodetski list*, **51** (1997) 1, 13-24.

[14] Solarić, N.; Veršić, Z.; Špoljarić, D.: Independent control of GPS Networks above Long Tunnels by Means of Astronomically Determined Azimuth or Bearing Angles, *Survey Review*, **38** (2005) 298, 308-316.

[15] Solarić, N.; Špoljarić, D.: Nezavisna astronomska kontrola vanjske geodetske mreže tunela Mala Kapela, *Geodetski list*, **59** (2005) 1, 15-30.

[16] Solarić, N.; Bilajbegović, A.; Solarić, M.; Špoljarić, D.: Independent control of geodetic networks above long tunnels by means of astronomically determined azimuths, *Proceedings, FIG Symposium, Surveying of large bridge and tunnel projects*, Copenhagen, 215-227, (1997).

[17] Solarić, N.; Špoljarić, D.: Independent Automated Astronomic Control of the external Geodetic Network of the Tunnel "Mala Kapela", *Proceedings, Design, Construction and Operation of Long Tunnels*, Taipei, Taiwan, 1293-1303, (2005).

[18] Boljkovac, D.; Solarić, N.; Solarić, M.: Stability estimation of the Ilizarov external frame by electronic, *Periodicum Biologorum*, **104** (2002) 3, 335-344.

[19] Boljkovac, D.; Solarić, N.; Solarić, M.: Automatic determination of deformations at external fixator in medicine by means of electronic theodolite, *Proceedings, 9th FIG International Symposium on deformation Measurements*, Olsztyn, 354-360, (1999).

[20] Solarić, N.; Veršić, Z.; Barković, Đ.: Semi-Automatic Determination of the Parallelism of Rollers in the Aluminium Factory TLM-Šibenik, *Survey Review*, **37** (2004) 293, 577-588.

[21] Solarić, N.; Barković, Đ.; Zrinjski, M.: Halbautomatische Bestimmung der Punktverschiebung von der durch die Walzenständermitte durchlaufende Achse, *Allgemeine Vermessungs-Nachrichten*, **110** (2003) 6, 224-230.

[22] Barković, Đ.: *Komparacija nivelmanskih letava pomoću inkrementalne mjerne letve*, doktorska disertacija, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, (2002).

[23] Barković, Đ.; Solarić, N.: Automatizirano mjerenje na komparatoru za nivelmanske letve pomoću inkrementalne mjerne letve, *Zbornik radova povodom 40. obljetnice Geodetskog fakulteta*, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 281-292, (2002).

[24] Barković, Đ., Solarić, N.: Automatizacija komparatora za nivelmanske letve, *Izvješća o znanstveno-stručnim projektima za 2001. godinu*, Državna geodetska uprava, Zagreb, (2003), 33-44.

[25] Solarić, N.; Barković, Đ.; Zrinjski, M.: Automatizacija mjerenja atmosferskih parametara pri preciznom mjerenju duljina, *Geodetski list*, **66** (2012) 3, 165-186.

[26] Solarić, N.; Solarić, M.; Zrinjski, M.: GPS-antena Zephyr Geodetic, *Geodetski list*, **63** (2009) 4, 329-352.

[27] Zrinjski, M.: *Definiranje mjerila kalibracijske baze Geodetskog fakulteta primjenom preciznog elektrooptičkog daljinomjera i GPS-a*, doktorska disertacija, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, (2010).

[28] Zrinjski, M.; Barković, Đ.; Baričević, S.: Precise Determination of Calibration Baseline Distances, *Journal of Surveying Engineering*, **145** (2019) 4, 05019005, 1-9.

[29] Barković, Đ.; Zrinjski, M.; Baričević, S.: Automatizacija ispitivanja preciznosti elektrooptičkih daljinomjera na kalibracijskoj bazi, *Geodetski list*, **70** (2016) 4, 311-336.

[30] Zrinjski, M.; Barković, Đ.; Razumović, I.: Automatizacija ispitivanja preciznosti nivelira i umjeravanja invarnih nivelmanskih letvi, *Geodetski list*, **64** (2010) 4, 279-296.

[31] Zrinjski, M.; Barković, Đ.; Tir, M.: Automatizacija ispitivanja preciznosti teodolita prema normi HRN ISO 17123-3:2004, *Geodetski list*, **65** (2011) 2, 123-144.

[32] Zrinjski, M.; Barković, Đ.; Čulić, D.: Precision Testing of Electronic Tacheometer according to the Standard ISO 17123-5:2005, *Conference Proceedings, Volume II – 13th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2013*, Albena, 351-358, (2013).

[33] Zrinjski, M.; Barković, Đ.; Gudelj, M.: Ispitivanje i analiza kvalitete mjerenja rotirajućega laserskog sustava, *Geodetski list*, **73** (2019) 2, 109-128.

[34] Zrinjski, M.; Barković, Đ.; Radočaj, D.; Tupek, A.: Determining and Analyzing the Quality of GNSS RTK Positioning, *Jubilee Annual 2017-2018 of the Croatian Academy of Engineering*, Croatian Academy of Engineering, Zagreb, (2018), 401-414.

Studij arheologije tehničkih (i građevinskih) znanosti

Prof. dr. sc. **Zvonimir Žagar**, d. g. i. (u mirovini), član emeritus HATZ-a,
Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet, zzagar@h-1.hr

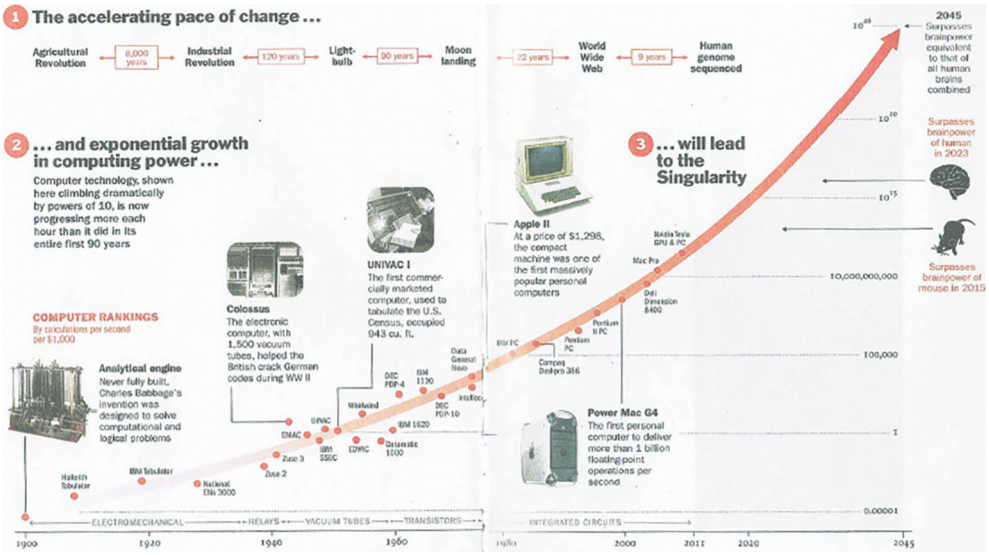
Sažetak: *Danas kad se susrećemo u svakodnevnom životu i radu (od kolijevke do groba) s IT tehnologijom, posebice CAD-postupcima, robotikom, 3D printingom, VR, daljinskim učenjem, pametnim (smart) strojevima i predmetima (IoT), odlučno se moramo odlučiti da jedan dio pred-IT znanja i vještina naprosto "izbacimo" (outsoursing) iz visokoškolskog (pa i cjelokupnog) edukacijskog sustava. Jer ta znanja, nekoć neprocjenjivo važnih područja tehnike, tehnologije (a i drugih struka) i vještina naprosto "opterećuje" edukaciju i struku. No to znanje, te vještine i postupci, možda tako dragi i nekoć neophodni našoj starijoj generaciji (i ne samo inženjera) treba negdje pohraniti za ogled budućim generacijama. Ne radi se tu o muzejskim primjerima tehničkih objekata, već o "prevaziđenim" postupcima, koje bi bilo šteta zaboraviti, kao što je bilo i zaboravljeno (svo i prethodno) znanje i svi primjenjeni postupci npr. pri izradi antičkog mehanizma Antikhytere, prije 2500 godina. Baš taj primjer kojim se danas (a intenzivno zadnjih 50 godina) bave razne struke eksperata (multidisciplinarni timovi raznorodnih stručnjaka) kako bi ga dešifrirale i razjasnile, pokazuje zorno da je danas vrijeme kad trebamo promišljati o tome da osnujemo posebne studije Tehničkih arheologija, gdje će se pohraniti svi ti "outdated" postupci, koji će možda jednom biti ukomponirani u sasvim nove post-IT okvire. Zašto ne? Da se ne zaborave.*

Konačno se arheologija ne može zadržati na repetitivnom iskapanju starina, koje se možda danas i ne znaju korektno interpretirasti. Baš stoga što su zaboravljena mnoga znanja koja su omogućila njihovu davnašnju realizaciju.

Ključne riječi: *Edukacija, IT, pred-IT, post-IT ere, VR, arheologija, znanje, postupci.*

Teza

Susrećemo se i živimo u doba eksplozije znanja i eksplozije podataka (data). Smatra se da je 90% postojećih podataka generirano i posljednje dvije godine. Taj porast znanja odražava se na naš život, edukaciju, tehniku, tehnologiju, ekonomiju, znanost i umjetnost i sva područja ljudske djelatnosti. U međudobu već se taj postotak povećao. Taj eksponencijalni rast znanja, primjene novih i generiranja još novijih nazivamo singularnošću (singularity).



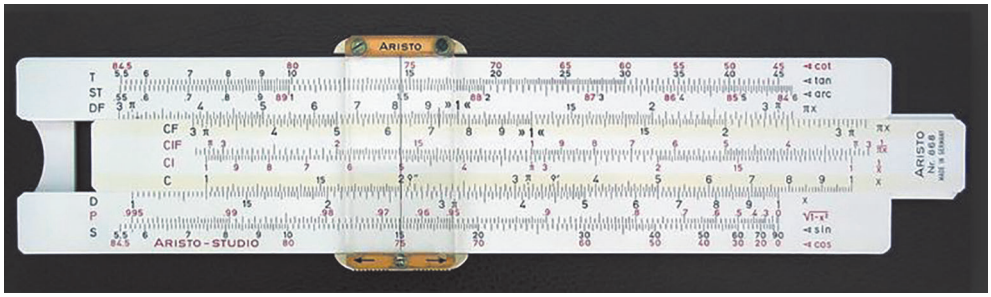
Sl. 1. Akcelerirajuće promjene. Iz TIME magazina, prema R. Kurzwaileu. Još ranije na to ukazao i B. Fuller u Synergetics (1975.) na primjeru brzina otkrivanja kemijskih elemenata u protoku vremena.

Razvijeni su i programski sustavi za rukovanjem ogromnog broja objavljenih podataka. Tako npr. program PaleoDeepDive služi za ekstrakciju podataka iz znanstvenih publikacija i individualnih publiciranih studija određenog znanstvenog područja. Da bi se s tim novim (i zastrašujućim brojem) saznanjima, metodologijom, tehnikom, tehnologijom i umijećima ovladalo, neophodno je sva neaktivna, bespotrebna i danas irelevantna znanja outsoursati iz svih područja ljudske djelatnosti, no ne treba ih zaboraviti, kao što se dešavalo u prošlosti, već ih treba trajno spremiti i aktivno održavati.

Pokušava se predočiti potreba outsoursinga danas "outdated" znanja i djelatnosti u građevinskoj struci, i na primjerima edukacije smjera dizajna konstrukcija. Postavlja se i pitanja, kuda smjestiti takve sudije tehničke (pa recimo i graditeljske) arheologije, na postojeće studije Filozofskog fakulteta ili posebne transdisciplinarne sveučilišne studije. Vjerojatno je slično u svim drugim strukama i djelatnostima.

Primjeri

Za ilustraciju samo par primjera "davne prošlosti" , no i ne baš tako davne prošlosti o početcima KB i ANN ekspertnih sustava. Danas nezamislivo, s kakvim se strojevima (i alatima) tada (nekoć) raspolagalo.



Sl. 2. Logaritmar (šiber). Muzejski primjerak.

U to doba još smo se služili tzv. logaritmičkim računalom "šiberom" i logaritmičkim tablicama. Osobno svjedočim da je moja generacija morala polagati (u predmetu Matematika 1) kolokvij iz "šibera" i crtanja grafova. Danas "outdated" i nezamislivo, ali te povijesne vještine ne bi trebalo zaboraviti (kao što se stvarno brzo zaboravljaju kao nepotrebna). Kao što su već davno "outdated" i bušene kartice i bušilice kartica i cijelo zanimanje bušača kompjuterskih kartica: ima na WEB-u još slika tih uređaja i prostorija s bušilicama.

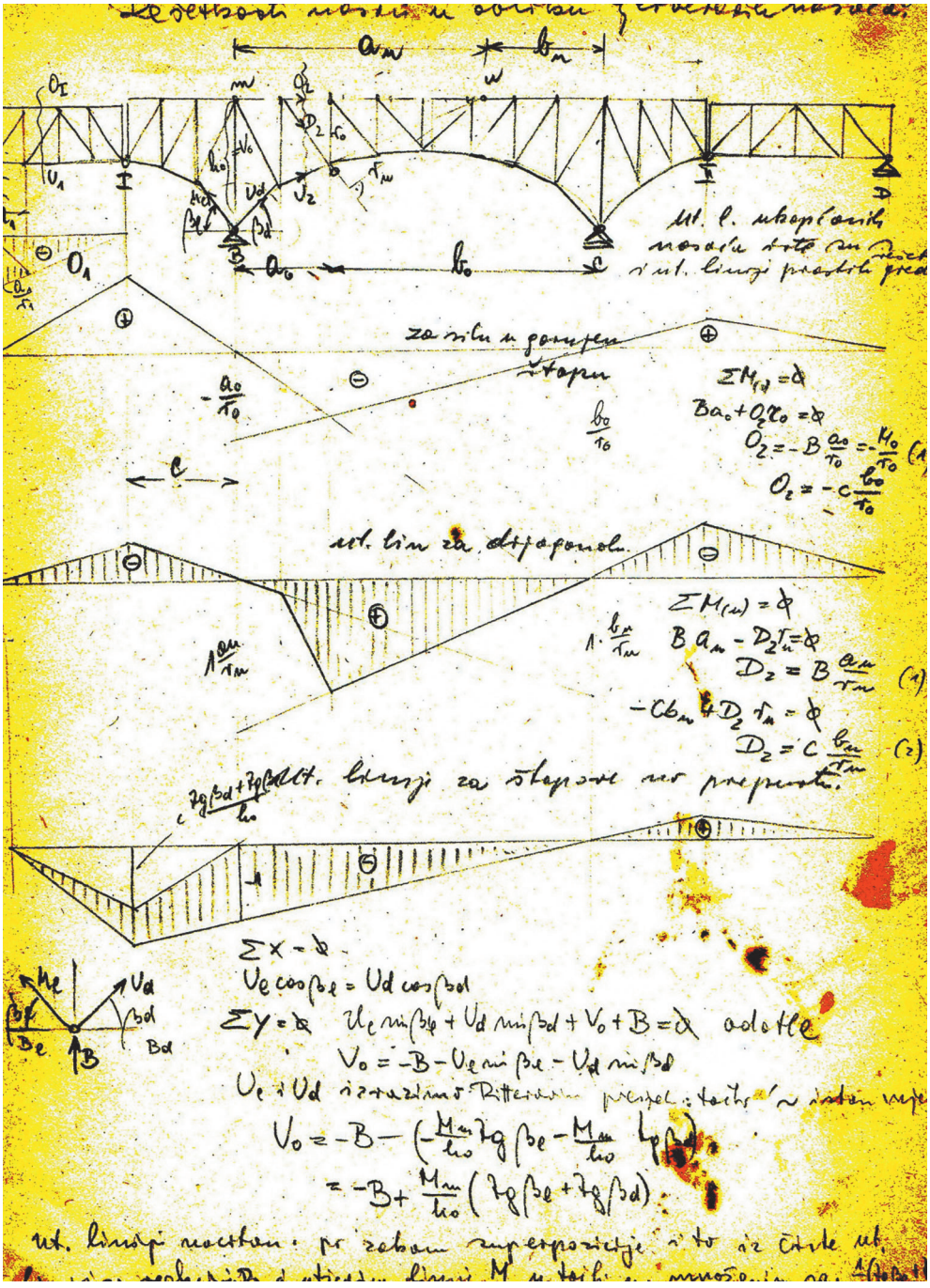
Prvi komercijalni komputer Univac I, pojavio se 1951. 1952.pridružili su mu se UNIVAC 1130. IBM je stavio na tržište konkurentni model 701. Iza 1957. koristi se FORTRAN I (ponudio ga je inženjerima i znanstvenicima IBM 704).

Treba navesti, da je 1984. na Carnegie Mellone University (Research Showcase@ CMU), Department of Civil and Environmental Engineering, Carnegie Institute of Technology objavljena ključna knjiga o ekspertnim sustavima (tog doba) autora Daniel R. Rehaka i Steven (Stevan Joseph) Fenvesa: Expert systems in civil engineering, construction and construction robotics. Dostupna na webu:

repository.cmu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1017&context=cec. Toliko o "timeline" razvoja ES u građevnom inženjerstvu tog doba.

ARCHPLAN Gerharda Schmitta http://www.futurecities.ethz.ch/person/prof-dr-gerhard-schmitt/ s ETH, je genijalni sustav za kompleksno, kompletno arhitektonsko dizajniranje višekatnih zgrada. Ugrađena i ušteda energije. Po svemu nije naišao na širu primjenu… PITANJE je ZAŠTO!

Prikazuje se i uvodni ekran ekspertnog (KRB) sustava BTEXPERT za dizajn konvencionalnih cestovnih mostova (čelične rešetke s armiranobetoskom kolničkom konstrukcijom) za autoceste u USA, za raspone 30 do 200 m, kojeg je razvio Hojjat. Adeli (http://www.cis-ieee.org/eit2003/adeli.asp) sa svojom ekipom eksperata (s Ohajo sveučilišta). Sustav je razvijen približno istih godina.



Sl. 3. Jedna stranica mojih sačuvanih studentskih zabilješki s predavanja Teorije konstrukcija na Građevinskom fakultetu (iz 1952.): Konstrukcije uticajnih linija rešetki. Napomena: 1951. postojalo je već računalo UNIVAC I . Početci FORTRANA datiraju 1950. R. Courant je još 1943. razvio matrični postupak s konačnim elementima. No o tome tada ništa na studiju nismo čuli…

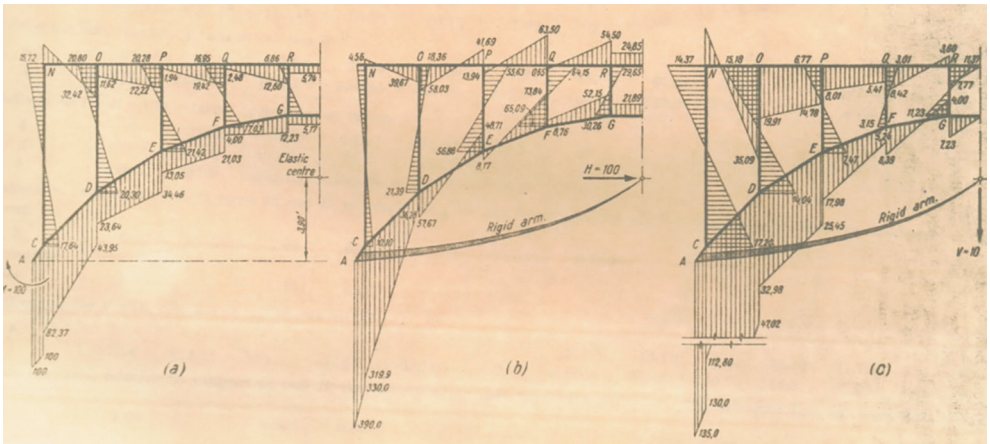
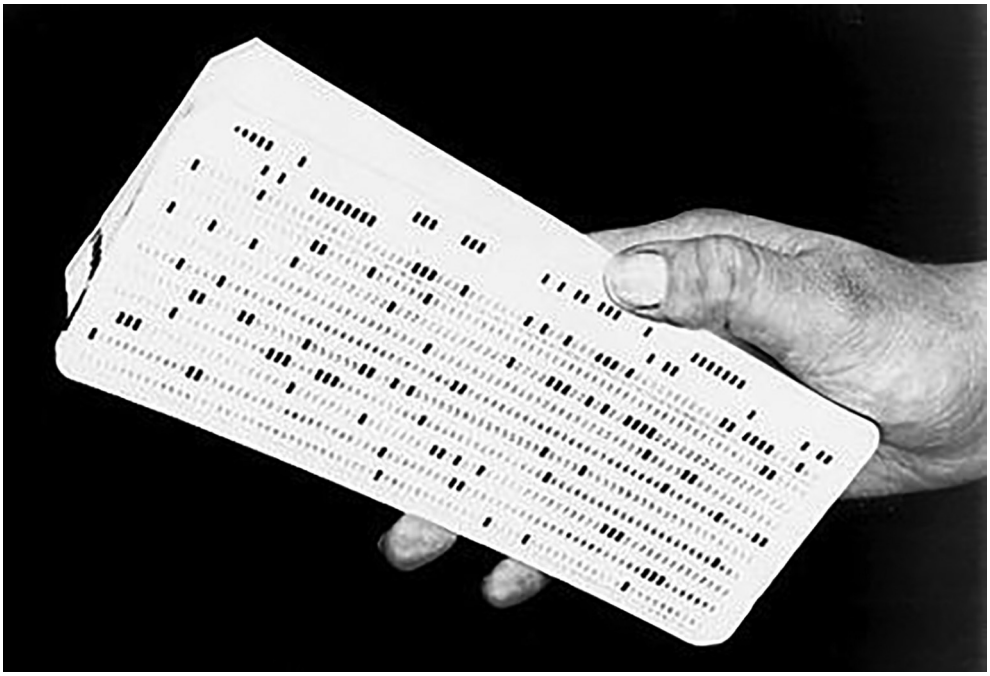


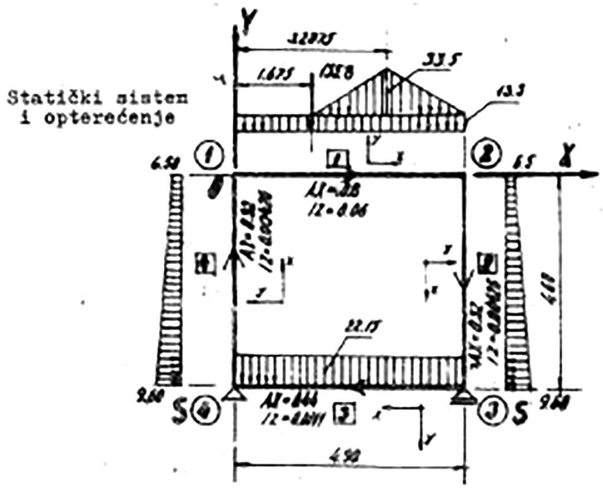
Fig. 14. Bending-moment diagrams for the following cases: (a) two end moments $M = 100$ applied at the abutments in opposite directions; (b) horizontal force $H = 100$ applied at the elastic centre; (c) vertical force $V = 10$ applied at the elastic centre

Sl. 4. Iz znanstvene literature, prošlog vremena (1953.): proračun lučnog mosta s nadgrađem pomoću postupka s elastičnim težištem: L.A. Beaufoy: Open-Spandrel Arch Analysis Assuming Continuity of Structure. Prikaz momenata savijanja za naznačena opterećenja.



Sl. 5. Bušene kartice. Danas ih je i teško pronaći, osim u tehničkim muzejima.

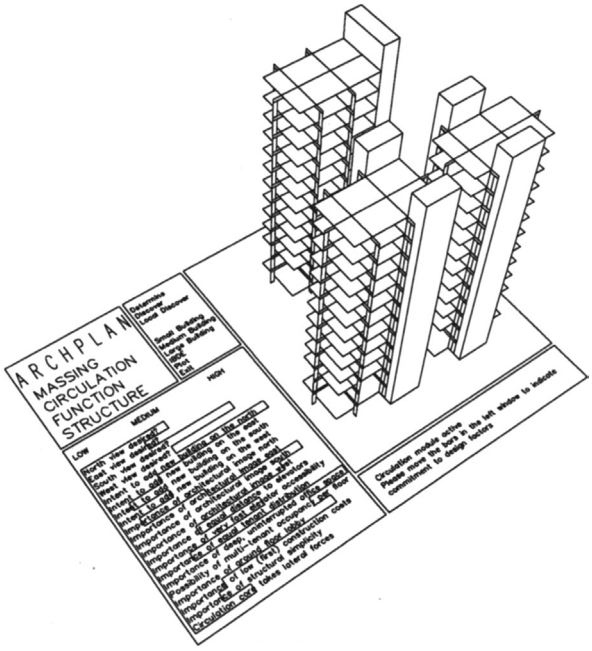
```
STRUCTURE OKVIR                    MATOS S. MALIVUK JOVANOVIC P. BOLJKOVAC I
TYPE PLANE FRAME                   PINTAR Z. BRATIC M. ZIGIC M.
NUMBER OF JOINTS 4
NUMBER OF MEMBERS 4
NUMBER OF SUPPORTS 2
NUMBER OF LOADINGS 1
JOINT COORDINATES
1 X 0.0 Y 0.0
2 X 4.90 Y 0.0
3 X 4.90 Y -4.60  S
4 X 0.0  Y -4.60  S
JOINT RELEASES
4 MOMENT Z
3 FORCE X MOMENT Z
MEMBER INCIDENCES
1 1 2
2 2 3
3 3 4
4 4 1
MEMBER PROPERTIES PRISMATIC
1 AX 0.8  IZ 0.066
2 AX 0.32 IZ 0.00426
3 AX 0.44 IZ 0.01108
4 AX 0.32 IZ 0.00426
CONSTANTS E 3000000 ALL
LOADING 1 SVE SKUPA SA VL. TEZ.
MEMBER LOADS
1 FORCE Y UNIFORM W -13.3
1 FORCE Y CONCENTRATED P -155.8 L 1.675
1 FORCE Y LINEAR WA 0. WB -33.50 LA 1.675 LB 3.2875
1 FORCE Y LINEAR WA -33.50 WB 0. LA 3.2875 LB 4.90
2 FORCE Y LINEAR WA -6.5 WB -9.60
3 FORCE Y UNIFORM W  25.15
4 FORCE Y LINEAR WA -9.60 WB -6.50
TABULATE ALL
TRACE
SOLVE
PROBLEM CORRECTLY SPECIFIED. EXECUTION TO PROCEED.
```



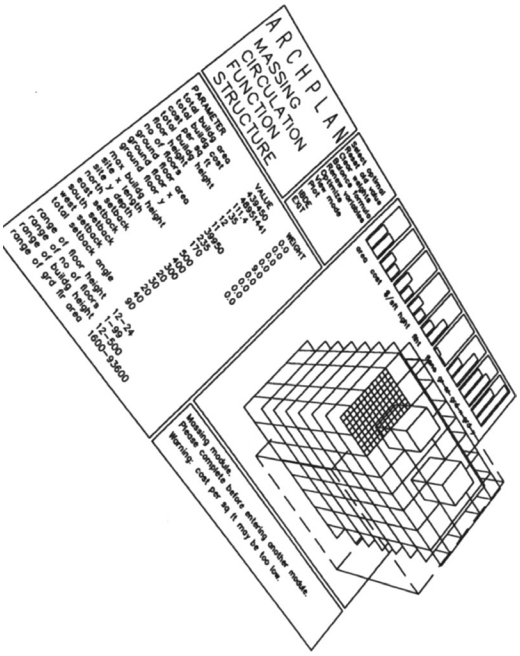
Sl. 6. Ilustracija IT prapovijesti (iz 1972.), lista ispisa unosa podataka u FE program STRESS za obradu statičkog problema na IBM 1130 računala u RC SRCE. Podatke se upisivalo na tzv. fortranske formulare pa onda bušilo na tzv. bušene kartice (posebnim bušilicama kartica). Podaci (paketi kartica) su se pješice ili tramvajem nosili u RC, a isprintani podaci na trakama na krajevima perforiranih papira (ponekad i po kg teški), potom su analizirani i ručno grafički interpretirani. Prikazani rad je rad grupe studenata tadašnjeg međufakultetskog Saobraćajnog studija (9). Sačuvao autor. Tada, veliki uspjeh uvođenja digitalizacije u nastavu Građevinskog fakulteta i Sveučilišnog interfakultetskog studija prometa i RGN fakulteta. Nema još grafičkih stanica, CAD sustava; sve se ručno obrađuje i interpretira!!



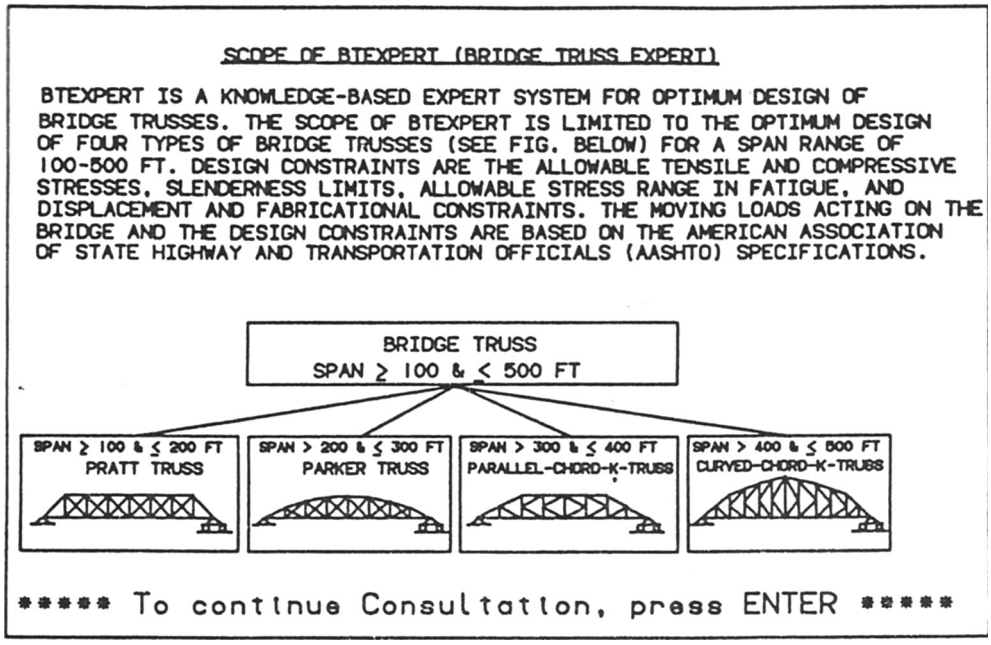
Sl. 7. IBM 1130. Muzejski primjerak ne tako davnog IT hardwarea. Na njemu se "vrtio" STRESS program…



Sl. 8. Sustav ARCHPLAN Gerharda Schmitta (ETH), IABSE COLLOQUIUM Bergamo 1989. , Expert Systems in Civil Engineering.



Sl. 9. Sustav ARCHPLAN Gerharda Schmitta (ETH), IABSE COLLOQUIUM Bergamo 1989. , Expert Systems in Civil Engineering.

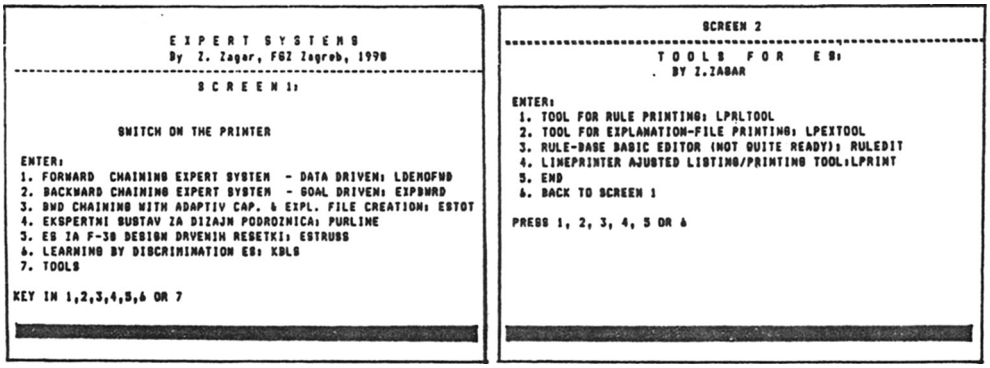


Sl. 10. Uvodni ekran BTEXPERTa za cjelokupni dizajn cestovnih mostova H. Adelija.

Adeli i njegova ekipa tih su godina (1989-tih) razvili niz ekspertnih sustava: RTEXPERT za dizajn čeličnih rešetki, SDL i STEELEX jezik za komunikaciju s ekspertnim sustavom STEELEX, EXOP za optimalni dizajn velikih konstrukcija, PG-BRIDGE1 prototip KBS-a za optimalni dizajn mostova na autocestama, FRAMEX za dizajn čeličnih okvirnih konstrukcija, a koji su svi međusobno povezani.

I mi (na Građevinskom fakultetu u Zagrebu) nismo baš u to vrijeme zaostajali. Unatoč nepremostivim teškoćama u nabavi opreme programske podrške, umreženju. I oportunizmu. Prikazuje se naš (Žagar i suradnici) RB ekspertni sustav za kompletni trodimenzionalni dizajn drvenih okvirnih zgrada od lijepljenog lameliranog drveta. To je bio prvi uopće u svijetu ekspertni sustav iz domene drvenih konstrukcija. Pisan u FORTRAN 5 jeziku, i bio operabilan na main frame UNIVAC komputeru SRCE-a. Diplomski rad dvojice studenata GF (uz našu suradnju). Razvijeni su i RB ekspertni sustavi, naprosto stoga što se smatralo, da su repetitivni proračuni istovrsnih tipova konstrukcija zapravo obezvrijeđenje inženjerske struke. Tako je razvijen i TOY ekspertni primjer, koji je mogao učiti na primjerima, ili korištenjem drugih programa ili pak čiste logike eksperta. Njime (t.j TOY ekspertnom ljuskom) kreirano je nekoliko orijentiranih espertnih sustava (za drvene elemente, drvene rešetke, čelične stupove, pa i za kirurgiju šake i dijagnoze nekih bolesti. Naravno, da je taj razvoj pokazao da se granice znanja pomiču i da je potrebno iz kurikuluma predmeta izbaciti naprosto neinženjerske postupke ili na prethodnim saznanjima zasnovane postupke proračuna i dimenzioniranja elemenata i konstrukcija. Nije ni potrebno navesti, da se sam TOY ekspretni sustav razvio na danas totalno zaboravljenom i u riječkom muzeju kompjutera spremljenom SVI328 stolnom kompjuteru. Kasnije je na osnovu prikupljenog znanja i nabavljene profesionalne ekspertne ljuske GURU kreiran (D. Delić) ekspertni sustav za cjenovno najekonimičniji 3D dizajn hala od lameliranih drvenih nosača na čeličnim stupovima i betonakim temeljima. Kasnije se s ANN sustavima/mrežama stvarali sustavi za dizajn drvenih konstrukcija koji su mogli učiti (i učili su, uspješno) na primjerima. Tako smo razvili niz ekspertnih ANN sustava za dizajn drvenih konstrukcija baziranih na učenju neuralnih mreža (s NeuroShell ljuskom) na pomoću KRB ES generiranim primjerima drvenih konstrukcija, nadopunjenih primjerima u praksi izvedenih drvenih konstrukcija tog tipa. Doprinos su dali A. Bjelanović, D. Delić i drugi moji suradnici. Očekivalo se da će se taj trend dizajna nastaviti… uključivanjem "automatskog" dizajna konstrukcija od drugih materijala. Podrobno je sve opisano u sveučilišnom udžbeniku Žagar: Drvene konstrukcije 1 i 2 (treće izdanje), PRETEI, Zagreb, 2005. A djelimice u mojim skriptama Ekspertni sustavi (1991.).

Pri tome smo jako pazili da ne razvijamo ekspertne sustave za dizajn konstrukcija iz drugih materijala (osim drva), i drugih građevinskih područja. Smatralo se (optimistički) da će se trend razvoja ES a pogotovo tzv. "deap-learning" sustava (ANN) koji uče na na izvedenim i od RB ekspertnih sustava generiranim primjerima razviti i za konstrukcije od drugih materijala, te drugim područjima građevinarstva i



Sl. 11. Prikaz uvodnih ekrana tzv. TOYEXPERT RBES sustava i ljuske za razvoj ekspertnih RB sustava iz raznih domena djelatnosti (iz 1990.). Sustav je mogao i učiti na predočenim primjerima, korištenjem drugih programa i dopisivati nova pravila (rules). Razvijen na (danas nezamislivo!) desktop računalu SVI328, s Z80 procesorom! S tim sustavom (kasnije prebačenim na tada nam dostupno PC IBM 486 računalo), razvijeni su prvi primjeri KB ES za dizajn nekih tipova konstrukcija od drveta (podrožnica, nekih tipova rešetki). Pa i medicinske dijagnostike kirurgije šake (pokusi Prof. dr. S. Davile s KBC Rebro)! Sustav je nazvan TOY ES, jer smo se njime "igrali"u istraživanju granica i mogućnosti tadašnjih ES.

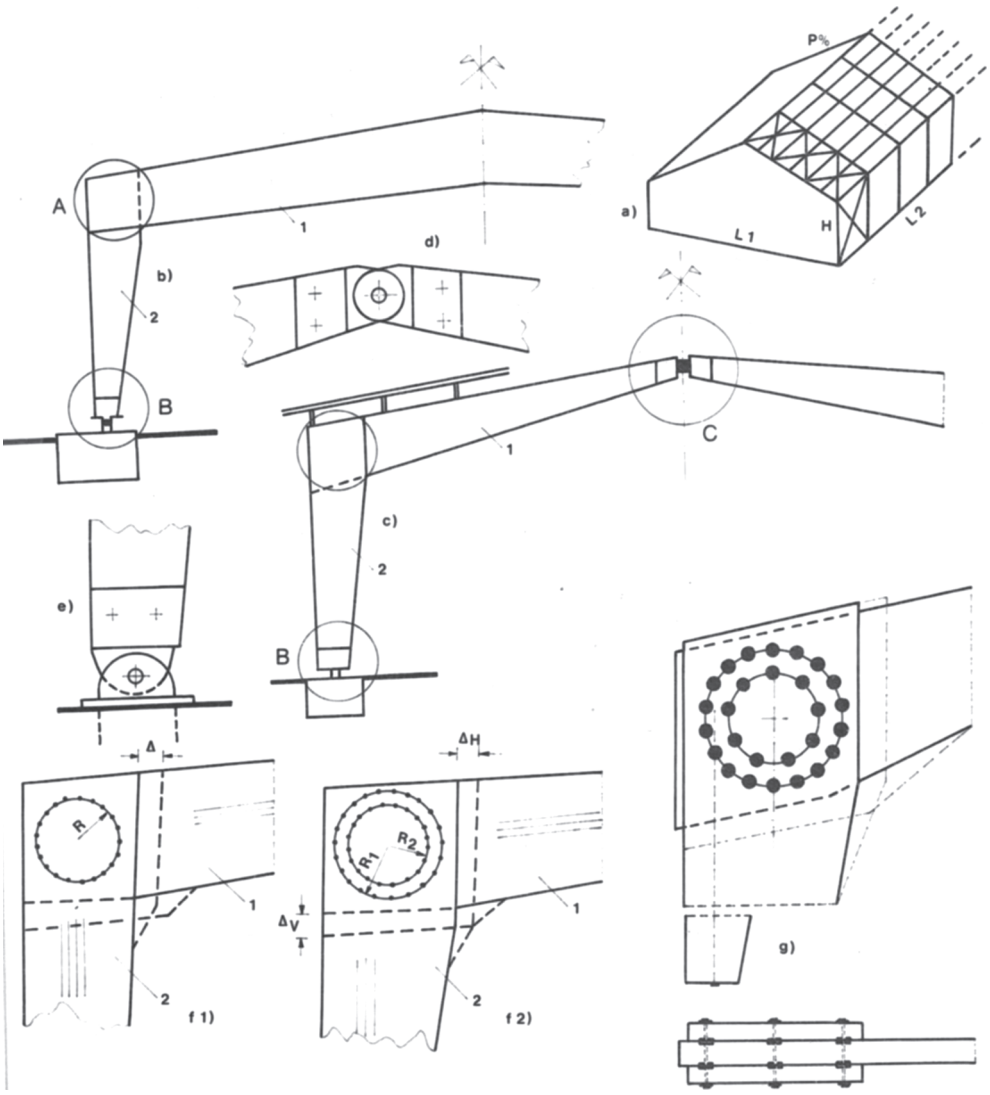
arhitekture. Ipak smo interno razvijali i koristili ES za dizajn elemenata betonskih konstrukcija, te ICES STRUDL 2 modul za automatski dizajn čeličnih konstrukcija.

Pokazalo se, da se i tada novi EC propisi mogu prikazati u oblike ekspertnih sustava smještenih na mreži (tada se nije naslućivalo "oblak"). Smatrali smo tada da bi mogli biti smješteni na webu kao sustav brokera (Fenves i Garrett Jr.). Od toga se naravno nije ništa u tom obliku ostvarilo, bar do sada. No ostvaruje se u "oblaku". Na primjer kao ilustracija može se navesti WEB applet za izračun rešetki na: http://emweb.unl.edu/Mechanics-Pages/Nicholas-Loomis/trussApplet.html

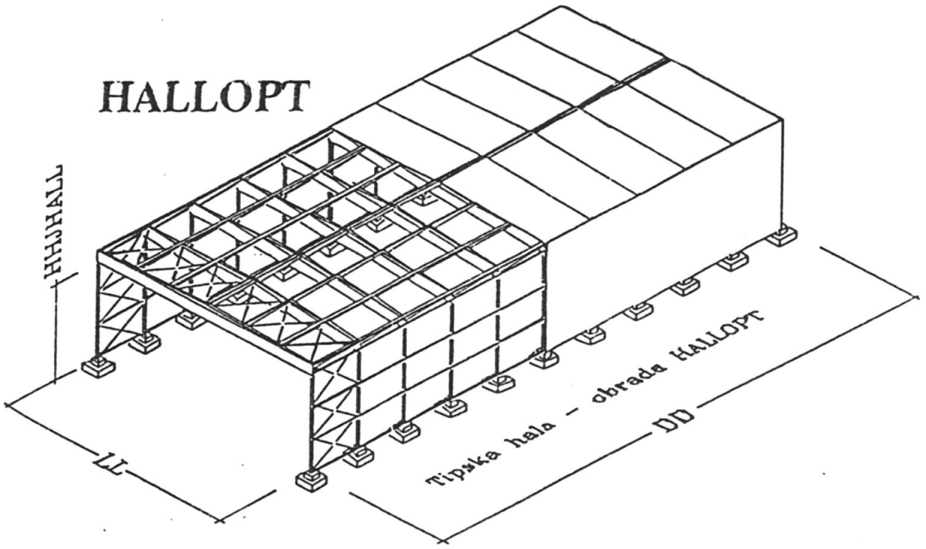
Dokazali smo, da se sve drvene konstrukcije mogu projektirati s ANN (deep learning), na primjerima izvedenih i CAD/FEM generiranih i analiziranih drvenih konstrukcija. Vjerojatno moguće i kod drugih konstrukcija iz drugih materijala. Sve to pokazuje potrebu totalne promjene u načinima edukacije studenata građevine. Mnoga znanja kojima smo bili "trenirani" u vrijeme ručnih kalkulacija, šibera, T-ravnala, u doba kad nije bilo kompjutera, danas nije potrebno učiti, ali ih se ne smije i zaboraviti.

Predpostavlja se, da neke vještine i postupci danas više (niti jednom inženjeru ili ekspertu) nisu potrebni, i da samo nepotrebno opterećuju kurikulume studija nepotrebnim vještinama. Npr. kome je još od građevinskih inženjera – konstruktora potrebno znanje rješavanja višestruko neodređenih sustava postupcima metode sila, ili Crossov, ili Kanijev postupak, Clayperonove jednadžbe za rješavanje kontinuiranih

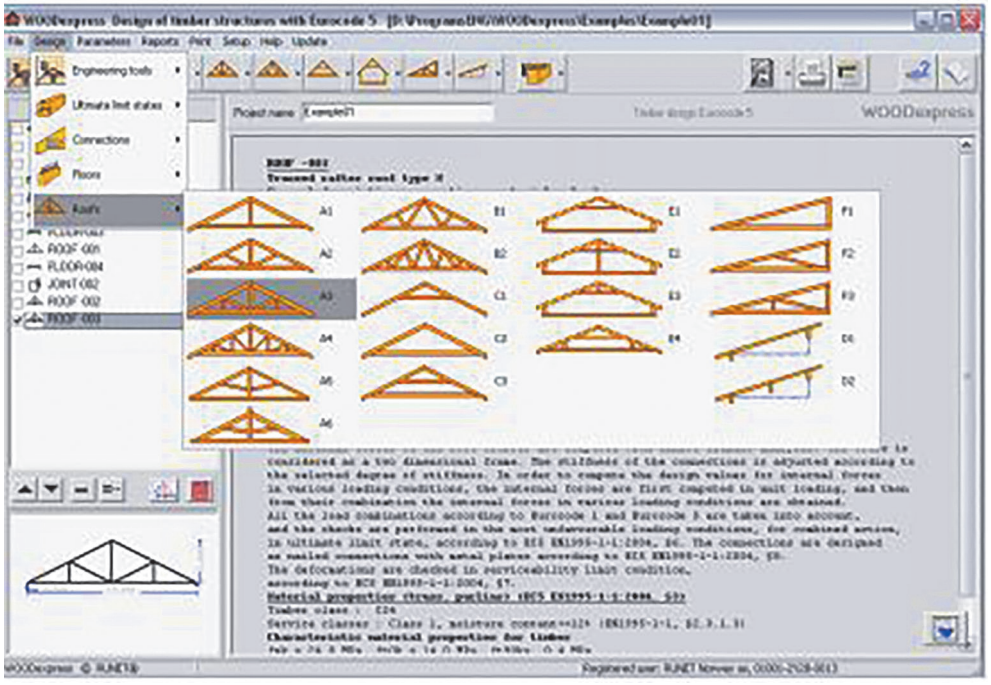
nosača, Cremonin i Wiliotov plan sila i pomaka, postupci stalnih točaka, elastično težište lukova, konstrukcije verižnih poligona, grafičke metode provjera tlačnih linija svodova, pa i onda i nekoć potrebni MTN dijagrami, i sl….. Također i cijela metoda i postupci dizajna po tzv. dopuštenim naprezanjima je danas povijest jednog velikog inženjerskog promašaja. No, svakako **ne bi trebalo ni zaboraviti** cijeli taj spektar/sklop znanja i građevinskih ostvarenja baziran na tim pred-EC standardima (postupci dimenzioniranja nosivih konstrukcija metodama dopuštenih



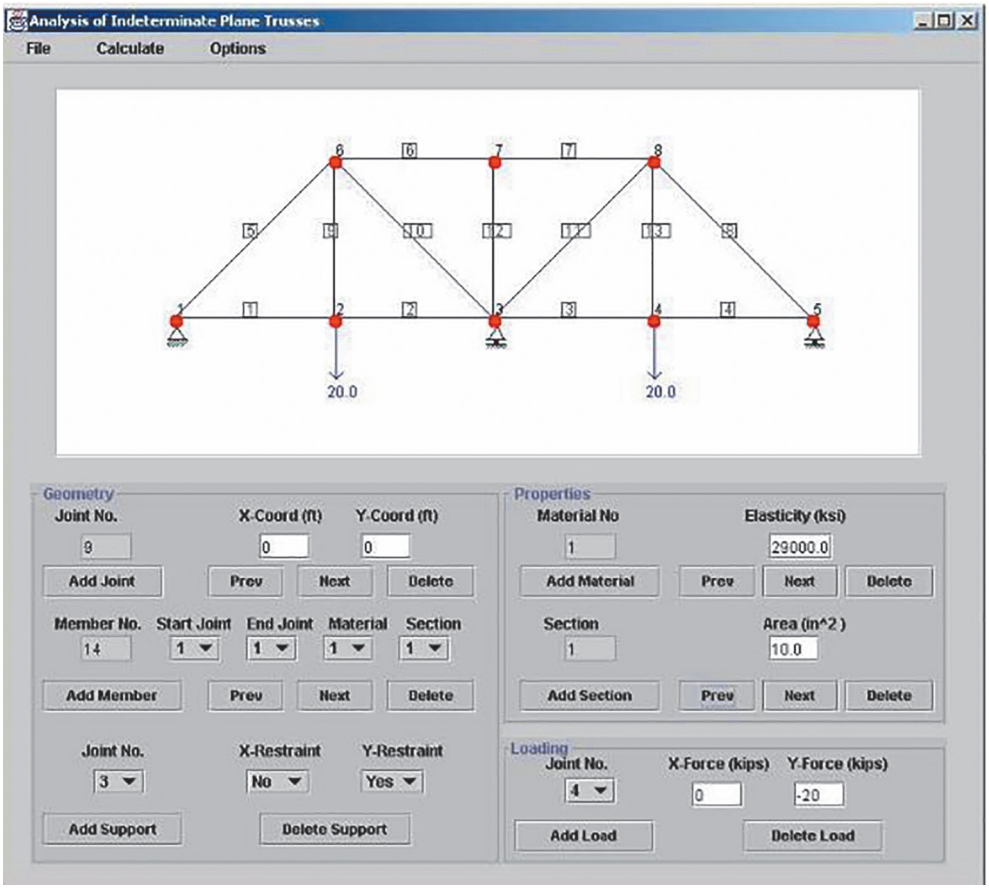
Sl. 12. Iz povijesti ES: Z. Žagar, Ekspertni KRB sustav za kompletni dizajn 3D dvo– i trozlobnih okvirnih hala od lameliranog drveta. IABSE COLLOQUIUM Bergamo 1989. , Expert Systems in Civil Engineering.



Sl. 13. RB ES HALLOPT, za cjenovno optimalni totalni dizajn prikazanih 3D tipskih hala, s lameliranim nosačima na čeličnim stupovima na betonskim temeljima D. Delića, u (2).



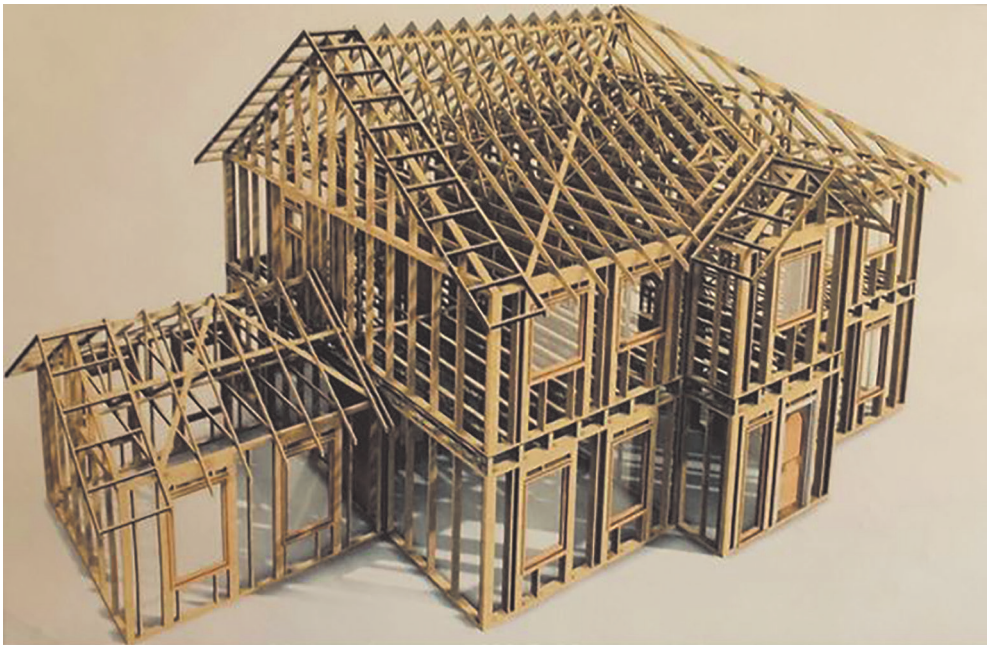
Sl. 14. Prikaz panela suvremenog ekspertnog sustava WOODEXPRESS TRADA, za dimenzioniranje tradicionalnih oblika drvenih krovnih rešetki (prema EC5 standardima). Postoji sličan na tabletima. Slični appletsi postoje i za druge tipove konstrukcija od drveta, betona, čelika, te proračune niza konstrukcija. Postoje i appletsi kao STEELEXPERT, RC-EXPERT, STAIREXPERT i sl.



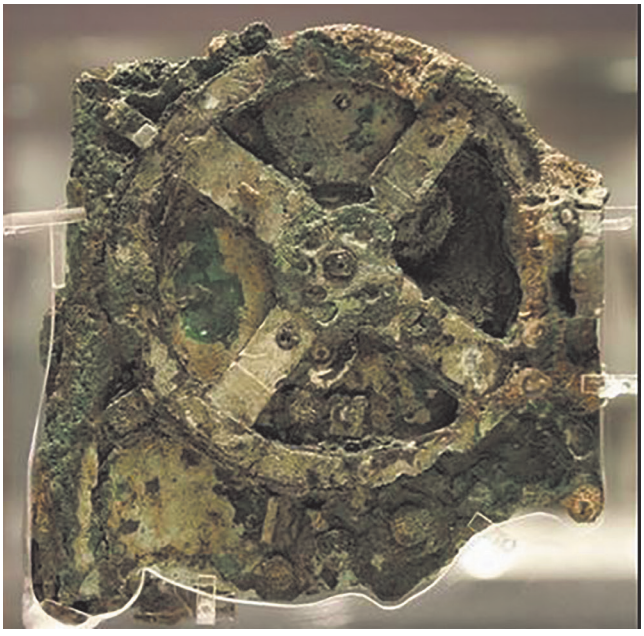
Sl. 15. Primjer appletsa na WEBu. Prikaz upisnog panela (Java) appleta za proračun i dimenzioniranje statički neodređenih rešetki, kojeg su s drugim appletsima za proračun konstrukcija razvili Kamal B. Rojiani, B. Schottler i C. J. Via Jr. (Java Applets for Structural Analysis), s Department of Environmental Enginnering Virginia Polytechnic Institute i State University, Blackburg, Virginia.

napona)….a o čemu je napisano "brdo" biblioteka: knjiga, publikacija i znanstvenih radova… i projektirano i izvedeno na desetine tisuća i tisuće (milioni) građevina. No vrijeme teče i mijenjaju se okolnosti, potrebe, sadržaji….

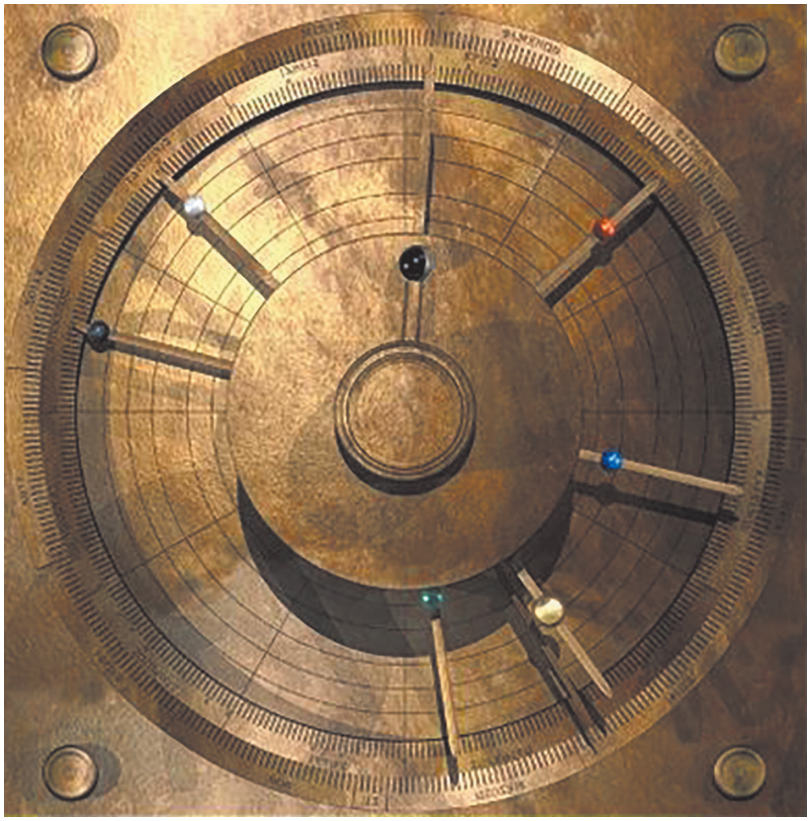
Na web stranici http://www.engineersedge.com/calculators.htm navodi se veliki broj dostupnih appletsa (kalkulatora) za dizajn i proračun niza konstruktivnih detalja i strukturalnih entiteta od raznih materijala, kao i kalkulatora opterećenja, a kojima se mogu služiti inženjeri i studenti u svakodnevnom poslu i učenju i radu na terenu. Postoji danas niz takvih WEB stranica. Takvi su i programi za izračun spojeva i detalja u drvenim konstrukcijama, razvijeni u TRADA i dostupni s njihove Web stranice. Jedan od tih je npr. i program STEP za brzi dizajn tipičnih nosivih elemena drvenih konstrukcija i kontrolu spojeva u drvetu (prema EC5), čime je



Sl. 16. Suvremeni CAD design drvenih konstrukcija. CAD nacrti SE šalju CAM strojevima za robotsku izradu elemenata zgrade.



Sl. 17. Antikhytera mehanizam (astroglob) izronjen 1900. Predpostavlja se izrada u vrijeme Arhimeda. Prije cca 2250 godina. Znanje potrebno za izradu datira i više stoljeća prije same izrade. https://www.youtube.com/watch?v=nZXjUqLMgxM i videolinkovi s te stranice



Sl. 18. Antiknytera rekonstrukcija. Zaboravljeno znanje, umijeće i tehnologija. Rekonstrukcija: https://www.youtube.com/watch?v=UpLcnAIpVRA

bitno smanjen tediozni/mukotrpni i odbijajući proračun nosivosti, sigurnosti i upotrebljivosti drvenih konstrukcija prema EC5 standardima. Dobiva se i dojam da su EC standardi i pisani s namjerom eliminacije svih ručnih kalkulacija nosivosti, sigurnosti i upotrebljivosti svih tipova konstrukcija. To usmjereno vodi ka proračunskim modelima i korištenju CAD orijentiranih proračunskih paketa i dokidanju ručnih "provjera" i kalkulacija. Na http://www.structuresapps.com/SA/Home.html promovira se jedan takav applet.

Studentima bi bio zasnimljiv (za njih besplatni demo sustav), MasterSeries PowerPad, student edition 2015, koji se može dograditi na profesionalnu razinu. Odatle bi trebalo početi konstruktersku edukaciju. Neke se "drage činjenice" treba outsursati…

Tako se upravo u Finskoj ukida predmet pisanja rukom. U nekim zemljama ta vještina je već ukinuta. Postoje danas tableti…pametni uređaji… IT tehnologija, informatika… 3D printeri, virtualna realnost, ougmentirana realnost, i ubrzo (u razvoju)

kinematografska stvarnost (cinematic reality) Magic Leap, što će uvesti revolucionarne promjene i u edukativne sustave.

Pa tiho su i nestali pisaći strojevi…logaritamska računala… mehanički i elektromehanički računski strojevi (TRS, FACIT i sl.) itd…Pa i prvi ručni kalkulatori (sjećate li se SINCLAIR računala), main frame računala (UNIVAC SRCE, FUJICU-FACOM INUG,…), PDP-a, VAX-a itd.. te desktop kompjutera…No te vještine korištenja (kao i uređaji i konstruiranje tih uređaja) ne bi trebali biti zaboravljeni, već se moraju aktivno prezervirati, kao povijesni dokazi razvoja tehnologija, vještina, prošlih znanja i nekoć ingenioznih dovitljivih postupaka rješavanja aktualnih problema. Dapaće, na tim novim arheološkim studijima se trebaju ta znanja i vještine održavati (kao što se to čini u religijama) i ako je moguće razvijati nove CAD, IT i ES, te postupke zasnovane na tim tako sačuvanim "tradicijama" struka. I na AI.

Prikazuju se dva primjera iz prošlosti struke i edukacije: jedan sa mojeg studija građevine, iz predmeta Teorija konstrukcija (prof. E. Erlich), 1952. sačuvanih bilješki o konstrukciji uticajnih linija za rešetke. Drugi je primjer je uzet iz literature tog vremena: znanstveni rad L.A. Beaufoy: Open-Spandrel Arch Analysis Assuming Continuity of Structure. Reprodukcija jedne stranice tog rada iz mojih onodobnih fotokopija tog rada. Citiran je i u inženjerskim memoarima IABSE (http://retro.seals.ch/digbib/view?pid=bse-me-001:1953:13::52). IABSE sustavno radi reprinte prijašnjih objavljenih inženjerskih znanstvenih dostignuća.

Danas sve potpuno irelevantno za proračune konstrukcija. Treba i napomenuti da je u to vrijeme već bio razvijan i operabilan (na strateškoj razini DF USA) program

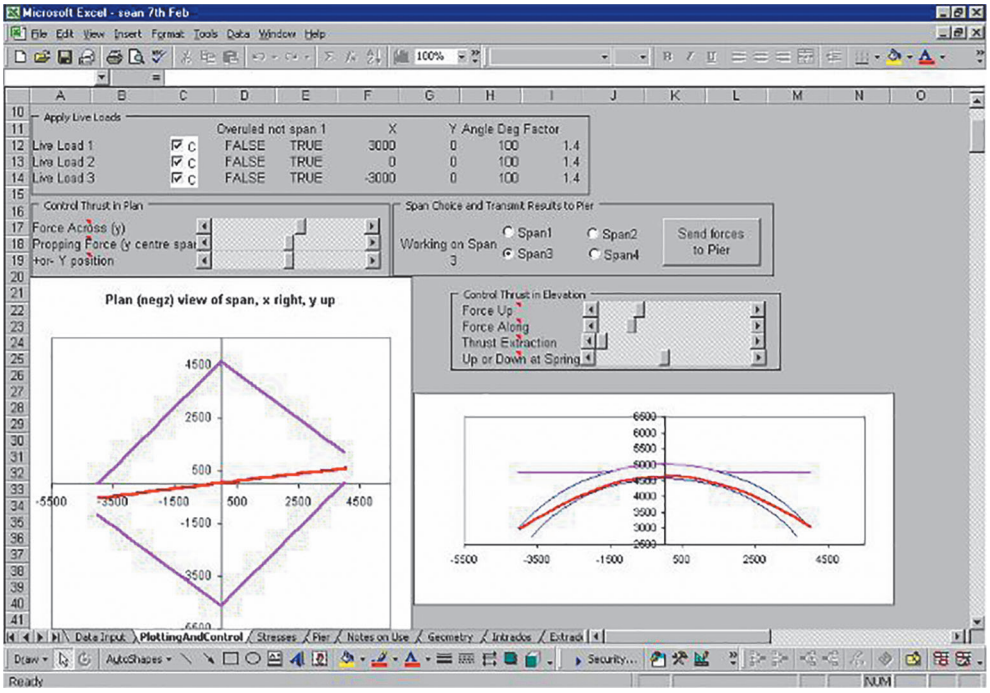


Sl. 19. Nedovršeni megalitni obelisk (oko 1200 t) u Baalbeku. Izgubljena tehnologija i znanje. Također treba pogledati video na: https://www.youtube.com/watch?v=SmWum2RKwW0

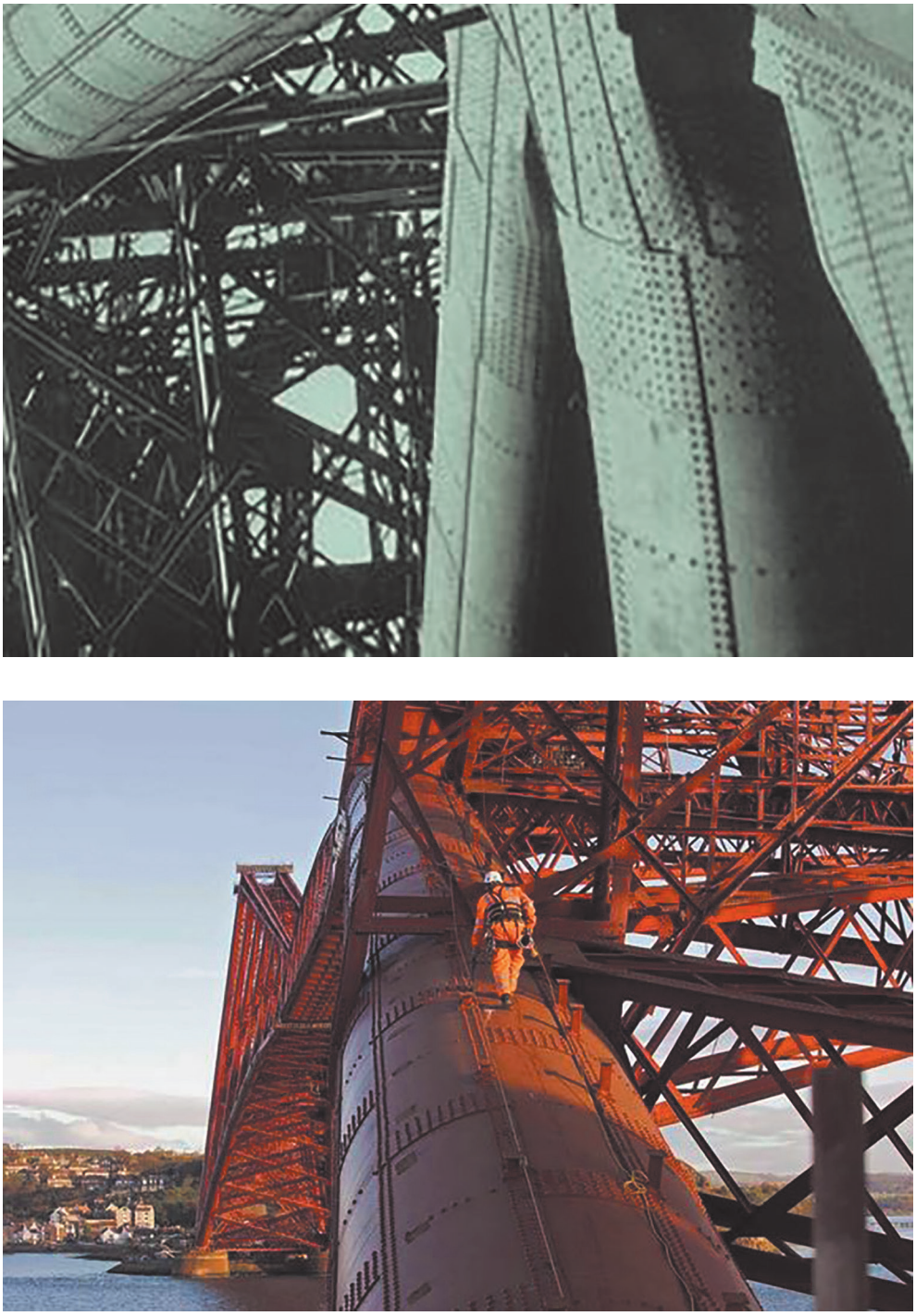
STRESS, o kojemu nismo još dugo vremena ništa čuli (recimo do 1971.), kao i o primjenu kompjutora u inženjerskim strukama. Doprinos prvoj kompjuterizaciji u konstrukterstvu dali su u tadašnjem IPZ-u pokojni ing. Krsto Koščević (bio jedno vrijeme u predstavništvu IBM-a), a u RC Jugomonta dr. Ing. Mladen Bandić. I nakon uvođenja kompjuterskih analiza u dizajn mostova u grupi M1 u IPZ-u (Zagreb), još su se neko vrijeme provodili paralelni manualni i digitalni proračuni konstrukcija (već se i koristio ICES STRUDL2, tada operabilan na mainframe računalima), zbog "nepovjerenja" u taj ("novi") digitalni medij matričnog FE proračuna konstrukcija.

Vjerojatno je da više nitko od konstruktera i ne zna postupke, s kojima smo se nekoć opsežnom (ručnom) numerikom (beskorisno) namučili! I ne sjeća se knjiga iz kojih smo te postupke učili, te programa koje smo radili: ručno računali (devetični ostatak!), izrađivali programe i rukom crtali…tušem po hameru… ponekad i raznobojno. Pogotovo crteže zakivanih konstrukcija! Sve je to trebalo sačuvati.

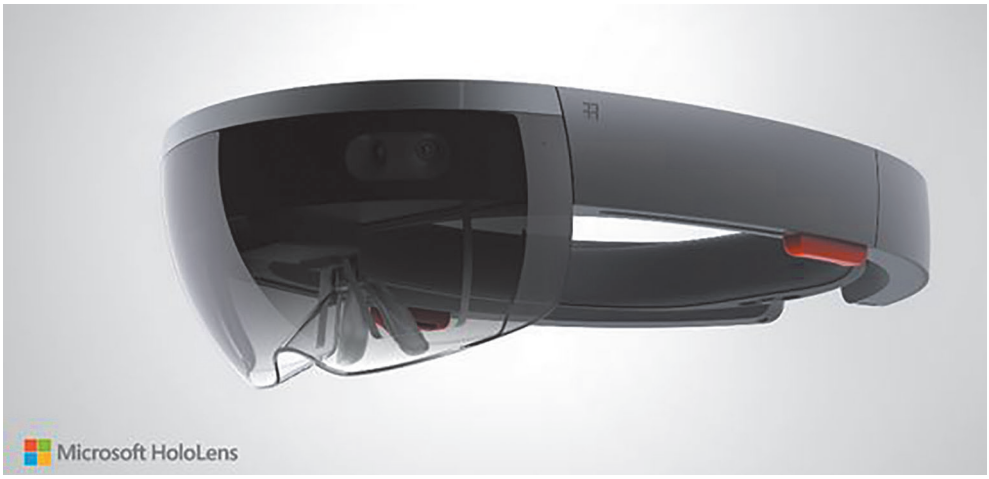
Takvih pobrojanih primjera tehničkih postupaka ima bezbroj i u drugim znanostima i bilo bi šteta zaboraviti ih. Poneki postupci se mogu i (iznenađujuće) revitalizirati u novoj IT –CAD pogodnoj formi, kao što je revitalizacija postupka s verižnim poligonima u RHINOCEOS 4.0 i GRASSHOPPER s Rhinoscriptom (8).



Sl. 20. 3D grafički prikazi analize položaja tlačnih linija svodova zidanih svođenih željezničkih mostova pruga u VB. Revival jedne (pra)stare ideje primjene verižnog poligona u novom ruhu korištenjem EXCELa.



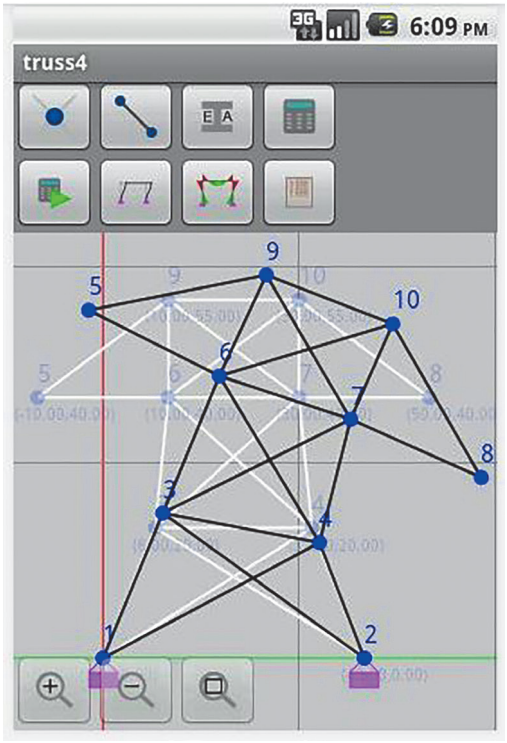
Sl. 21. Detalji zakivane konstrukcije čelične konstrukcije mosta Firth of Forth (1980.). Danas teško zamislivog poduhvata izvedbe prostorne zakivane konstrukcije (osam miliona zakovica).



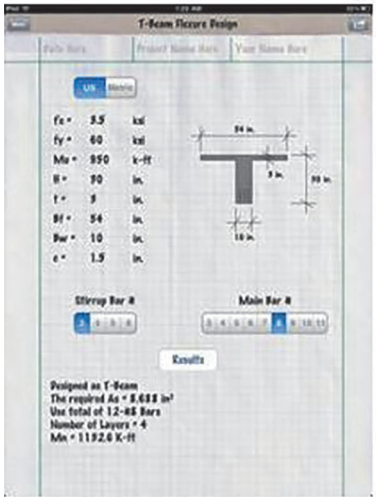
Sl. 22. Microsoft HoloLens kompjuter s holografskim prikazom unapređene stvarnosti (augmented reality). Možemo si zamisliti posljedice CAD dizajna u VR prostoru.
http://www.tportal.hr/gadgeterija/tehnologija/366809/Microsoftov-HoloLens-nije-ono-sto-mislite-da-jest.html?utm_source=clanci&utm_medium=manual2&utm_campaign=clanci_manual

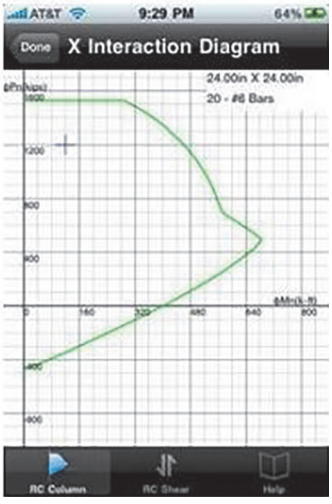


Sl. 23. Bivši dekan AF u Zagrebu s OculusRiftom (snimio R. Vdović).



Sl. 24. Primjer android aplikacija za proračun 2D rešetki. Novi pristupi:
https://play.google.com/store/apps/details?id=com.teobou





Sl. 25. iPhone aplikacija za dimenzioniranje armirano betonskih presjeka. RC Beam and RC Design:
http://www.theappreviewzone.com/guest_reviews/10-awesome-iphone-apps-for-engineers/
Slično: http://appcrawlr.com/ios/rc-beam
U relativno kratkom vremenu ostvario se put od "šibera" do iPhone aplikacija.



Sl. 26. Jedan drugi pogled na u kamenolomu nedovršeni obelisk: zaboravljene manipulativne tehnologije.

Također treba navesti i da se (iznenađujuće) novi kompjuterski alati mogu koristiti u istraživanju klasičnih problema. Navodi se tako recentni rad B. Harveya i E. Manndela koji su koristili spreadsheet EXCELa za grafičko numeričku 3D analizu položaja tlačnih linija zidanih svodova (željezničkih mostova u Engleskoj).

Ne navodi se više primjera, jer ih ima bezbroj. Sve je posljedica naglog razvoja IT i već sada i početnog (munjevitog) razvoja (IoT), sve prisutnog svudašnjeg (ubiquitous) kompjutinga, te eksplozije podataka, kojima više ni klasični mediji korištenja informacija nisu dorasli. Ne treba smetnuti s uma da se implementacije IoT (interneta predmeta) predviđa do 2020. (izvještaj njemačkog ministarstva znanosti i obrazovanja **INDUSTRIE 4.0**, iz travnja 2013), odnosno **Vint research reports** (1,2,3,4) dokumentaciju, napretka IT. Nismo se još ni dotakli, robotike u graditeljstvu, virtualne realnosti i dizajna u tom mediju budućnosti: 3D VR CAD-a, kinematografske realnosti (Magic Leap), a niti 3D printinga. Naime 3D printing se ne odnosi samo na male predmete, već i veće cjeline, npr. isprint cijelih zgrada.

Znanje brzo zastarjeva i bilo bi opasno samo ga zaboraviti, jer ćemo se ubrzo naći u situaciji da i ne znamo da je nekoć to znanje postojalo, bilo živo i koristilo se u razvoju današnjih znanja. Nažalost, bojim se da smo u čuvanju prošlih znanja već zakasnili. Puno toga prošlog znanja i vještina je već propalo, zaboravljeno, no neka se još danas predaju na edukacionim ustanovama, gdje opterećuju kurikulume nastave budućih eksperata područja koje mi danas i ne naslućujemo. Npr. moguće spajanje (merging) navedenog programa za 3D prikaz analize tlačnih linija zidanih

svodova mostova s virtalnom realnosti (ili s CAD kinematografskom realnošću). Ti primjeri zorno predoćuju potrebu AKTIVNIH čuvanja prošlih tehničkih (a vjerojatno i drugih) danas "pasee" znanja. Očito je da se CIJELA EDUKACIJA inženjerskih struka mora promijeniti. Kao i sama arheologija.

Literatura

[1] Web stranica: http://zimo.dnevnik.hr/tehnologija/ovo-su-dokazi-da-zivimo-u-buducnosti-1/10205#.VJAybXvLVVd

[2] Z. Žagar, Ekspertni sustavi, skripta, Građevinski fakultet Zagreb, 1991.

[3] Materijali IABSE COLLOQUIUM Bergamo 1989, Expert systems in Civil Engineering,

[4] Jamer H. Garrett, Jr. IABSE SURVEYS S-45/90 Knowledge-Based Expert Systems: Past, Present and Future, IABSE Periodica 3/1990.

[5] Symposium Report, Computers in the Practice of Building and Civil Engineering, ECCE Symposium, Lahti, Finska, 1997.

[6] D. Delić: Design of structural elements by use of Expert Networks, u (5), 141-146.

[7] Z. Žagar, A. Bjelanović: CN (EC5) Standards for design of Timber Structures in Expert System Form u (5), 228-232

[8] Zoran Boševski, seminarski rad, doktorski studij Arhitektonski fakultet, 2010.

[9] Z. Žagar: NOSIVE KONSTRUKCIJE: STRESS rješavač inženjerskih problema, skripta, Saobraćajni studij Sveučilišta u Zagrebu, 1975.

[10] Z. Žagar: Ekspertni sustavi, Ceste i mostovi, br. 3, god. 39, 1993., 51-59.

[11] Zvonimir Žagar, Kako nadvladati zasade naslijeđa u školovanju građevinskih inženjera (I dio), Tehnika, Naše građevinarstvo, god 60-2006, br.4, 8-14.

[12] Zvonimir Žagar, Kako nadvladati zasade naslijeđa u školovanju građevinskih inženjera (II dio), Tehnika, Naše građevinarstvo, god 60-2006, br.5, str. 13-18.

[13] ICT ART CONNECT activities linking ICT and art, past experience future activities, ICT ART CONNECT, study, December, 2014. (www.ictartconnect.eu)

[14] Web stranica: www.kurzweile.net/forums/

[15] C. A. Felippa, A Historical Outline of Matrix Structural Analysis, A Play in Three Acts, Dept. Of Aerospace Eng. Sciences, University of Colorado, Boulder, Colorado, 2000.

[16] Karl-Eugen Kurrer, The History of Theory of Structures, From Arch Analyses to Computational Mechanics, Ernst$Sohn, 2008.

[17] Bill Harvey, Edward Mannder, Thrust line analyses of complex masonary structures using spreadsheets, Historical Constructions, P.B. Lourenço, P. Roca (Eds), Guimareas, 2001. (521-528).

[18] http://www.theappreviewzone.com/guest_reviews/10-awesome-iphone-apps-for-engineers/

[19] https://www.youtube.com/watch?v=h6H13Mi6Kds&list=PL1z7PPN1xHE2vdY-do5M4HS9rIyXgleCY-&index=16

[20] http://www.amazon.com.au/ETB-Engineering-Concrete-Beam-Designer/dp/B004Y1PLQ4

[21] https://itunes.apple.com/us/app/steel-columns-checker./id510791857?mt=8

[22] http://www.bbc.com/news/science-environment-31450389

[23] Vint research report 3, 2015: https://us.sogeti.com/wp-content/uploads/2014/04/Big-data-report-4.pdf

[24] Povijest filozofije tehnike– radovi– EDZ sekcije 2012.-2016. Urednici: Z. Benčić, J. Moser; Biblioteka Elektrotehničkog društva Zagreb, KIKLOS-krug knjige d.o.o., Zagreb 2017.

Pregled

Pregled aktivnosti Akademije tehničkih znanosti Hrvatske u 2019. godini

Akademija tehničkih znanosti Hrvatske (HATZ) osnovana je 19. siječnja 1993. godine pod nazivom Hrvatska akademija tehničkih znanosti kao organizacija koja okuplja renomirane domaće i inozemne znanstvenike. Danas HATZ okuplja više od 350 članova koji svojim radom i djelovanjem doprinose tehničkoj i biotehničkoj znanosti a samim time i hrvatskoj tehničkoj i industrijskoj baštini.

Kako bi radila na svom razvoju i napretku Akademija je 2000. godine postala ravnopravna članica CAETS-a, Međunarodnog vijeća akademija tehničkih znanosti i inženjerstva sa sjedištem u Williamsburgu, Virginiji, SAD-u, a 2005. godine i članica Euro-CASE-a, Europskog vijeća akademija primijenjenih znanosti, tehnologija i tehničkih znanosti sa sjedištem u Parizu, Francuskoj. Od 2009. godine Akademija ima status znanstvene organizacije u sustavu nadležnog Ministarstva.

Dana 13. veljače 2019. godine predsjednik Akademije tehničkih znanosti Hrvatske (HATZ), prof. dr. sc. Vladimir Andročec primio je u radni posjet gospodina Sebastiana Belza, glavnog tajnika European Platform of Transport Sciences – EPTS Foundation (EPTS). Tom prilikom HATZ-u je uručena potvrda o članstvu HATZ-a u EPTS-u. Potpisan je i bilateralni sporazum o suradnji između EPTS-a i HATZ-a, a razmotrena je i inicijativa o uspostavi Europskog dana kulture u prometu za vrijeme hrvatskog predsjedanja EU 2020. godine.

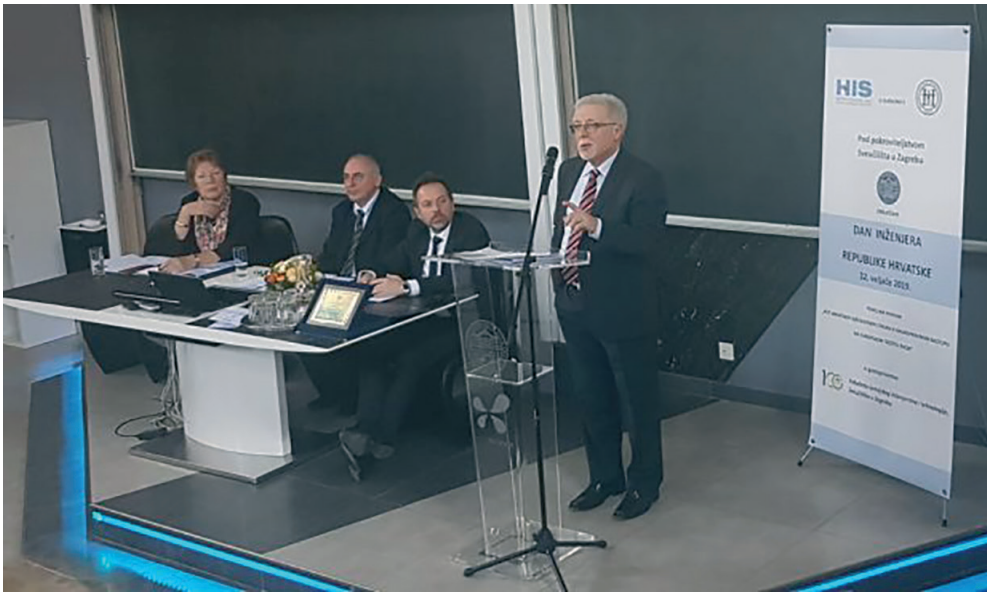
Suradnjom Hrvatskog inženjerskog saveza i Akademije tehničkih znanosti Hrvatske, 22. veljače 2019. godine obilježen je po peti put Dan inženjera Republike Hrvatske.

Skup su pozdravili prof. dr. sc. Tomislav Bolanča, dekan Fakulteta kemijskog inženjerstva i tehnologije, Sveučilišta u Zagrebu, prof. dr. sc. Vjera Krstelj, predsjednica Hrvatskog inženjerskog saveza – HIS, te pokrovitelji i visoki uzvanici.

Pozvana predavanja održali su prof. dr. sc. Miljenko Šimpraga, prorektor za inovacije, transfer tehnologije i komunikacije Sveučilišta u Zagrebu; prof. dr. sc. Bruno Zelić, predsjednik Vijeća tehničkog područja Sveučilišta u Zagrebu i predsjedatelj



Sl. 1. Potpisivanje bilateralnog sporazuma o suradnji između EPTS-a i HATZ-a 13. veljače 2019. Slijeva nadesno: prof. dr. sc. Vladimir Mrša (Glavni tajnik HATZ-a), prof. dr. sc. Vladimir Andročec (Predsjednik HATZ-a), prof. dr. sc. Nikola Čavlina (Predsjedatelj Odbora za međunarodnu suradnju HATZ-a), prof. dr. sc. Hrvoje Gold (Tajnik Odjela prometa HATZ-a), Sebastiana Belz (Glavni tajnik EPTS), prof. dr. sc. Tomislav Josip Mlinarić (Dekan Fakulteta prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu) i izv. prof. dr. sc. Borna Abramović (Voditelj Katedre za organizaciju željezničkog prometa Fakulteta prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu). Izvor: HATZ



Sl. 2. Izlaganje prof. dr. sc. Vladimira Andročeca (Predsjednika HATZ-a) na Danu inženjera RH, 22. veljače 2019. Izvor: HATZ

Savjeta centara HATZ-a te Zdravko Jurčec, dipl. ing. predsjednik Društva građevinskih inženjera Zagreba, DGIZ.

Skupu su se putem uvodnih izlaganja obratili predsjednica HIS-a prof. dr. sc. Vjera Krstelj i predsjednik HATZ-a prof. dr. sc. Vladimir Andročec.

Kompanija Tehnix, dugogodišnji i ugledni podupirući član HATZ-a, 25. i 26. veljače 2019. godine u Dubrovniku, organizirala je i održala Međunarodnu tehnološku konferenciju o zaštiti Jadranskog mora i održivom gospodarenju komunalnim otpadom u gradovima uz jadransku obalu, na kojoj su sudjelovali i članovi HATZ-a.

Posebnu snagu i značaj dalo je sudjelovanje g. Ivana Vilibora Sinčića, predsjednika Odbora za zaštitu okoliša i prirode Hrvatskog sabora, g. Tonina Picule, zastupnika u EU Parlamentu, prof. dr. sc. Vladimira Andročeca, predsjednika HATZ-a, prof. dr. sc. Slavena Dobrovića s Fakulteta strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, g. Danijela Žamboki, pomoćnika ministra MGIPU, te ostalih značajnih eksperata u zaštiti okoliša, znanstvenih institucija, predstavnika gradova i općina, gospodarstvenika, HBOR-a i Hrvatskih voda, što je dobar primjer suradnje znanosti i gospodarstva a što je i jedna od najznačajnijih zadaća naše Akademije.



Sl. 3. Sudjelovanje članova HATZ-a na Međunarodnoj tehnološkoj konferenciji o zaštiti Jadranskog mora i održivom gospodarenju komunalnim otpadom u gradovima uz jadransku obalu, 25. veljače 2019. Izvor: Tehnix d.o.o., Donji Kraljevec

Dana 3. travnja 2019. godine u Domu HATZ-a održana je druga radionica posvećena inovativnom radu i patentiranju pod naslovom "Patenti i patentna prijava". Na radionici su izlaganja održali Neven Marković, dipl. iur., tajnik Saveza inovatora Zagreb, Davor Andreis, patentni inženjer iz Saveza inovatora Zagreb i prof. dr. sc. Dubravko Rogale, potpredsjednik HATZ-a.

Teme radionice su bile: temelji pravne zaštite novih proizvoda u RH i inozemstvu, izrada patentne prijave i temelji upravnog postupka, komercijalizacija inovacija, praktična iskustva tijekom inoviranja i patentiranja i rasprava o novom Zakonu o patentu u RH s prijedlozima zaključaka.



Sl. 4. Sudionici Radionice „Patenti i patentna prijava", 3. travnja 2019. Izvor: HATZ

Od 10. do 12. travnja 2019. godine održao se SED 2019 / Summit energetske demokracije, najkompleksniji skup vezan uz energetiku u Hrvatskoj na kojem je nazočilo više od 400 sudionika te gotovo 150 vodećih lidera industrije iz 13 zemalja diljem svijeta.

Prilikom svečanog otvaranja SED-a 2019 prigodne govore održali su predsjednik summita dr. sc. Goran Granić, redoviti član HATZ-a i prof. dr. sc. Vladimir Andročec, predsjednik Akademije tehničkih znanosti Hrvatske, koja je ujedno bila i partner skupa putem Odjela energijskih sustava.

Akademija je u 2019. godini održala 18 sjednica Uprave, 4 sjednice Predsjedništva, 2 sjednice Znanstvenog vijeća, 2 sjednice Gospodarskog vijeća i 1 sjednicu Skupštine te niz sjednica ostalih tijela Akademije (Odjela, Odbora i Centara).



Sl. 5. Svečano otvaranje SED-a 2019 prigodnim govorom prof. dr. sc. Vladimira Andročeca, 10. travnja 2019. Izvor: HATZ

U Zagrebu je 20. svibnja 2019. u Auli Sveučilišta u Zagrebu održana 37. godišnja skupština Akademije tehničkih znanosti Hrvatske (HATZ). Skupštini su, uz članstvo Akademije, prisustvovali i brojni ugledni gosti iz znanosti, kulture, gospodarstva i državne uprave. Na sjednici su dodijeljene diplome za nagrade HATZ-a za 2018. godinu, medalje HATZ-a, te diplome za izbor novih članova suradnika i članova emeritusa Akademije.



Sl. 6. Otvaranje 37. godišnje Skupštine govorom prof. dr. sc. Slavka Krajcar (Član Uprave HATZ-a). Izvor: HATZ



Sl. 7. Članovi HATZ-a za vrijeme sviranja himne Republike Hrvatske. Izvor: HATZ



Sl. 8. Govor zahvale prof. dr. sc. Stanka Tonkovića, dobitnika HATZ-ove Nagrade za životno djelo. Izvor: HATZ

Akademija je u 2019. godini imala i aktivnu publicističku djelatnost. Otisnut je Godišnjak 2018 pod nazivom "Inovacije i patenti članova Akademije tehničkih znanosti Hrvatske" te četiri broja časopisa *Engineering Power* s gostujućim urednicima prof. dr. sc. Zdenkom Tonkovićem (Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu), prof. dr. sc. Stjepanom Bogdanom (Fakultet elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu), prof. dr. sc. Brunom Zelićem (Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu) te prof. dr. sc. Tihomirom Jukićem (Arhitektonski fakultet Sveučilišta u Zagrebu).

U 2019. godini pojedinim članovima HATZ-a su dodijeljene prestižne nagrade i priznanja za njihov rad.

Inovacija Inteligentna odjeća za detekciju apneje i hrkanja *(ThermIC)* autora Daniela Časara Veličana, Dubravka Rogalea, Snježane Firšt Rogale, Siniše Fajta i Željka Knezića osvojila je **zlatnu medalju** te **Golden Medal Award for Excellence** kao priznanje za izvanredan doprinos, koju je dodijelio rektor Acad. Ioanel Sinescu ispred *Carol Davila University of Medicine and Pharmacy* iz Bukurešta. Znanstveno-istraživačkom timu prof. dr. sc. Dubravka Rogalea priključio se i prof. dr. sc. Siniša Fajt s Fakulteta elektrotehnike i računarstva te dao značajan doprinos razvoju spomenute inovacije. Inovacija je također osvojila i nagradu **Gold Medal Award, Ecole Marocaine Des Science De L'Ingénieur – Membre de Honoris United Universités** te nagradu **Gold Medal Award INTARG 2019**.

Veliki uspije sa svojom inovacijom imali su i članovi HATZ-a u lipnju **2019. godine** na festivalu inovacija **SVIIF 2019 (Silicon Valley International Invention Festival). Zlatna medalja** pripala je inovaciji "Dualno označavanje u vidljivom i bliskom



Sl. 9. Dobitnici nagrada za inovaciju Inteligentna odjeća za detekciju apneje i hrkanja, INTARG 2019.



Sl. 10. Dobitnici zlatne nagrade na festivalu inovacija SVIIF 2019, Izvor: www.unizg.hr

infracrvenom spektru sa sitotiskarskom tehnologijom" autora **prof. dr. sc. Vilka Žiljka, izv. prof. dr. sc. Ivane Stanimirović Žiljak, prof. dr. sc. Klaudija Papa i prof. dr. sc. Jane Žiljak Gršić** s Grafičkoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Predsjednica Republike Hrvatske Kolinda Grabar-Kitarović uručila je **27. lipnja 2019.** godine odlikovanja i priznanja istaknutim pojedincima iz svih područja



Sl. 11. Predsjednica Republike Hrvatske Kolinda Grabar Kitarović uručila je prof. dr. sc. Mislavu Grgiću odlikovanje Red Danice hrvatske s likom Ruđera Boškovića. Izvor: www.unizg.hr

javnog djelovanja, a u prigodi obilježavanja Dana državnosti. Za osobite zasluge za znanstveni rad, popularizaciju znanosti i privlačenje međunarodnih projekata **Redom Danice hrvatske s likom Ruđera Boškovića** odlikovan je redoviti član HATZ-a i prethodni dekan FER-a **prof. dr. sc. Mislav Grgić**.

Rad Akademije prepoznale su mnoge domaće i inozemne institucije što je vidljivo kroz veliki i rastući broj molbi za suradnjom i pokroviteljstvom, pozivima na organizaciju i suorganizaciju skupova kao i sudjelovanjima predstavnika i članova HATZ-a na skupovima i sastancima od javnog interesa te gostovanja naših članova u medijima.

Pokroviteljstva

- Tekstilno-tehnološki fakultet i Zagrebački inovacijski centar, 12. TZG 2019 – Textille Science and Economy 2019 French-Croatian Forum 12. Znanstveno-stručna konferencija "Tekstilna znanost i gospodarstvo", 23.-24. siječnja 2019. godine
- Fakultet elektrotehnike i računarstva, okrugli stol pod nazivom "Hrvatski središnji fonoarhiv", Siva vijećnica FER-a, 6. veljače 2019. godine
- Arhitektonski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, stručni skup "Zgrade 2020+", 21. veljače 2019. godine
- Hrvatska komora inženjera strojarstva, 6. međunarodni kongres Dani inženjera strojarstva, Vodice, 20.-23. ožujka 2019. godine
- Hrvatske udruge za boje i Sveučilište u Zagrebu (Tekstilno-tehnološki fakultet, Grafički fakultet i Arhitektonski fakultet), Međunarodni dan boja MDB 2019 – "Boja i materijali", Tehnički muzej, Zagreb, 21. ožujka 2019. godine
- Građevinski i arhitektonski fakultet u Osijeku, 8. međunarodna konvencija VODA ZA SVE 2019., Osijek, 21. ožujka 2019. godine
- Hrvatsko mikrobiološko društvo, simpozij Power of Microbes in Industry and Environment, Sv. Martin na Muri, 15.-18. svibnja 2019. godine
- Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija, tribina " ICT u gospodarstvu i na sveučilištu", FERIT Osijek, 16. svibnja 2019.
- Međunarodna znanstvena konferencija MOTSP (Management of Technology – Step to Sustainable Production), Marija Bistrica, 5.-7. lipnja 2019. godine
- Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, konferencija "26th International Conference on Systems, Signals and Image Processing IWSSIP 2019", Osijek, 5.-7. lipnja 2019. godine
- Fakultet strojarstva i brodogradnje, konferencija MOTSP 2019 "Industry 5.0 – Return to humanity", Marija Bistrica, 5.-7. lipnja 2019. godine

- Fakultet elektrotehnike i računarstva, predavanje i radionica "Computational Sport Science: Human Motion Modelling and Analysis", FER, Zagreb, 7. lipnja 2019. godine
- Prehrambeno- tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, kongresi "10. Međunarodni kongres " Flour-Bread ´19" i "12. hrvatski kongres tehnologa proizvodnje i prerade brašna "Brašno-Krug 19", Prehrambeno-tehnološki fakultet, Sveučilište u Osijeku,
- 11. -14. lipnja 2019. godine
- Hrvatsko društvo za mehaniku, skup "9. susret Hrvatskog društva za mehaniku", Sljeme, 11.-12. srpnja 2019. godine
- Ljetna škola *4th Int'l Summer School on Data Science*, Split, 9.-13. rujna 2019.
- Znanstvena radionica "Svemirske tehnologije u RH-istraživački i gospodarski potencijal", 19. rujna 2019. godine u 9:00 sati u Velikoj vijećnici FSB u Zagrebu
- Hrvatsko kartografsko društvo, konferencija "15th International Conference on Geoinformation and Cartography" (15. međunarodne konferencije o geoinformacijama i kartografiji), Hrvatsko kartografsko društvo, Zagreb i Vodnjan, 26.-29. rujna 2019. godine
- Par lux d.o.o., međunarodni forum "3rd International Energy Forum-Global Trends", Split, 27.-29. rujna 2019. godine
- Fakultet strojarstva i brodogradnje, međunarodna znanstvena konferencija 14th SDEWES2019 "*Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems*", Dubrovnik, 1.-6. listopada 2019. godine
- HUNIG, konferencija "X. međunarodna konferencija i izložba o naftno plinskom gospodarstvu i primarnoj energiji – Energenti koji će osigurati tehnološki i gospodarski razvoj te energetsku neovisnost", Šibenik, 2.-3. listopada 2019. godine
- Godišnja radionica Znanstvenog centra izvrsnosti *4th Int'l Workshop on Data Science*, Zagreb, 15. listopada 2019. godine
- Godišnja radionica Centra za računalni vid Sveučilišta u Zagrebu *8th Croatian Computer Vision Workshop*, Zagreb, 23. listopada 2019. godine
- Prehrambeno- tehnološki fakultet Sveučilišta u Osijeku, skup *12. međunarodni znanstveno-stručni skup "Hranom do zdravlja",* PTFOS, Osijek, 24.-25. listopada 2019. godine
- 28. Forum: Dan energije u Hrvatskoj –"Kako vidimo energetsku tranziciju do 2050. godine", Muzej Suvremene Umjetnosti u Zagrebu, 15. studenoga 2019. godine
- Predavanje prof. dr. sc. Anana Hajnala na temu *Measurement and Visual Perception of Ambient Optic Array,* Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zagreb, 15. studenoga 2019. godine
- Tekstilni dani Zagreb 2019., Hrvatski inženjerski savez tekstilaca (HIST), 6. prosinca 2019. godine
- Brainhack Zagreb 2019 – hackathon na temu računarstva i neuroznanosti, FIVE, Zagreb, 16.-17. studenoga 2019. godine

- 30. Međunarodna znanstvena konferencija ICWEST te proslava 70 godina znanstvenog časopisa Drvna industrija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 12.-13. prosinca 2019. godine.
- Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu, XIII. susret mladih kemijskih inženjera, FKIT, Zagreb, 20.-21. veljače 2020. godine
- The Royal Institute of Navigation, London, UK, Pomorskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci, Tehničkog fakulteta Sveučilišta u Rijeci i Fakulteta prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, konferencija "*14th Baška GNSS Conference: Technologies, Techniques and Applications Across PNT*", 17.-21. svibnja 2020., Baška, otok Krk

Organizacija/suorganizacija skupova

- Dan inženjera Republike Hrvatske, FKIT, Zagreb, 22. veljače 2019. godine
- Međunarodni znanstveni skup "Tiskarstvo & dizajn 2019.", Školska knjiga Zagreb, 14. ožujka 2019. godine
- Radionica Gospodarskog vijeće HATZ-a "Potrebe hrvatskoga gospodarstva za cjeloživotnim obrazovanjem s naglaskom na srednjoškolsko strukovno obrazovanje", HATZ, Zagreb, 29. ožujka 2019. godine
- Radionica "Patenti i patentna prijava", Zagreb, 3. travnja 2019. godine
- SED 2019/ Summit energetske demokracije, Pula, 10.-12. travnja 2019. godine
- FSB, AMZH, HATZ, predavanje "Comanipulation for assistance to gesture with therapeutic applications", Hrvatski liječnički zbor, Zagreb, 5. prosinca 2019. godine
- HGK, ICENT, HATZ, okrugli stol "Digitalna inovativna rješenja za poljoprivredno-prehrambeni sektor", FER, Zagreb, 6. prosinca 2019. godine

Sudjelovanje na skupovima i sastancima od javnog interesa

- Hrvatsko-korejski poslovni klub, Veleposlanstvo Republike Koreje, Zagreb, 3. siječnja 2019. godine
- Akademije medicinskih znanosti Hrvatske, tribina "Fekalna transplantacija", Velika dvorana Hrvatskog liječničkog zbora, Zagreb, 29. siječnja 2019. godine
- Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, okrugli stol "Aditivne tehnologije: izazov novih industrija", Palači Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti, Zagreb, 31. siječnja 2019. godine
- Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilišta u Zagrebu, radionica "Demistifikacija problema vezanih uz integraciju obnovljivih izvora energije", Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 31. siječnja 2019. godine

- Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu, predavanje ”Napredne metode evaluacije metalnih i nemetalnih struktura putem srednjevalne infracrvene termografije”, Velika vijećnica FSB, 18. veljače 2019. godine
- HAZU i EFZG, okrugli stol “Hrvatski turizam – izazovi za budućnost”, Knjižnica Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti, 22. veljače 2019. godine
- Tehnix d.o.o. eko industrija, “Međunarodna tehnološka konferencija o zaštiti Jadranskog mora i održivom gospodarenju komunalnim otpadom u gradovima uz Jadransku obalu Republike Hrvatske, Albanije, Crne Gore i BiH”, Dubrovnik, 25.-26. veljače 2019. godine
- HAZU – okrugli stol “Kako postići viši stupanj energetske neovisnosti u strateškom energetskom razvoju RH”, HAZU, Zagreb, 26. veljače 2019. godine
- SLAP, Grad Zagreb i DGIZ, 8. Savjetovanje o Savi – savjetovanje o slivu rijeke Save – aktualna problematika”, Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture, 7.-8. ožujka 2019. godine
- Fakultet elektrotehnike i računarstva, predavanje “*The Future of Wireless Communications”*, FER, Zagreb, 4. ožujka 2019. godine
- Hrvatski institut za istraživanje mozgova, Hrvatsko društvo za neuroznanost i HAZU, skup “18. tjedan mozgova”, Medicinski fakultet Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 11.-17. ožujka 2019. godine
- Hrvatska gospodarska komora, predavanje g. Ilana Mora (veleposlanik Države Izrael u RH) “Start-up nacije”, Vijećnica HGK, 12. ožujka 2019. godine
- Institut za istraživanje mozga, predavanje “Kako neuroznanost može pomoći u učenju i polaganju ispita”, Zagreb, 13. ožujka 2019. godine
- Akademija medicinskih znanosti, simpozij kolegija Kirurških znanosti AMZH, KB Dubrava, Zagreb, 15. ožujka 2019. godine
- Arhitektonski fakultet, predavanje “Podzemna željeznica u Napulju – urbani i kulturni identitet grada”, AGG, Zagreb, 20. ožujka 2019. godine
- MIPRO, sastanak pokrovitelja, sponzora i suradnika, FER, Zagreb, 20. ožujka 2019. godine
- Hrvatske vode, obilježavanje Svjetskog dana voda, Nacionalni park Plitvička jezera, 22. ožujka 2019. godine
- Akademija medicinskih znanosti Hrvatske, tribina “Naša iskustva s dermalnim supstitutima”, Hrvatski liječnički zbor, Zagreb, 26. ožujka 2019. godine
- Elektroprojekt d.d., obilježavanje 70. godišnjice osnutka Elektroprojekt d.d., Zagreb, 29. ožujka 2019. godine
- SRCE, konferencija “Dani e-infrastrukture – Srce DEI 2019.” i uvodna konferencija “Projekt HR-ZOO”, Zagreb, 1.-2. travnja 2019. godine
- Hrvatsko društvo kemijskih inženjera i tehnologa, skup “26. hrvatski skup kemičara i kemijskih inženjera”, Šibenik, 9. travnja 2019. godine
- Sveučilište Jurja Dobrile u Puli, Dan Sveučilište Jurja Dobrile u Puli, 16. travnja 2019.
- MIPRO, skup “ 42. međunarodni skup za informacijsku i komunikacijsku tehnologiju, elektronika i mikroelektroniku”, Opatija, 20.-24. svibnja 2019. godine

- Hrvatski drvni klaster, konferencija "16. drvno-tehnološka konferencija, Opatija, 3.-4. lipnja 2019. godine
- Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija, SveučilištaJ.J. Strossmayera u Osijeku, međunarodna konferencija " 26th International Conference on Systems, Signals and Image Processing, IWSSIP, 2019", Osijek, 5.-7. lipnja 2019. godine
- FESB, Svečana sjednica povodom Dana Fakulteta elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje u Splitu, Split, 7. lipnja 2019. godine
- Inženirska akademija Slovenije, odavanje počasti članovima, Brdo pri Kranju, 10. lipnja 2019. godine
- Fakultet elektrotehnike i računarstva, okrugli stol "Digitalna transformacija u poljoprivredno prehrambenom sektoru – trendovi razvoja u svijetu i stanje u Hrvatskoj", FER, Zagreb, 11. lipnja 2019. godine
- HAZU BiH, Svečana sjednica u povodu Dana Akademije, Mostar, 22. lipnja 2019. godine
- SpliTech, konferencija SpliTech 2019, Split, 19. lipnja 2019. godine
- Predsjednica RH Kolinda Grabar-Kitarović, svečano primanje u prigodi Dana državnosti RH, Zagreb, 25. lipnja 2019. godine
- Energetski institut Hrvoje Požar, svečano 25. obilježavanje dana Energetskog instituta Hrvoje Požar, MSU, Zagreb, 5. srpnja 2019. godine
- Hrvatski drvni klaster, izložba "Između htijenja i realnosti", MUO, Zagreb, 9. srpnja 2019. godine
- 4. međunarodna konferencija Digitalizacija vodnog gospodarstva, Hrvatski drvni klaster – Komunal, Zagreb, 12. srpnja 2019. godine
- *"The 15th Anniversary of the Croatian-Korean Business Club",* Hrvatsko-korejski poslovni klub, Veleposlanstvo Republike Koreje Zagreb, 29. kolovoza 2019. godine
- Poziv na predavanje za predstavnike obrambene industrije i znanstveno- istraživačke zajednice od strane Europske obrambene agencije i Europske komisije, HGK, Zagreb, 2. rujna 2019. godine
- Svečano obilježavanje Dana Hrvatskih voda, Zagreb, 6. rujna 2019. godine
- Akademija medicinskih znanosti Hrvatske, tribina " Šest godina Multidisciplinarnog tima za kroničnu bolest presatka protiv primatelja u KBC Zagreb", Velika dvorana Hrvatskog liječničkog zbora, Zagreb, 25. rujna 2019. godine
- Znanstveno-istraživački centar za tekstil 2019., Dan otvorenih vrata, Tehnički muzej Nikola Tesla Zagreb, 25. rujna 2019. godine
- Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Svečana sjednica Fakultetskog vijeća povodom Dana Fakulteta, Geodetski fakultet u Zagrebu, 26. rujna 2019. godine
- Veleposlanstvo Republike Koreje, proslava Nacionalnog dana Republike Koreje, Zagreb, 2. listopada 2019. godine
- Fakultet prometnih znanosti, Dan Fakulteta prometnih znanosti, Znanstveno-učilišni kampus Borongaj, Zagreb, 11. listopada 2019. godine

- Građevinski fakultet, 100. obljetnica Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Koncertna dvorana Vatroslav Lisinski, Zagreb, 16. listopada 2019. godine
- ECHA, konferencija "*1st Thematic Conference of the European Council for High Ability"*, Dubrovnik, 16.-18. listopada 2019. godine
- APRIORI World, FOCUS Konferencija o inovacijama i komunikacijama u javnoj upravi i javnim tvrtkama, Terme Tuhelj, 17.-18. listopada 2019. godine
- Hrvatsko društvo za biomedicinsko inženjerstvo i medicinsku fiziku, Simpozij povodom Svjetskog dana kliničkog inženjerstva pod nazivom" Kliničko inženjerstvo: "Novi" zdravstveni radnici za novo zdravstveno doba", Hrvatski liječnički zbor, Zagreb, 18. listopada 2019. godine
- Hrvatska gospodarska komora, S2B Forum, HGK, Zagreb, 22. listopada 2019. godine
- Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek, 12. međunarodni znanstveno-stručni skup "Hranom do zdravlja", Osijek, 24. listopada 2019. godine
- HAZU, 53. dodjela Večernjakove nagrade za najbolju kratku priču "Ranko Marinković", HAZU, 28. listopada 2019. godine
- HAZU, Svečana sjednica u povodu stote obljetnice osnutka razreda za umjetnost Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti, Zagreb, 7. studenoga 2019. godine
- HAZU, znanstveno-stručni skup povodom obilježavanja 10. obljetnice Digitalne zbirke HAZU pod nazivom Digitalna zbirka Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti – DiZbi.HAZU 2009.-2019., HAZU, 8. studenoga 2019. godine
- Ministarstvo mora, prometa i infrastrukture, konferencija "Europa koja povezuje", HNK Rijeka, 8. studenoga 2019. godine
- Arhitektonski fakultet i Konzorcij pasivna kuća Hrvatska, skup pod nazivom 12. Dani pasivne kuće u Hrvatskoj, Zagreb, 8.-10. studenoga 2019. godine
- FSB, svečana sjednica Fakultetskog vijeća povodom 100. obljetnice Fakulteta strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 11. studenoga 2019. godine
- Hrvatski savjet za zelenu gradnju, Središnje konferencija o zelenoj gradnji i održivom razvoju, Zagreb, 12. studenoga 2019. godine
- HAZU, otvorenje manifestacije – Dan otvorenih vrata, Zagreb, 13. studenoga 2019. godine
- Hrvatska akademija za znanost i umjetnost u BiH i Sveučilište u Mostaru, Svečana akademija "Život i djelo akademika Jakova Pehara", Mostar, 14. studenoga 2019. godine
- Odjel komunikacijskih sustava HATZ-a, predavanje "Textile Electronics for Vehicular Applications", FER, Zagreb, 14. studenoga 2019. godine
- Hrvatsko energetsko društvo, 28. Forum: Dan energije u Hrvatskoj, Muzej suvremene umjetnosti, Zagreb, 15. studenoga 2019. godine
- Odjel komunikacijskih sustava HATZ-a, predavanje "Electromagnetic Modeling of Brains", FER, Zagreb, 21. studenoga 2019. godine
- Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Svečano obilježavanje 23 godine djelovanja Biotehničke zaklade, Aula Sveučilišta u Zagrebu, 26. studenoga 2019. godine

- FER, svečana promocija poštanske marke "100. obljetnica Tehničke visoke škole u Zagrebu", FER, Zagreb, 28. studenoga 2019. godine
- HAZU, otvorenje 8. hrvatskog trijenala grafike, Gliptoteka HAZU, Zagreb, 29. studenoga 2019. godine
- Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Svečana sjednica Fakulteta, RGN fakultet, Zagreb, 4. prosinca 2019. godine
- Metalurški fakultet Sveučilišta u Zagrebu, svečana sjednica Fakultetskog vijeća povodom obilježavanja 59. obljetnice Metalurškog fakulteta, Sisak, 5. prosinca 2019. godine
- Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, radionica "Kompostiranje danas – mogućnosti i perspektive", FKIT, Zavod za industrijsku ekologiju, Zagreb, 6. prosinca 2019. godine
- Akademija medicinskih znanosti Hrvatske, svečanost Dies Academicus, Velika dvorana Hrvatskog liječničkog zbora, Zagreb, 11. prosinca 2019. godine

Urednica Novosti iz HATZ-a
Tanja Miškić Rogić, univ. spec. oec.,
poslovna tajnica HATZ-a

Autorski indeks

Agić, D., 311
Andročec, V., 1
Anžek, M., 121
Baranović, M., 19, 175
Barković, Đ., 501
Bartolić, J., 64
Bohanek, V., 104
Bolanča, S., 51
Bolanča, Z., 36
Bolanča Mirković, I., 36
Bonefačić, D., 64
Bujić, N., 408
Burečić Šafran, M., 191
Cifrek, M., 268
Čunko, R., 76
Dobrilović, M., 104
Fajt, S., 339, 355
Feletar, P., 121
Fertalj, K., 175
Firšt Rogale, S., 145
Frece, J., 438
Gaurina Srček, V., 438
Hajdek, M., 51
Holjevac, N., 162
Hozjan, D., 121
Hruškar, M., 438
Hrženjak, P., 191

Jerbić, B., 268
Jurčević Lulić, T., 268
Kalpić, D., 175
Knezić, Ž., 76, 145
Kniewald, Z., 438
Kos, B., 438
Kovačević Zelić, B., 191
Kuzle, I., 162, 207
Kviz, B., 224
Lapaine, M., 235
Lazić, L., 251
Leboš Pavunc, A., 438
Magjarević, R., 268
Maričić, A., 191
Matika, K., 501
Medek, G., 36
Mikota, M., 51
Milković, M., 36
Miškić Rogić, T., 541
Modrić, D., 311
Mornar, V., 175
Mrvac, N., 51
Mrša, V., 438
Nikolić, G., 292
Novak, J., 438
Pap, K., 311
Pučić, I., 51
Pušić, T., 76
Rogale, D., 3, 145, 292, 323
Slavica, A., 438
Soljačić, I., 76
Somek, B., 339
Šantek, B., 438
Šimunović, D., 355
Škrlec, V., 104

Šušković, J., 613
Udiljak, T., 268
Vrkljan, D., 485
Zovko Brodarac, Z., 251
Zrinjski, M., 501
Žagar, Z., 516
Žiljak, V., 311
Žiljak Gršić, J., 311

