



Faust Vrančić (1551.-1617.)

POVIJEST I FILOZOFIJA TEHNIKE

– radovi
EDZ sekcije
od 2012.
do 2016.



Urednici: **Zvonko Benčić • Josip Moser**

KIKLOS

Biblioteka
ELEKTROTEHNIČKOG DRUŠTVA – ZAGREB
Knjiga 11.

Urednici:

prof. dr. sc. Zvonko Benčić
Josip Moser, dipl. ing.

Recenzenti:

prof. dr. sc. Zvonko Benčić
dr. sc. Branko Hanžek

Lektura:

GRAPA d.o.o., Zagreb

Grafička priprema:

GRAPA d.o.o., Zagreb

Nakladnik:

KIKLOS – KRUG KNJIGE d.o.o.

ISBN: 978-953-7992-07-1

CIP zapis dostupan u računalnom katalogu
Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu
pod brojem 000974508.

Tisak:

Denona d.o.o., Zagreb, 2017.

Zvonko Benčić • Josip Moser
urednici

POVIJEST I FILOZOFIJA TEHNIKE

radovi EDZ sekcije
2012. – 2016. godine

Zagreb, 2017.

Autori članaka:

Petar BALESTRIN, dipl. ing.
Elektrotehničko društvo Zagreb
Berislavićeva 6
10000 Zagreb, Hrvatska
nevenka.paulic-balestrin@zg.t-com.hr

Prof. dr. sc. Zvonko BENČIĆ
Sveučilište u Zagrebu
Fakultet elektrotehnike i računarstva
Unska 3
10000 Zagreb, Hrvatska
zvonko.bencic@fer.hr

Dr. sc. Marijana BORIĆ
Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti
Zavod za povijest i filozofiju znanosti HAZU
A. Kovačića 5
10000 Zagreb, Hrvatska
mbuljan@hazu.hr

Filip CVITIĆ, magistar dizajna
Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Getaldićeva 2
10000 Zagreb, Hrvatska
filipcvitic@gmail.com

Dr. sc. Branko HANŽEK
Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti
Zavod za povijest i filozofiju znanosti HAZU
A. Kovačića 5
10000 Zagreb, Hrvatska
bhanzek@hazu.hr

Mirko HLUPIĆ, dipl. ing.
Elektrotehničko društvo Zagreb
Berislavićeva 6
10000 Zagreb, Hrvatska
mirko.hlupic1@zg.t-com.hr

Tatjana KREN, prof.
Jurjevska 31a
10000 Zagreb, Hrvatska
tatjanakren@yahoo.com

Mihovil Marito LETICA

10000 Zagreb, Hrvatska
mihovil.marito.letica@gmail.com

Prof. dr. sc. Aleksandar LUTKIĆ Aleja pomoraca 5 10020 Zagreb, Hrvatska

Dr. sc. Draško MARIN
Elektrotehničko društvo Zagreb
Berislavićeva 6
10000 Zagreb, Hrvatska
marin.drasko@gmail.com

Mr. sc. Ernst MIHALEK
Elektrotehničko društvo Zagreb
Berislavićeva 6
10000 Zagreb, Hrvatska
ernst.mihalek@zg.t-com.hr

Josip MOSER, dipl. ing.
Elektrotehničko društvo Zagreb
Berislavićeva 6
10000 Zagreb, Hrvatska
josip.moser@xnet.hr

Prof. dr. sc. Darko ŽUBRINIĆ
Sveučilište u Zagrebu
Fakultet elektrotehnike i računarstva
Unska 3
10000 Zagreb, Hrvatska
darko.zubrinic@fer.hr

Tumač kratica u zaglavlju:

SONT
Savjetovanje o novim tehnologijama

EIS
Elektroinženjerski simpozij – Dani Josipa
Lončara

Sadržaj

Predgovor	VII
-----------------	-----

1. Životopisne bilješke hrvatskih znanstvenika

Potjera za Teslinim <i>nestalim rukopisima</i> . Je li Tesla pronašao <i>zrake smrti</i> ? (<i>Josip Moser</i>)	3
Josip Lončar – student profesora Vinka Dvořáka, Stanka Hondla i Ladislava Stjepaneka (<i>Zvonko Benčić, Branko Hanžek</i>)	22
Akademik Josip Lončar – novi bibliografski prinosi (<i>Branko Hanžek,</i> <i>Zvonko Benčić</i>)	37
Profesor Miroslav Plohl – osnivač elektrostrojarstva u Hrvatskoj (<i>Zvonko Benčić, Branko Hanžek</i>)	52
Tehničar Franjo Ivan Havliček (1906. – 1971.) (<i>Branko Hanžek</i>)	66
Franjo Dugan st. – fizičar, muzikolog i orguljaš (<i>Zvonko Benčić,</i> <i>Branko Hanžek</i>)	75
Profesor Vatroslav Lopašić – njegova znamenita predavanja i dalje žive (<i>Zvonko Benčić, Branko Hanžek</i>)	86
Genealogija elektrotehničara u Hrvatskoj do 1956. godine (<i>Branko Hanžek</i>)	95
Neke okrugle godišnjice istaknutih ljudi iz područja elektrotehnike (<i>Josip Moser</i>)	105

2. Tehnika u djelima hrvatskih znanstvenika

Razvoj matematičkih metoda i njihove primjene u prirodnim i tehničkim znanostima (<i>Marijana Borić</i>)	119
---	-----

Frane Petrić (Franciscus Patricius) i njegovo poimanje matematike (<i>Marijana Borić</i>)	134
Osobitosti Vrančićevih tehničkih konstrukcija u vezi s razvojem matematike i njezine primjene u znanosti i tehnici (<i>Marijana Borić</i>) ...	148
Getaldićev doprinos matematici koji se odrazio na novovjekovnu znanost i tehniku (<i>Marijana Borić</i>)	170
Laboratorijski dnevnik profesora Josipa Lončara (Josip Moser)	187
Antun Lučić – Anthony F. Lucas otac svjetske naftne industrije (<i>Darko Žubrinić</i>)	199
Profesor Josip Boncelj – rad na području mjeriteljstva i normizacije (<i>Branko Hanžek, Zvonko Benčić</i>)	210

3. Razvoj pojedinih područja tehnike

Stotinu i četrdeset godina od pojave električnog svjetla u Hrvatskoj (<i>Josip Moser</i>)	227
Stotinu i dvadeset godina od početka rada prvog suvremenog elektroenergetskog izmjeničnog sustava u Hrvatskoj (<i>Josip Moser</i>)	237
U početku elektrifikacije Hrvatske bijaše istosmjerna struja (<i>Josip Moser</i>)	258
Prvo snimanje gramofonskih ploča putem telefonskih linija u kontinentalnoj Europi (Zagreb, 1927.) (<i>Zvonko Benčić, Branko Hanžek</i>)	275
Morseova telegrafija u funkciji začetka stvaranja međunarodnih telekomunikacija (<i>Draško Marin</i>)	292
Od žabe do najnovijih tehnologija – povijest i razvoj akumulatorskih baterija (<i>Mirko Hlupić</i>)	303
Munja i zaštita od njezina djelovanja kroz povijest (<i>Ernst Mihalek</i>)	317
Neobična atmosferska izbijanja (<i>Ernst Mihalek</i>)	330

4. Tehnika i društvo

Osamljeni tehničari ne mogu riješiti krizu društva (<i>Zvonko Benčić</i>)	343
Moral i biokemija (Aleksandar Lutkić)	351

5. Tehnika i obrazovanje

Značaj pojave serije knjiga “Novovjeki izumi” Matice hrvatske prije stotinu godina, posebno u elektrotehnici (<i>Josip Moser</i>)	359
Otpori uvođenju visokoškolske nastave tehnike u Hrvatskoj (<i>Tatjana Kren</i>)	370

6. Ostale teme

Primjena otvorenog modela komunikacija na harmoniji i kontrapunktu u glazbi (<i>Petar Balestrin</i>)	389
Glagoljska slova kao brendovi (<i>Filip Cvitić</i>)	395

Predgovor

Ovo je Zbornik radova prvih pet uzastopnih skupova sekcije Povijest i filozofija tehnike Elektrotehničkog društva Zagreb. Prva dva skupa održana su 2012. i 2013. tijekom Međunarodnog elektroinženjerskog simpozija – Dani Josipa Lončara (EIS), a sljedeća tri 2014., 2015. i 2016. godine tijekom Međunarodnog savjetovanja o novim tehnologijama – Dani Josipa Lončara (SONT).

Na skupovima sekcije Povijest i filozofija tehnike, pribrojivši i referate ovogodišnjeg šestog skupa, održano je točno 50 referata. I prije 2012. sporadično su se javljali referati iz povijesti elektrotehnike.

Jedna je od važnih svrha Sekcije prikupljanje dokumenata i sjećanja ljudi koji su radili u području tehnike u doba intenzivnog rasta industrije u Hrvatskoj, otprilike od 1960. godine. Jasno je da će se interpretacije nekih događaja razlikovati, no one bi se razlikovale čak i onda ako bi suprotstavljeni pojedinci mogli pogledati film o minulim događajima. Na povjesničaru je da napiše povijest na temelju činjenica o kojima je većina suglasna. Dakle, povjesničar razvija model, neke činjenice odabire, neke odbacuje, a neke ne poznaje. U načelu, modeliranje u povijesti ne razlikuje se od modeliranja u tehnici. Zato postoji više modela određenih povijesnih događaja.

Idući dublje u prošlost, sjećanja nestaju, a ostaju samo dokumenti razbacani po osobnim arhivama i preostalim poduzećima (npr. PTT muzej, knjižnica u Končar – Institutu za elektrotehniku), zatim dokumenti sačuvani u različitim državnim institucijama (npr. škole, fakultetske knjižnice, muzeji, Nacionalna i sveučilišna knjižnica u Zagrebu), a rjeđe u državnim arhivima (npr. Arhiv grada Zagreba, Hrvatski državni arhiv). Ponekad je dobro prolistati ondašnje novine. Treba požuriti jer dokumenti nestaju.

Idući još dublje, nekoliko stoljeća u prošlost, preostaje traženje izvornih dokumenata po arhivima i knjižnicama. Za to je potrebno poznavanje živih stranih jezika te klasičnih, grčkog i latinskog. Istraživanje sekundarnih izvora (tumačenje izvornih dokumenata) može poslužiti tek kao pomoć.

Tako spoznajemo *povijest tehnike*. Povijest tehnike treba protumačiti u surječju društvenih, političkih, znanstvenih, ekonomskih, ekoloških, jezičnih i socijalnih prilika. Primjerice: “Zašto Faust Vrančić nije niti u jednom slučaju

dao teorijsku osnovu svojih rješenja?” Ili: “Zašto je Tehnički fakultet u Zagrebu osnovan dvadesetak godina nakon drugih tehničkih fakulteta u Europi?”

I, na kraju, logički slijede pitanja iz *filozofije tehnike*: “Kako artefakti i tehnički zahvati u prirodi služe čovjeku?”, ili obratno: “Kako čovjek služi artefaktima i kako na čovjeka djeluju tehnički zahvati u prirodi?” Odgovori na ta pitanja jedna su od žurnih zadaća modernog neoliberalnog doba.

Zahvaljujem svim autorima što su kritički pročitali svoje radove i pripremili ih za tisak. Zahvaljujem tvornici Končar Električna vozila d. d. Zagreb koja je financijski omogućila objavljivanje knjige te poduzeću Grapa d. o. o. iz Zagreba na lekturi i pripremi za tisak.

U Cresu, rujna 2017. godine

Zvonko Benčić

1.
Životopisne bilješke
hrvatskih znanstvenika

Josip Moser

Potjera za Teslinim *nestalim rukopisima*. Je li Tesla pronašao *zrake smrti*?

Sažetak: Nakon smrti Nikole Tesle 7. siječnja 1943. u New Yorku, došlo je do niza pitanja vezanih uz njegove bilješke i nepatentirane pronalaskе. Interes je pokrenuo još za života sam Tesla iznoseći nekim novinarima svoju priču o *zrakama smrti* koje će svaki ratni sukob načiniti nepotrebnim.

Ključne riječi: Nikola Tesla – izvještaji nakon smrti, Teslini patent, nepoznati izumi

1. Tesline zagonetke

Margaret Cheney u biografiji *Tesla – Man Out of Time* (*Tesla – čovjek izvan vremena*, 1979.), cijelo je poglavlje posvetila potrazi za njegovim nestalim papirima. Na početku tog poglavlja, koje slijedi nakon onog o njegovoj smrti i sprovodu, Cheney postavlja tri pitanja i jedno potpitanje. Zapravo, naziva ih zagonetkama:

“Osim priznatih i poznatih ostvarenja, Tesla je za sobom ostavio i naslijede prepuno zagonetaka. Navodimo samo tri glavne: Je li njegova zamisao bežičnog prijenosa energije kroz Zemlju bila valjana sa znanstvenog gledišta? Čime se zapravo bavio dok je izvodio pokuse s oružjem sa smrtonosnim, razarajućim zrakama? I, što se dogodilo s njegovim istraživačkim zapisima i papirima koje nije patentirao, kao i s ostalim osjetljivim ispravama u onih nekoliko dana neposredno nakon njegove smrti?”

U kategoriji potpitanja bilo bi:

“Koji je to preokret događaja krajem 1940-ih godina ponovno probudio pojačan interes američkih obavještajnih službi za Teslin rad (jer, nešto ga je sigurno potaknulo)?”

Cheney je na pitanja pokušala odgovoriti, ali imala je mnogo problema, tako da se za neke podatke morala obratiti Kongresu i pozvati se na amandman američkog Ustava o pravu na informacije. Odgovore je, naime, tražila od američke vojske te FBI-a i CIA-e.

Da odgovorimo na ta pitanja treba nešto bolje upoznati Teslu jer iz toga proizlaze mnogi odgovori. Posebno je važno upoznati se s njegovim životom u SAD-u.

Tesla je bio tek jedan od stranaca iz Europe koji su došli u Sjedinjene Američke Države. Mnogi nisu stekli ni ugled, ni imanje, neki su se uklopili, mnogi nisu nikad. Tesla je bio tek jedan od onih koji su se morali snalaziti. Istina, bio je jedan od rijetkih koji je u Ameriku došao s preporukom. Jedna od rijetkih stvari koja je stigla s njim u New York bilo je pismo Ch. Batchelora koje, prema biografu O’Neillu, glasi ovako:

“Poznajem dva velika čovjeka. Jedan ste vi, a drugi je ovaj mladi čovjek koji stoji pred vama.”

Teško je danas shvatiti Edisonovu taštinu, jer bio je vrlo tašt i ponosan na svoja otkrića, pomiješanu s njegovom znatiželjom. Tko je taj Tesla? Upravo zato mu je dao priliku da za njega radi, ali nije prihvatio njegove ideje. Bez obzira na to, Tesla je 1895. otišao od Edisona i ostao bez posla te završio kopajući kanale za njujorški vodovod. Jer, otišao je od Edisona u vrijeme jedne od prvih gospodarskih kriza u SAD-u.

Još za Teslina života, između Prvog i Drugog svjetskog rata, u SAD je stiglo mnogo europskih znanstvenika, Einstein, Teller, von Neumann i niz drugih. Tad je došlo do bitne promjene stajališta prema znanosti u SAD-u. Osobe, samostalni pronalazači i općenito istraživači bez velike teorije, ali sa samo praktičnim rezultatima, redom kao Edison, Westinghouse, Bell, Morse ili Tesla, pomalo moraju ustuknuti pred znanstvenicima pristiglim iz Europe.

Tesla je, kako je sam svojedobno rekao, posjedovao *drskost neznanja*. On-dje gdje bi se ostali zaustavljali, svjesni da nešto nije izvedivo, on bi nastavio rad. Zato je pitanje bi li takvi poput Tesle ili Edisona uopće *procvjetali* da su djelovali u ozračju kakvo u SAD-u postoji danas. U isto su vrijeme njegovo naslijeđe i njegova istraživanja postavili temelje mnogim znanostima. Njegov je doprinos bio bit, a ne tek dopuna.



Slika 1.: Spomenik Nikoli Tesli na kanadskoj strani slapova Niagare otkriven 9. srpnja 2006. godine. Tesla stoji na izmjeničnom motoru, jednom od svojih izuma (rad kanadskog kipara Lesa Drysdalea)



Slika 2.: Spomenik Nikoli Tesli na slapovima Niagare, rad hrvatskog kipara Frane Kršinića.
Dar Jugoslavije SAD-u

Navodim samo dva primjera: Tesla je s izmjeničnom strujom trijumfirao tek kad je uz pomoć Westinghousea i drugih uspio nadvladati silan otpor koji joj je pružala čitava tadašnja industrija istosmjernih strojeva. Drugo, sa svojom turbinom nije postigao uspjeh velikim dijelom zato što bi njezino uvođenje zahtijevalo goleme promjene u industriji. A tek ideja s velikim primopredajnikom na Long Islandu, koji je financirao J. P. Morgan, i koji je neslavno propao. Ukratko, Tesline samotnjačke bitke sa znanstvenim i industrijskim poretком nesretno su završile. Treće, njegov uspješan pokus s daljinskim radioupravljanjem brodom u prvi mah uopće nije shvaćen.

Kako nije pripadao ni jednoj grupaciji ni instituciji, nije imao ni suradnike s kojima bi mogao raspravljati o napredovanju postignutom u pojedinim radovima i istraživanjima, a ni neko službeno mjesto na kojem bi se pohranjivali njegovi papiri i istraživačke bilješke. Ne samo što je radio posve povučeno i privatno – unatoč očitoj sklonosti suradnji s novinarima i razmetljivim objavama – radio je u tajnosti. Zbog svega toga su svi oni izumi, koje nije patentirao ili poklonio svijetu, bili više ili manje obavljeni velom tajne. Zbog onog što se događalo s papirima koje je nakon smrti ostavio, znatan dio njegovih ostvarenja i dalje nam ostaje, barem ponekim svojim dijelom, zastrt velom tajne.

2. Interes za Tesline radove

Od smrti 1943. pa do 1956. interes javnosti za Teslu i njegove radove polagano opada, i u SAD-u, i u Europi. Stota obljetnica njegova rođenja u srpnju 1956. podsjetila je mnoge na značaj njegova rada, života i genija.

U Americi i Europi održane su brojne svečanosti u znak obilježavanja stote godišnjice Teslina rođenja. Američko društvo elektroinženjera (AIEE) posvetilo mu je svoju godišnju skupštinu održanu u Chicagu te na njoj temeljito obradilo njegov život i izume. Komemoracijske programe najavili su i Društvo radioinženjera (IRE), Muzej znanosti i industrije u Chicagu, Institut Franklin te razna sveučilišta, pri čemu je Društvo Tesla igralo važnu ulogu u organiziranju događanja. Predložena su osnivanja fondova za dodjelu raznih stipendija i omogućavanje školovanja, koji bi nosili njegovo ime, ili pak ustanovljavanje Tesline medalje, dok su se po znanstvenim muzejima otvarale izložbe kojima je glavna tema bio Tesla. Na slapovima Niagare održana je najveća svečanost na kojoj je Tesla u čast otkriven kip na Great Islandu, poklon pristigao od naroda Jugoslavije. Grad Chicago – koji je pravnik i pisac Elmer Gertz podsjetio kako bi trebao biti vječno zahvalan Tesli za veličanstvenost i blještavilo Kolumbove izložbe, koja je ondje održana 1893. godine, kad je čak prozvana *osmim čudom svijeta* – posvetio je naziv novootvorene tehničke škole uspomeni na Teslu.

Izumitelji stari prijatelji iz Američkog društva elektroinženjera otputovali su u Europu da bi i tamo prisustvovali raznim svečanostima, otkrivanjima

njegovih poprsja i kipova te tematskim programima priređenima njemu u čast. Međunarodna elektrotehnička komisija u Münchenu uspjela je isposlovati da se njegovim imenom nazove međunarodna znanstvena mjerna jedinica, tesla, kojom se mjeri gustoća magnetskog toka ili magnetska indukcija, i koja se tako pridružila povijesnim elektrotehničkim simbolima kakvi su farad, volt, amper i om.

Neposredno nakon proslave Tesline stogodišnjice, svijet i znanstvenike zaokupilo je istraživanje raketa, satelita i svemira. Logičan je bio taj interes za Teslu povezati sa istraživanjima svemira. Ponovno su znanstvenici počeli istraživati njegove projekte na poslu s mikrovalovima i njegovu ideju o oružju za izboj zraka, Tesline famozne *zrake smrti*. Posebno su se okrenuli istraživanjima koja je Tesla provodio 1899. godine u Colorado Springsu. Interes za ta istraživanja nije postojao samo u Americi, nego se vrlo intenzivno radilo i u SSSR-u, Kanadi, Japanu... Nije bilo bitno jesu li to bila istraživanja pojedinaca ili u velikim laboratorijima, jesu li se tim projektima davala visoka novčana sredstva ili je bila riječ samo o entuzijazmu pojedinaca. Vrlo često ta su istraživanja imala oznaku *strogo povjerljivo*. Ni do danas nije moguće znati što se sve otkrilo iz tih istraga.

Tesline *Bilješke iz Colorado Springsa* bile su s ostalim papirima odnesene iz njegove sobe i predane njegovu nasljedniku Savi Kosanoviću koji ih je odnio u Beograd i ondje pohranio u Teslinu muzeju. U izdanju Muzeja Nikole Tesle iz Beograda pojavile su se tek 1978. godine na engleskom jeziku, onom na kojem je Tesla i pisao taj dnevnik, a nakladnik je bio Nolit iz Beograda. Ne treba niti spominjati kako se među znanstvenicima očekivala ta knjiga, ali i kakvo je razočaranje izazvala. Naime, mnoga su pitanja ostala bez odgovora. O nekim pokusima iz Colorado Springsa moglo se dotad naslutiti iz ostalih Teslinih članaka i intervjua, a u bilješkama ni riječi o tome. Mnogima je preostalo da tragaju, ako su zainteresirani, po raštrkanim informacijama i podacima. I da ostane vječno pitanje: "Što je istina?" Druga krajnost za mnoge, posebno za medije, jesu glasine o špijunaži, uroti CIA-e ili o krađi patenata.

3. Tesline bilješke u kutijama

Interes za Tesline bilješke bio je velik još za njegova života. Tesla je mnoge stvari izrađivao na modelu, ali nakon 1914. nije više radio samo modele i pokuse, nego je ideje uglavnom stavljao na papir. Na primjer, jedan od zadnjih njegovih prihvaćenih patenata iz 1927. godine bio je uređaj za vertikalni uzlet (helikopter) na kojem piše da model nije izrađen jer nema prikladno snažnog motora koji bi ga pokrenuo i dignuo u zrak.

Tesla se prilično često selio iz hotela u hotel, a tad je svoje bilješke pakirao u kutije koje su davane na čuvanje posebnim kompanijama za skladištenje. Cheney je opisala slučaj koji se dogodio prijatelju i prvom Teslinu biografu O'Neillu:

“Okolo 1928. godine O'Neill je posve slučajno zamijetio oglas, objavljen u nekim njujorškim novinama, kojim se najavljivalo da će šest kutija, koje je u njihovu skladištu pohranio gospodin Nikola Tesla, biti prodano na dražbi da bi se namirili neplaćeni troškovi uskladištenja. Znajući da bi ove materijale trebalo sačuvati, otišao je do izumitelja i zatražio njegovo odobrenje da krene u prikupljanje sredstava za njihov otkup. ‘Tesla je gotovo pobjesnio’, sjeća se O'Neill. ‘Počeo me uvjeravati kako je posve sposoban voditi računa o svojim poslovima’ (...) Zabranio mi je da ih kupim ili učinim bilo što u vezi s njima.”

Neposredno nakon Prvog svjetskog rata Tesli su od Njemačke i SSSR-a stizale ponude za rad i otkup patenata. Poznato je da je Tesla 1925. prodao patent osvježivača zraka za 25 000 dolara SSSR-u koji ga je namjeravao ugraditi u tenkove kako bi vojnici u tijesnoj kabini imali svjež zrak. (Napomena: Uređaj se danas proizvodi masovno u Japanu, Južnoj Koreji, na Tajvanu i u Kini, a jednostavno se uključuje u utičnicu.) Manje je poznato da je od 1914. do 1918. Tesla bio pod prismotrom, kontrolirana mu je pošta i osobe s kojima je kontaktirao. Premda je bio državljanin SAD-a gotovo dvadeset godina, ostala je sumnja da bi mogao kontaktirati s tadašnjim ratnim neprijateljem Austro-Ugarskom.

Nadzor i sumnja ostat će i nakon rata, pogotovo što se oko 1935. u New Yorku pojavio njegov nećak Sava Kosanović (Gospić, 1888. – Beograd, 1959.), kao diplomat tadašnje Kraljevine Jugoslavije. Kosanović je bio glavni tajnik Ambasad Kraljevine Jugoslavije u Washingtonu, a od 1938. konzul u New Yorku. Čak je on bio taj koji je isposlovao Tesli državnu mirovinu od 600 dolara mjesečno (što je u ono doba bila lijepa svota od koje je mogao živjeti u hotelu New Yorker). Zbog svega toga nije bilo čudno da je postojao interes za Tesline bilješke. Još je sumnjiviji postao Tesla ujesen 1942., gotovo pred smrt, jer je Kosanović prilikom posjeta kralja Petra II. Karađorđevića SAD-u sredio da kralj posjeti Teslu u hotelu New Yorker.

Ostalo je u dokumentaciji Smithsonian instituta zapisano da je tijekom 1942. i sve do Tesline smrti bilo pokušaja da se prouče njegovi papiri. Prema Cheney, od 1940. redovito se pratilo što Tesla radi i piše, a postupak je bio sljedeći:

Poneki mladi američki inženjer koji je sudjelovao u ratnim zbivanjima došao bi se posavjetovati s Teslom o problemu balističkog inženjeringa jer tražene rezultate nisu nikako mogli dobiti s pomoću računalnih strojeva (komentar J. M.: Ha, ha, ha, pa savršenih računskih strojeva tad još nije ni bilo!), a Teslin je

um bio poznat po tome da nudi rješenja najbliža onima dobivenim na taj način. Ubrzo bi ga oduševili i općinili Teslini znanstveni zapisi pa bi mu bilo dopušteno da dio po dio odnosi preko noći u svoju hotelsku sobu, gdje bi ih s još jednim američkim inženjerom proučavao cijelu noć. Uvjet je bio da ih sutradan ujutro vrati. Taj je postupak trajao sve do puna dva tjedna prije izumiteljeve smrti. Očito je tako dobiven vrlo dobar pregled Teslinih bilježaka. Treba se sjetiti da tad još nisu postojali suvremeni fotokopirni uređaji.

Zapisi koje je Cheney uspjela pribaviti u SAD-u od saveznih agencija, pozivajući se na propise o slobodi informiranja, tijekom prikupljanja materijala za biografiju otkrili su neobjašnjive nepodudarnosti i iskrivljavanja u obavijestima koje su govorile o raspolaganju izumiteljevom imovinom. Tesla je ostavio tone papira u pretrpanim bačvama i kutijama.

4. Teslina ostavština i njezin dolazak u Beograd

Jedino, nije ostavio oporuku. Od njegove ga je obitelji nadživjelo pet nećakinja i nećaka, a u vrijeme njegove smrti dvoje ih je živjelo u Americi. Istina, on je vrlo malo održavao veze sa svojom obitelji, posebno nakon smrti majke i sestre Angeline. Začudo, FBI je njegovu imovinu prepustio Uredu za imovinu stranaca, koji je odmah zapečatio sadržaj svega što mu je bilo predano. Kako je Tesla bio američki državljanin, postavilo se pitanje je li taj Ured uopće bio nadležan i po kojoj je osnovi preuzeo te materijale. Bilo je to teško procijeniti. No, nakon sudskog saslušanja, imovina je prepuštena veleposlaniku Savi Kosanoviću, jednom od Teslinih nasljednika.

Istraga koju je Cheney obavila i opisala tekla je ovako: Odmah nakon Tesline smrti došlo je do učestale razmjene brzog razgovora između FBI-eva agenta Foxwortha koji je radio na terenu u New Yorku. Dan nakon što je pronađeno izumiteljevo tijelo, agent Foxworth izvijestio je tadašnjeg direktora njujorškog odjela FBI-a:

“Pokusi i istraživanja Nikole Tesle, preminulog špijunaža – G. Nikola Tesla, jedan od svjetski poznatih znanstvenika na području elektrotehnike, umro je 7. siječnja 1943. godine u hotelu New Yorker, New York. Za života bavio se mnogim pokusima vezanim za bežični prijenos električne struje i (...) onim što se obično naziva *smrtonosnim zrakama*. Prema obavijestima dobivenim od X [ime izbrisano] iz New Yorka, Tesline bilješke, opisi pokusa, formule, kao i nacrti raznih strojeva (...) nalaze se među njegovim osobnim stvarima i nisu poduzete nikakve mjere kako bi ih se sačuvalo ili spriječilo da padnu u ruke ljudi (...) neprijateljski nastrojenih prema ratnim nastojanjima Ujedinjenih naroda...”

(No, FBI-u je iz Ureda dopredsjednika Henryja A. Wallacea javljeno kako je vlada *izrazito zainteresirana* za očuvanje Teslinih papira.) Agent Foxworth nastavio je svoj izvještaj:

“(...) B. D. Fitzgerald, jedan od onih mladih elektroinženjera koji su bili oko Tesle, ‘elektroinženjer blizak Tesli tijekom njegova života’, javio je našem njujorškom Uredu da su 7. siječnja 1943. godine Sava Kosanović, George Clark, koji je zadužen za muzej i laboratorij u tvrtki Radio Corporation of America, te Kenneth Swezey (...) otišli u Teslinu sobu u hotelu NewYorker [napomena autorice Cheney: točan bi datum bio 8. siječnja] te su tamo uz pomoć bravara otvorili sef koji je Tesla držao u svojoj sobi, a u kojem je čuvao neke od svojih dragocjenih papira (...) Tijekom proteklog mjeseca Tesla je rekao Fitzgeraldu da su njegovi pokusi vezani za bežični prijenos električne energije do kraja dovršeni i usavršeni.”

Izvjeshće agenta Foxwortha na FBI-evu memorandumu rukovoditelju njujorškog Ureda FBI-a datirano je 9. siječnja 1943., i prenosi razgovor s Fitzgeraldom koji je tvrdio da zna da je Tesla izumio i napravio crteže za revolucionarnu vrstu torpeda, koju trenutačno ne koristi ni jedna nacija. Fitzgerald vjeruje da ti nacrti nisu do današnjeg dana predani na raspolaganje ni jednoj drugoj naciji. Iz izjava koje je Tesla davao Fitzgeraldu, on zna da se kompletni planovi, specifikacije i objašnjenja osnovnih teorija za te stvari nalaze među Teslinom osobnom imovinom. On također zna da postoji i Teslin radni model, čija je izrada stajala više od deset tisuća dolara, te da se nalazi u sigurnosnom sefu pod Teslinim imenom u hotelu Governor Clinton, pa Fitzgerald vjeruje da bi taj model morao imati veze s proizvodnjom takozvanih smrtonosnih zraka ili s bežičnim prijenosom.

U istom izvješću Foxworth prenosi da je u ranijim razgovorima Tesla rekao Fitzgeraldu da je na različitim mjestima pohranio osamdesetak sanduka u koje je složio svoje transkripte i planove, a vezani su za pokuse koje je obavljao. Zato citiram dio Foxworthova izvješća:

“Stoga tražim da središnjica FBI-a odmah javi kakvu akciju treba poduzeti terenski njujorški odjel, ako je potrebno, u vezi s tim predmetom.”

Odgovor je stigao već za dva dana, 11. siječnja 1943., u dopisu pripadnika FBI-a D. M. Ladda na FBI-evu memorandumu upućenu E. A. Tamm, Washington. Naime, Fitzgerald je ustanovio da je Kosanović s nekim ljudima otišao u Teslinu sobu u potrazi za oporukom, kao i u odnošenju mrtvog tijela radi sprovođa. Kad su uspjeli otvoriti sef, Kenneth Swezey iz njega je prvo izvukao knjigu priznanja i čestitaka koje su na njegov poticaj Tesli stigle prigodom sedamdeset petog rođendana sa svih strana svijeta, dok je Kosanović iz sobe uzeo

tri Tesline slike. Prema riječima upravitelja hotela New Yorker i Kosanovića, oni nisu dirali ništa drugo. Sef je iznova zatvoren novom kombinacijom i šifru je imao jedino Kosanović.

Dana 9. siječnja Walter Gorsuch, službenik Ureda za imovinu stranaca u New Yorku, i Fitzgerald otišli su u hotel New Yorker te uzeli svu Teslinu imovinu koja se sastojala od otprilike dva kamiona njegovih materijala. Materijali su zapečaćeni i poslani tvrtki Manhattan Storage and Warehouse Company na pohranu. Sve je to bilo smješteno uz tridesetak drugih bačvi i paketa koji su se ondje nalazili još od 1934. godine, pa su i oni zapečaćeni po nalogu Ureda za imovinu stranaca. Osim pitanja o ovlasti tog Ureda i njegova miješanja u slučaj, pitanje je i zbog čega je Kosanoviću bio dopušten pristup sefu iz kojeg je poslije, kako je tvrdio, nestala Edisonova medalja. U sefu su se još nalazili i Teslini dokumenti o američkom državljanstvu, koje je tako ljubomorno čuvao da ih nikad nije ni vadio iz sefa. Danas se mogu vidjeti u Muzeju Nikole Tesle u Beogradu. Nije poznato što se još nalazilo u sefu.

Evo u čemu se sastojao odgovor središnjice FBI-a šefu njujorškog ureda E. A. Tamm. Ured FBI-a u Washingtonu otišao je toliko daleko da je naložio njujorškom uredu:

“(...) neka diskretno preuzme stvar u svoje ruke preko državnog tužitelja u New Yorku, te ako je potrebno neka uhititi Kosanovića pod optužbom za provalu kako bi došli do raznih papira za koje je dojavljeno da ih je uzeo iz Teslina sefa.”

Uredu u New Yorku također je rečeno da stupi u vezu sa sudom i ishodi zaustavljanje svakog daljnjeg baratanja Teslinom imovinom kako nitko više ne bi mogao doći do nje bez nazočnosti agenta FBI-a. New York također je morao nastaviti obavještavati Washington o budućem razvoju događaja.

Ali, istog je dana poslana još jedna poruka iz Washingtona u New York. To je rukom pisana obavijest u kojoj Edward A. Tamm piše D. M. Laddu na FBI-evu memorandumu od 11. siječnja 1943. godine i po tome je zamisao o uhićenju jugoslavenskog veleposlanika bila brzo odbačena. Nedugo nakon toga, središnjica u Washingtonu donijela je čudnu odluku. Edward A. Tamm iz Središnjeg ureda FBI-a u Washingtonu naložio je D. M. Laddu iz istog Ureda da čitavu stvar radi daljnjeg postupanja iznova vrati Uredu za imovinu stranaca. Tamm je tom nalogu dodao i napomenu: “Čini se kako nema potrebe da se dalje time bavimo.”

Priča o kutijama koje je O'Neill još 1935. otkrio u skladištu dobila je nakon Tesline smrti svoj kraj. Neposredno nakon Teslina kremiranja susreo je Kosanovića, ispričao mu o kutijama i o Teslinoj reakciji te zatražio da ih (Kosanović) pokuša naći i zaštititi. Nikad nakon toga nije od Kosanovića uspio dobiti potvrdu je li uopće pronašao spomenute kutije ili istražio njihov sadržaj. Kako je O'Neill zapisao u prvoj biografiji Nikole Tesle:

“Samo mi je neprestano ponavljao i uvjeravao me kako nema nikakvih razloga za zabrinutost...”

Cheney je u knjizi prenijela iskustvo Kennetha Swezeyja koji je živio u nadi da će također napisati Teslinu biografiju i koji je dobio 1963. obavijest od nekadašnje pomoćnice veleposlanika Kosanovića (navod prema Cheney):

“Davne 1943. godine... kad je Tesla umro, gospodin K. je u vrlo kratkom roku uspio pribaviti potvrdu koju je ispostavio Uredu za imovinu stranaca, te sudsku odluku kojom mu se odobrava preuzimanje njegovih papira i ostale imovine... On ih je sve dobro zapakirao i poslao tvrtki Manhattan Storage Company, gdje su se nalazili sve do 1952. godine, kad su bili otpremljeni za Jugoslaviju. Gospodin K. podmirio je troškove uskladištenja... Cijelo to vrijeme potvrda Ureda za imovinu stranaca nalazila se kod mene (za slučaj kakve potrebe) (...) Vi ćete se možda prisjetiti kako je gospodin K. mnogo puta spominjao činjenicu da mu je čuvar u skladištu pričao o nekim ljudima iz vlade koji su dolazili kako bi na mikrofilmove snimili neke od tih papira...”

Kad smo ovdje (u današnjoj zgradi muzeja u Beogradu) otvorili sef, svežanj ključeva – posljednje što je gospodin K. stavio u sef hotelu New Yorker, prije nego što je kombinacija za njegovo otvaranje bila promijenjena – nije pronađen u sefu nego u jednoj od kutija (...) Također, u sefu više nije bilo ni zlatne medalje (Edisonove medalje) (...) U svakom slučaju, gospodina K. godinama je mučila činjenica da je netko prekopavao po Teslinim papirima. Malo prije svojeg odlaska iz Washingtona, 1949. ili 1950. godine, odlučio je poslušati moj savjet i nazvati Edgara J. Hoovera [sic, tadašnjeg šefa FBI-a] te ga upitati zna li nešto o tome. Gospodin Hoover kategorički je odbio i samu pomisao da je FBI ikad pregledavao te papire...”

Pomoćnica je dodala kako je jednom prigodom Tesla rekao nećaku da “svoje radove, imovinu i drugo želim ostaviti zemlji u kojoj sam rođen”. (To zapravo nije posve pouzdano, pogotovo što su svi ti papiri bili na engleskom jeziku.)

5. Što su radile američke vojne službe?

Pretpostavili bismo da je time potraga za Teslinim bilješkama završena. Međutim, Cheney je otkrila 1979. da je još netko bio zainteresiran za te bilješke. Naime, dobila je svjedočanstvo elektroinženjera dr. Johna Trumpa koji je kao tehnički savjetnik radio u Državnom vijeću za istraživanje pri Odsjeku za istraživanje obrambenih sredstava, da je od njega zatraženo da sudjeluje u

pregledavanju Teslinih znanstvenih spisa. Pregled se obavljao u skladištu tvrtke Manhattan Storage and Warehouse Company. Osim Trumpa, prisustvovali su mu Willis George iz Ureda mornaričke obavještajne službe, Edward Palmer, mornarički dočasnik i glavni skladištar, te John J. Corbett, njegov pomoćnik.

Poslije je Trump izjavio da nije obavljen pregled goleme količine Tesline imovine, koja je bila u podrumu hotela New Yorker punih deset godina prije njegove smrti, niti bilo kojih drugih Teslinih spisa osim onih koje je imao kod sebe kad je umro. Treba napomenuti da je Teslin znanstveni ugled bio u padu već podulji niz godina te da je u to vrijeme bilo mnogo nastojanja da se ospore njegovi izumi radija, robotizacije i izmjenične struje. Osim toga, Trump je bio vrlo zaposlen čovjek, kao uostalom i FBI koji je jedva uspijevaao naći dovoljno ljudi za svoje brojne istrage oko mogućih sabotaza. "Kao rezultat pregleda", napisao je Trump,

"moje je mišljenje da među papirima i u imovini dr. Tesle nema takvih znanstvenih bilježaka, opisa neobjavljenih metoda, nepatentiranih uređaja niti gotovih uređaja koji bi mogli imati neku veću važnost za ovu zemlju ili bi mogli predstavljati rizik kad bi pali u neprijateljske ruke. Stoga ne vidim nikakvih tehničkih ili vojnih razloga zbog kojih bi se imovina trebala i dalje držati zaplijenjenom."

Dodao je:

"Za vaše je potrebe ipak pripremljen svezak različitih materijala koje je napisao dr. Tesla te je predan Vašem uredu. On pokriva tipične i gotovo sve zamisli kojima se bavio tijekom posljednjih godina. Ti su papiri numerirani i kratko opisani u privitku ovog dopisa."

U zaključku Trump piše:

"Ne bi trebalo nautiti ugledu cijenjenog inženjera i znanstvenika, čiji su konkretni doprinosi elektrotehnici učinjeni početkom ovog stoljeća, ako izvijestim da su njegove misli i nastojanja tijekom posljednjih petnaestak godina bili prije svega spekulativne, filozofske, a pomalo i promidžbene naravi – često se u njima bavio proizvodnjom bežičnog prijenosa energije – ali bez uključivanja novih, zdravih i izvedivih načela ili metoda za postizanje takvih rezultata."

Čini se da su se dokumenti (za koje Trump piše da ih je numerirao i ukratko opisao), sastojali od fotostatskih snimki (nekadašnji način kopiranja na fotopapir s pomoću svjetla) ili su ih na mikrofilm snimili mornarički dočasnici, dok su izvorni dokumenti ostali i nadalje u skladištu kako bi poslije bili preneseni u Jugoslaviju. Pregledom nije otkrivena nikakva strana imovina koja bi

potpadala pod odredbe zakona o trgovini s neprijateljem. Stoga je Teslina imovina – papiri, osobni dokumenti, nacrti i ostalo – u veljači 1943. predana na raspolaganje Kosanoviću koji je upravljao njegovom ostavštinom.

Trump je u prilogu izvješća naveo sljedeće kraće opise Teslinih radova:

a) “Telegeodinamika ili daljinsko izazivanje pomicanja Zemlje” – ovim dokumentom u obliku pisma od 12. lipnja 1940. godine, naslovljenog na Westinghouse Electric & Manufacturing Company, Tesla predlaže tvrtki metodu za prijenos golemih količina energije na velike udaljenosti s pomoću mehaničkih vibracija Zemljine kore. Izvor energije je mehanički ili elektromehanički uređaj koji treba postaviti uz stjenovitu izbočinu, a u radu emitira energiju ugođenu na rezonantnu frekvenciju Zemljine kore. Predložena shema zvuči kao posve vizionarska i neizvediva. U Westinghouseu su ga ljubazno odbili...

b) “Novi način projiciranja koncentrirane neraspršene energije kroz prirodne medije” – ovaj Teslin dokument bez datuma opisuje elektrostatičku metodu proizvodnje vrlo visokih napona, sposobnu za dobivanje nevjerojatno velikih količina energije. Ovaj se generator koristi za ubrzanje nabijenih čestica, pretpostavljam elektrona. Takav mlaz elektrona visoke energije, koji prolaze kroz zrak, čini koncentrirano neraspršujuće sredstvo, kojim se energija prenosi kroz prirodne medije. Kao jedna od komponenata tog uređaja opisuje se otvorena vakuumaska cijev, unutar koje elektroni prvo dobivaju na ubrzanju. Predložena shema može se povezati sa sadašnjim sredstvima za proizvodnju katodnih zraka visoke energije, uz istodobnu uporabu visokonaponskog elektrostatičkog generatora i cijevi za ubrzanje oslobođenih elektrona. Međutim, dobro je poznato kako takvi uređaji, iako imaju znanstveni i medicinski značaj, ne mogu prenositi velike količina energije na veće udaljenosti, a da pritom ne dođe do raspršivanja. Teslini opisi u ovom zapisu ne bi mogli omogućiti konstruiranje učinkovitih kombinacija generatora i cijevi, čak ni ograničene energije, iako su opći elementi takve kombinacije ovdje jezgrovito opisani.

c.) “Metoda proizvodnje snažnih zračenja” – Teslin dokument u rukopisu, bez datuma, a opisuje novi postupak dobivanja zraka ili zračenja. Zapis počinje pregledom radova Lenarda i Crookesa, opisuje Teslin rad na dobivanju visokih napona, da bi na kraju, u zadnjem odlomku, dao jedini kratak opis izuma vezanog za naslov... “Ukratko, kod mojeg novog pojednostavnjenog postupka riječ je o generiranju mlaza odgovarajućeg fluida visoke brzine, usmjerenog, u vakuumu, kroz strujni krug koji se napaja strujom odgovarajuće jačine i napona.”

Kako se prikupljao materijal o Teslinim bilješkama, Trump je opisao dugo nakon svega toga, u pismu prijatelju o tome što se događalo kad je otišao u hotel Governor Clinton da bi pregledao *uredaj* pohranjen u njegovu podrumu, vjerojatno istu onu kutiju koje se iz Tesline sobe tako dobro sjećao glasnik koji je nije smio ni dodirnuti. Citat prema Cheney:

“Tesla je upravo hotela upozorio kako je taj *uredaj* zapravo tajno oružje”, pisao je dr. Trump, te da bi mogao eksplodirati ako bi ga otvorila neovlaštena osoba. Zato su odmah, čim su mi otvorili podrum i pokazali gdje se kutija nalazi, upravitelj i čitavo osoblje žurno napustili prostoriju. Federalni agenti, koji su došli u pratnji dr. Trumpa, također su se povukli u dno podruma, navodno da bi mu olakšali pristup sanduku. Kutija je bila umotana u tvrdi smeđi papir i čitavom duljinom uvezana vrpcom. Prisjetio se kako je i sam oklijevao, pomislivši da je stvarno prekrasno vrijeme i pitajući se zbog čega i on sad nije negdje vani. Odložio je paket na stol i, provjeravajući vlastitu hrabrost, počeo džepnim nožićem oprezno rezuckati vrpcu. Uklonio je omot. Bila je to samo još jedna lijepo ulaštena drvena kutija, na pokrovu urešena mjeđenim zatvaračem. Morao je skupiti svu preostalu snagu i hrabrost da konačno oslobodi zatvarač i podigne pokrov. Unutra se nalazila desetljećima stara naprava za mjerenje otpora, kakvom su se služili u svakom malo boljem elektrolaboratoriju prije prijelaza stoljeća! Bio je to, dakle, posve uobičajen i standardni mjerni instrument... ommetar.”

Zbog čega je Tesla mislio da je zgodno niz godina djelatnicima i upravi tog hotela izazivati strepnju i užas bezazlenim predmetom? Možda se toliko naviknuo na to da mu se hotelski računi plaćaju iza leđa (vjerujući da su hoteli u kojima je živio počašćeni već i samim tim što njega imaju kao gosta, te da su stoga jednostavno otpisivali njegove račune), da se našao silno uvrijeđen činjenicom da je hotel Governor Clinton od njega drsko zatražio da podmiri neplaćeni račun od 400 dolara.

6. Kako birokratski zamutiti stvar

Tijekom istraživanja Cheney je uspjela rekonstruirati zbrku koju su razne vojne uprave SAD-a počinile u vezi s materijalima nađenim kod Nikole Tesle. Do svih tih podataka autorica je došla pozivajući se na amandman Ustava SAD-a o pravu na informacije, ali gotovo nakon trideset godina (kad je netko vjerojatno procijenio da je ta prepiska nevažna). Evo rekonstrukcije:

Između 1945. i 1947. godine došlo je do zanimljive razmjene pisama i telegrama između Tehničkog odjela Zrakoplovnog zapovjedništva u Wright Fieldu, u državi Ohio, unutar čijih se laboratorija obavilo mnogo istraživanja s oznakom “strogo povjerljivo” te između Vojne obavještajne službe u Washingtonu i Ureda za imovinu stranaca. Tema im je bila – spisi pokojnog Nikole Tesle.

Dana 21. kolovoza 1945. Tehnički odjel Zrakoplovnog zapovjedništva zatražio je od glavnog zapovjednika američkog zrakoplovstva u Washingtonu odobrenje da se dočasniku Bloyceu D. Fitzgeraldu omogući službeni put od sedam dana u Washington “zbog osiguravanja imovine koja je bila zaplijenjena da ne bi došla u ruke neprijatelju”.

Dana 5. rujna 1945. pukovnik Holliday iz Laboratorija za ispitivanje opreme u Pododjelu za pogonsko istraživanje i opremanje pismom se obratio Lloyd L. Shaulisu u Uredu za imovinu stranaca potvrđujući mu svoj razgovor s Fitzgeraldom i zahtijevajući fotostatske kopije koje je Trump poimence naveo kao Teslinu imovinu. Pritom je zaključio da će traženi materijali biti iskorišteni “u vezi s projektima za nacionalnu obranu na kojima ovaj Odjel radi”, te da će se sve primljeno vratiti u razumnom roku.

Bilo je to zadnji put da je Ured za imovinu stranaca ili bilo koja druga federalna agencija Sjedinjenih Američkih Država priznao da posjeduje Tesline papire koji su sadržavali podatke o njegovu istraživanju o naoružanju sa smrtonosnim zrakama. Shaulis je 11. rujna 1945. ovako odgovorio pukovniku Hollidayu: “Materijali koje ste zatražili poslani su Tehničkom odjelu Zrakoplovnog zapovjedništva na ruke poručnika Roberta E. Houlea. Te je priloge naš Ured predao na raspolaganje ratnom zrakoplovstvu radi njihove uporabe u pokusima. Molimo da se potom vrate.” Materijali nisu nikad vraćeni.

Riječ je bila o cjelovitim fotostatskim kopijama, a ne tek o skraćenim opisima Johna Trumpa. Ured za imovinu stranaca nije imao zabilježen podatak o tome koliko su kopija napravili oni koji su pregledavali papire zajedno s Trumpom. Mornarica također nema podataka o Teslinim papirima kao, uostalom, ni jedan od federalnih arhiva.

Začudo, samo četiri mjeseca nakon što su fotokopije poslane za Wright Field, pukovnik Ralph Doty, načelnik Vojnoobavještajne službe u Washingtonu, pismenim je putem javio Jamesu Markhamu iz Ureda za imovinu stranaca kako poslane fotokopije nisu nikad ni primili:

“Ovaj Ured ima potvrdu da se s vama stupilo u vezu iz Stožera, točnije, iz Tehničkog odjela Zrakoplovnog zapovjedništva u Wright Fieldu, te zahtijeva da pronađete materijale pokojnog znanstvenika dr. Nichole [sic] Tesle jer bi mogli sadržavati podatke od velike vrijednosti za Stožer. Rečeno nam je da bi vaš Ured mogao imati te materijale. Ako

je to točno, željeli bismo da nam dostavite svoj pristanak za posjet predstavnika Tehničkog odjela Zrakoplovnog zapovjedništva koji bi ih došao pregledati. Kako su navedeni materijali od velikog značaja za Zapovjedništvo, zahtijevamo da nas obavijestite o svakom pokušaju bilo koje druge agencije da dođe do njih. Zbog žurnosti predmeta, dopis šaljem po časniku za vezu iz našeg Ureda, nadajući se da ćete nam također žurno dostaviti tražene obavijesti.”

Ta *druga agencija*, koja je predmet imala u svojim rukama, ili ga je barem trebala imati, bio je sam Tehnički odjel Zrakoplovnog zapovjedništva! Dopis pukovnika Dotyja nosio je sukladno Zakonu o špijunaži oznaku državne tajne koja je skinuta 8. svibnja 1980. godine.

U postojećim evidencijama nije se našlo objašnjenje za tu neugodnu i neočekivanu nepriliku. Možda je to bilo razjašnjeno usmenim putem kad je časnik za vezu stigao na lice mjesta.

No, 24. listopada 1947. godine David L. Bazelon, pomoćnik načelnika Pravne službe i ravnatelj Ureda za imovinu stranaca, javio se službenim dopisom zapovjedniku Tehničkog odjela Zrakoplovnog zapovjedništva u Wright Fieldu u vezi s Teslinim fotostatskim kopijama, koje su kao preporučena pošiljka na njegov zahtjev bile odaslane pukovniku Hollidayju 11. rujna 1945. godine. “Naša evidencija pokazala je da materijal još nije vraćen”, pisao je Bazelon. Poslao je i njezin opis te zatražio da se papiri vrate.

Očigledno je barem dio Teslinih materijala ipak stigao do Wright Fielda jer je 25. studenog 1947. pukovnik Duffy, načelnik Odjela za elektroničko planiranje, Pododjel elektronike u Odsjeku za inženjering u Wright Fieldu poslao odgovor Uredu za imovinu stranaca: “Materijali se nalaze u našem Pododjelu elektronike, gdje se procjenjuje njihova valjanost.” Vjerovao je kako će taj posao biti obavljen do 1. siječnja 1948. godine te “ćemo tad stupiti u kontakt s Vašim Uredom, kako biste nam javili na koju ih adresu trebamo dostaviti”. Nema pismenih dokaza o tome je li Ured ikad više zatražio povrat dokumentacije, ali ona nije bila vraćena.

Godinama se govorkalo kako nepatentirani Teslini izumi nisu doprli samo do ratnog zrakoplovstva Sjedinjenih Američkih Država, nego i do SSSR-a te privatnih američkih tvrtki koje su radile u obrambenoj industriji, a na kraju čak i do nekih sveučilišnih istraživačkih laboratorija koji su proučavali naoružanje sa smrtonosnim zrakama.

Ured za imovinu stranaca susretao se tijekom godina s velikim problemom, objašnjavajući svoju ulogu i nadležnost nad Teslinom imovinom. Između 1948. i 1978. godine dovijali su se različitim načinima ne bi li odgovorili na mnoge upite. Evo i nekih pojedinosti tih odgovora:

“Iako je ovaj Ured sudjelovao u pregledavanju nekih materijala koji su bili vlasništvo pokojnog dr. Tesle, naša evidencija ne pokazuje da je bilo koji od njih bio predan ili da se nalazi pod nadležnošću ovog Ureda...”

“Ovaj Ured nikad nije imao pohranjenu (...) bilo kakvu imovinu Nikole Tesle...”

“Dok su se Teslini papiri nalazili kod nas na pohrani...”

“Fotostatske kopije određenih dokumenata, izrađene u vrijeme kad su se papiri nalazili pod našim pečatom...”

“Godine 1943. naš je Ured svojim pečatom zatvorio imovinu...”

“U vrijeme kad su Teslini papiri bili kod nas na čuvanju...” itd.

Onome što je danas Stožerni odjel aeronautskih sustava u zrakoplovnoj bazi Wright-Patterson u državi Ohio, Ured je odgovorio ovako:

“Organizacija (Laboratorij za istraživanje opreme) koja je obavljala procjenu valjanosti Teslinih papira već nekoliko godina ne postoji. Nakon što smo intenzivno tragali po inventurnom popisu koji je bio sastavljen prilikom njezina raspuštanja, u njemu nismo našli ni spomena o bilo kakvim Teslinim papirima. Stoga smo zaključili da su ovi dokumenti bili uništeni u vrijeme kad se Laboratorij zatvarao.”

Ovo je navedeno prema pismu Stožernog odjela aeronautskih sustava zrakoplovne baze Wright-Patterson biografinji Nikole Tesle od 30. srpnja 1980. godine. Margaret Cheney naknadno je iza navedenog dodala kurziv: *Odgovor sam ishodila pozivajući se na Zakon o slobodi informiranja dana 30. srpnja 1980.*

Iako je FBI predmet “Tesla” zatvorio 1943., on sam kao da nije želio ostati zatvoren. Iznova je otvoren 1957., kad se neki doušnik požalio kako New Yorkom hara par koji uokolo dijeli letke s “informacijama o letećim tanjurima i drugim međuplanetarnim pitanjima”, obilato pritom iskorištavajući izumiteljevo ime i slavu. Tvrdili su da su Teslini inženjeri nakon njegove smrti usavršili takozvani Teslin set, to jest radiouređaj za međuplanetarno komuniciranje, da taj uređaj radi još od 1950. godine i da su otad Teslini inženjeri u bliskom dodiru sa svemirskim brodovima izvanzemaljaca. FBI još je jednom odlučio kako nema potrebe djelovati pa je predmet iznova zatvoren.

Swezey nije nikad previše vjerovao glasinama o *tajnom oružju* pa je na to pitanje odgovorio:

“Kako je Tesla bio povučen čovjek, a posljednjih godina života osobito je volio razgovarati o raznim tajnovitim pojmovima, mislim da se isprelo mnogo legendi oko čitavog niza njegovih zamisli koje je, doduše, razvijao, ali mu drugi nisu dopustili da ugledaju svjetlost dana.”

Rekao je i da je izumitelja vrlo dobro poznao gotovo puna dva desetljeća prije njegove smrti:

“Teslin se genij najviše iskazao i zaplamtio tijekom dvanaestak godina prije prijelaza stoljeća te netom nakon njega. A ono što je radio poslije sadržavalo je zametke razvoja nekih postignuća kojima smo svjedoci danas, ali ni jedan od njih nije razvio – barem ne na papiru ili u bilo kakvom drugom opipljivom obliku – do praktične upotrebljivosti i...”

Zaključak

Kada se sve analizira, zaključak je da su se tajne službe i instituti u SAD-u ozbiljno bavili Teslinim bilješkama, ali da se ne može sa sigurnošću utvrditi kolika je korist od toga bila. S obzirom na to da se pojava lasera povezuje s Teslinim zrakama smrti, ostaje i nadalje tajna veza između lasera i Tesle.

Literatura

- [1] <http://images2.fanpop.com/images/photos/3300000/Tesla-Monument-at-Niagara-Falls-nikola-tesla-3363274-400-534.jpg>
- [2] <http://www.annenowell.com/blog/wp-content/uploads/2012/12/Tesla-Monument.jpg>
- [3] Tesla, N.: *Moji pronalasci*, Školska knjiga, Zagreb, 1977.
- [4] Tesla, N.: *Lectures – Patents – Articles*, Nikola Tesla Museum, Beograd, 1956.
- [5] Tesla, N.: *Dnevnik istraživanja, Colorado Springs, 1899.–1900.*, Nolit, Beograd, 1976.
- [6] Njegovan, V.: *Nikola Tesla 1856.–1943.*, Prosvjeta, Zagreb, 1956.
- [7] Muljević, V.: *Nikola Tesla slavni izumitelj*, Hrvatska zajednica tehničke kulture, Zagreb, 2000.
- [8] Bokšan, S.: *Nikola Tesla und sein Werk*, Deutscher Verlag, Wien, 1932.
- [9] O'Neill, J.: *Nenadmašni genij, Život Nikole Tesle*, Jug. Društvo N. Tesla, Beograd, 1956.
- [10] Cheney, M.: *Tesla – čovjek izvan vremena*, Osoba, Zagreb, 2003. (prijevod na hrvatski knjige *Tesla – Man Out of Time*)
- [11] Cheney, M.: *Tesla – Man Out of Time*, New York, 1979.
- [12] Sporazum Međunarodne elektrotehničke komisije u Münchenu 29. lipnja i 7. srpnja 1956., vidi i Swezey: “Nikola Tesla”
- [13] Dopis FBI-eva agenta Foxwortha na FBI-evu memorandumu rukovoditelju njujorškog Ureda FBI-a od 9. siječnja 1943.

- [14] Dopis pripadnika FBI-a D. M. Ladda na FBI-evu memorandumu E. A. Tamm u Washington od 11. siječnja 1943.
- [15] Rukom pisane obavijesti. Edward A. Tamm piše D. M. Laddu na FBI-evu memorandumu 11. siječnja 1943.
- [16] Pismo Stožernog odjela aeronautskih sustava zrakoplovne baze Wright-Patterson biografinji Margaret Cheney od 30. srpnja 1980.

Investigation of Tesla's *Lost Writings*. Did Tesla invented so called *radiations of dead*?

Josip Moser

Abstract: After Nikola Tesla died on 7 January 1943 in New York, a series of questions arose related to Tesla's notes and unpatented discoveries. Interest was aroused even during Tesla's lifetime when he presented his story to some journalist about "death rays", which would make any future war unnecessary.

Key words: Nikola Tesla – posthumous reports, Tesla's patents, unknown inventions

Zvonko Benčić, Branko Hanžek

Josip Lončar – student profesora Vinka Dvořáka, Stanka Hondla i Ladislava Stjepaneka

Sažetak: Josip Lončar studirao je fiziku i matematiku na Mudroslovnom fakultetu kr. Sveučilišta Franje Josipa I. u Zagrebu od 6. listopada 2010. do 23. ožujka 1915. godine. Nakon treće godine studija, akad. god. 1913./1914., studirao je na Faculté des sciences de l'Université de Paris u Francuskoj. U Zagrebu je predavanja iz eksperimentalne fizike slušao kod profesora Vinka Dvořáka i Stanka Hondla, a iz teorijske fizike kod dr. Ladislava Stjepaneka. U Parizu usavršava fiziku kod profesora Jeana Perrina i Marije Curie Skłodowske. Studij fizike na Mudroslovnom fakultetu u potpunosti je odredio njegovu profesionalnu karijeru: na Tehničkom fakultetu / Elektrotehničkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu osnovao je predmete Električna mjerenja i Osnove elektrotehnike. Usporedbom udžbenika Osnove elektrotehnike profesora Lončara s predavanjima profesora Stjepaneka mogu se uočiti mnoge sličnosti.

Ključne riječi: Josip Lončar, Mudroslovni fakultet kr. Sveučilišta Franje Josipa I., Tehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Elektrotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Fakultet za elektrotehniku i računarstvo Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za elektrotehniku, Zavod za osnove elektrotehnike i električna mjerenja, električna mjerenja, osnove elektrotehnike

Uvod

U članku nas zanima samo studij fizike Josipa Lončara na Mudroslovnom fakultetu kr. Sveučilišta Franje Josipa I. Naime, studij fizike uvelike

je odredio njegovu nastavničku karijeru na Tehničkoj visokoj školi u Zagrebu te na Tehničkom fakultetu / Elektrotehničkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

Evo ukratko njegovih prijelomnih životopisnih podataka [1]:

- rođen: 21. studenog 1891.
- upisao Mudroslovni fakultet: 6. listopada 1910.
- godinu dana studira u Parizu: akad. god. 1913./1914.
- završio studij: 23. ožujka 1915. (apsolutorij)
- gimnazijski namjesni učitelj, pravi učitelj, a zatim profesor (na Drž. II. realnoj gimnaziji u Zagrebu): 29. rujna 1915. – 23. srpnja 1931.
- doktor filozofije: 20. studenog 1920.
- imenovan honorarnim docentom na kr. Tehničkoj visokoj školi u Zagrebu (TVŠ) iz predmeta Teoretska elektrotehnika: 24. studenog 1921.
- imenovan honorarnim docentom na kr. Tehničkoj visokoj školi u Zagrebu (TVŠ) iz predmeta Optika 18. ožujka 1922.
- imenovan honorarnim docentom iz predmeta Osnove elektrotehnike i Električna mjerenja: 25. srpnja 1923.
- imenovan predstojnikom Laboratorija za električna mjerenja TVŠ-a: 2. svibnja 1924.
- TVŠ proglašen Tehničkim fakultetom Sveučilišta u Zagrebu: 31. ožujka 1926.
- primao televizijske slike iz Berlina, odn. Londona: 7./8. kolovoza 1930., odn. 12./13. kolovoza 1930.
- imenovan univerzitetskim docentom Tehničkog fakulteta u Zagrebu (tj. razriješen dužnosti na Drž. II. realnoj gimnaziji u Zagrebu): 23. srpnja 1931.
- imenovan izvanrednim profesorom: 12. studenog 1934.

- imenovan redovitim profesorom: 25. svibnja 1937.
- izabran za dopisnog člana JAZU: 1. lipnja 1937.
- objavio udžbenik *Uvod u električna mjerenja I. i II.*: 1937. odn. 1938.
- izabran za redovitog člana JAZU (izbor Privremenog odbora novoutemeljene Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti): 11. veljače 1947.
- objavio četvrto izdanje udžbenika *Osnovi elektrotehnike I. i II.* [4], [5]: konac 1956., odn. travanj 1958.
- umirovljen: 10. prosinca 1962.
- umro: 28. rujna 1973.

Uočimo da je tek nakon 16 godina rada na Drž. II. realnoj gimnaziji u Zagrebu, u četrdesetoj godini života, 1931. godine, profesor Lončar premješten na Tehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Godinu prije, 1930., Miroslav Plohl imenovan je redovitim profesorom za predmete *Jaka struja* i *Brodsko elektro-tehnika*.

Uočimo još da su za više od deset godina od osnivanja Više tehničke škole imenovani njezini prvi profesori na području elektrotehnike. Pod pritiskom Ministarstva prosvete u Beogradu, 31. srpnja 1922. Vijeće profesora VTŠ-a donijelo je zaključak da se napusti II. i IV. godište Elektrotehničkog odjela.

1. Student Josip Lončar

Potkraj studenog 1914. godine kandidat Josip Lončar dobio je domaće radnje iz fizike *Emisije elektrona kod visokih temperatura* i matematike *Monogene uniformne funkcije*.

Ipak, ambiciozni Lončar malo je požurio s molbom za završni ispit jer je tek 23. svibnja 1915. dobio apsolutorij koji je bio jedan od uvjeta za pristupanje završnom ispitu.

No, kako je Lončar u travnju 1915. bio unovačen, u 78. pješачku pukov-niju kao jednogodišnji dobrovoljac u Osijeku, jer je trajao Prvi svjetski rat, to se pisanje domaćih radnji otegnulo. Ipak 9. kolovoza 1915. bio je otpušten iz voj-ske zbog lošeg zdravstvenog stanja. Na taj je način radnje završio tek 27. pro-sinca 1915. Domaće radnje imale su 105 stranica, a ocijenjene su s odličan.



Slika 1.: Josip Lončar (Đakovo, 1891. – Zagreb, 1973.) kao maturant gimnazije u Vinkovcima (1910.)

Nakon što je položio sve dijelove ispita, Lončar je 8. svibnja 1916. preuzeo svjedodžbu da može poučavati matematiku i fiziku u svim razredima srednjih škola. Ta svjedodžba imala je značaj današnje diplome jer diplomskih ispita u to doba nije još bilo. Oni su na Sveučilište uvedeni propisom (uredbom) iz 1928. godine.

2. Profesori Josipa Lončara

Tablica 1. pokazuje da su nastavu fizike u Zagrebu držali profesori Vinko Dvořák, Stanko Hondl i Ladislav Stjepanek, a u Parizu profesori Edmond Bouty (1846. – 1922.), C. Gauchard i Maria Curie Skłodowska (1867. – 1934.).

Tablica 1.: Predmeti iz fizike koje je Josip Lončar slušao na Mudroslovnom fakultetu kr. Sveučilišta Franje Josipa I. u Zagrebu i na Faculté des sciences de l'Université de Paris

Nastavnik	Predmet	Broj sati	Semestar	Ocjena
Dvořák	Mehanika i akustika	5	z, 1910./1911.	k, dobar
Stjepanek	Teorija iona i elektroliza	2		k, odličan
Dvořák	Optika	4	lj, 1910./1911.	
Dvořák	Optika, vježbe	1		
Stjepanek	O ionima i elektronima	2		
Hondl	Teorija topline	4		
Dvořák	Povijest fizike	1	z, 1911./1912.	
Hondl	Magnetizam i elektricitet	5		
Hondl	Vježbe	1		
Dvořák	Povijest fizike	1	lj, 1911./1912.	k, vrlo dobar
Hondl	Optika	4		k. ?
Hondl	Magnetizam i elektricitet	2		
Stjepanek	Magnetska indukcija	1		
Hondl	Mehanika i akustika	5	z, 1912./1913.	k, odličan
Hondl	Vježbe	1		
Stjepanek	Elektricitet i magnetizam	4		k, odličan
Hondl	Fizikalna optika	2	lj, 1912./1913.	k, vrlo dobar
Hondl	Toplina	4		k, vrlo dobar
Stjepanek	Teoretska fizika: optika	4		
Stjepanek	Elektromagnetski valovi	1		
Bouty	Physique générale		z, 1913./1914.	
Bouty	Travaux pratique de Physique générale			
Gauchard	Mechanique rationnelle			
Bouty	Travaux pratique de Physique générale		lj, 1913./1914.	
Curie	Radioaktivité			
Hondl	Mehanika i akustika	5	z. 1914./1915.	

z – zimski semestar, k – kolokvij

lj – ljetni semestar

Dvořák je predavao od ljetnog semestra akad. god. 1875./1876. do umirovljenja 1911. godine. Kao umirovljeni profesor, na osnovi čl. 6. Sveučilišnog zakona predavao je *Povijest fizike* akad. god. 1911./1912.

Hondl je predavao od akad. god. 1902./1903. Godine 1911. imenovan je za izvanrednog, a 1915. za redovitog profesora. Sveučilišnu nastavnu karijeru završio je 1943., a umirovljen je dva puta – 1945. i 1946. godine.



Slika 2.: Profesor Vinko Dvořák (Dušejovč, Češka, 1848. – Zagreb, 1922.), osnivač Katedre i Kabineta za fiziku Mudroslovnog fakulteta kr. Sveučilišta Franje Josipa I. u Zagrebu (1875.)

Stjepanek je 1902. godine dobio pravo predavanja za mehaniku i znanost o magnetizmu i elektricitetu (tzv. privatni docent). Od 1912. predaje teorijsku fiziku. Godine 1919. imenovan je javnim izvanrednim, a 1920. redovitim sveučilišnim profesorom teorijske fizike. Umirovljen je 1943. godine.

Profesori Hondl i Stjepanek došli su istodobno na Mudroslovni fakultet i istodobno su završili nastavnu karijeru. Zanimljivo je da je Hondl preferirao teorijsku, a predavao eksperimentalnu fiziku, dok je Stjepanek obratno: preferirao eksperimentalnu, a predavao teorijsku fiziku. Stjepanek je bio odličan predavač; o tome nepoznati autor u Nastavnom vjesniku piše:

“Zanimljivo ovo predavanje pratili su svi s osobitim interesom i na koncu pozdravili predavača s živahnim poklicima: ‘živio!’. Ujedno naznačili članovi izjaviše želju, da se ova partija uzme u školsku knjigu i da se izvodi u svim srednjoškolskim zavodima, koji imaju potrebne aparate.”

Dakle, Josip Lončar slušao je zadnja predavanja profesora Dvořáka i prva predavanja profesora Hondla kao izvanrednog profesora te prva predavanja dr. Stjepaneka iz teorijske fizike kao privatnog docenta.

3.1. Program predavanja profesora Lončara iz Osnova elektrotehnike 1928. godine

U molbi za mjesto docenta podnesenoj 6. kolovoza 1928. godine, profesor Lončar priložio je sljedeći program predavanja (brojevi u zagradama označuju redoslijed predavanja):

- (1) Osnovni pojmovi, pojmovi i jedinice u magnetizmu
- (2) Magnetsko polje, magnetska indukcija, magnetski tok
- (3) Pojavi kod magnetiziranja
- (9) Elektromagnetizam
- (10) Teorija magnetskog kruga

3.2. Predavanja profesora Hondla prema skriptama Franje Ožegovića

Magnetizam

- Coulombov zakon
- Magnetski moment
- Pojam dimenzije fizikalnih veličina
- Magnetske silnice
- Gaussov magnetometer
- Određivanje deklinacije i inklinacije
- Magnetičnost
- Krivulja histereze
- Warburgova relacija
- Magnetska indukcija
- Zakon loma magnetskih silnica
- Tok magnetske indukcije
- Fluksmetar
- Magnetska napetost
- Veza jedinica ‘ersted’ i ‘amper uzvojnica na centimetar’
- Magnetski potencijometar
- Magnetski potencijal u nekoj točki
- Magnetski potencijal elementarnog magneta
- Potencijal magnetskog lista
- Paramagnetizam i dijamagnetizam
- Ideja o magnetizmu
- Eksperiment Einsteina i de Haasa
- Bohrov magneton
- Eksperiment Gerlacha i Sterna 1921.
- Ideje o paramagnetizmu, dijamagnetizmu i feromagnetizmu
- Barkhausenov pojav

- Magnetizam supravodiča
- Otpor bizmutove spirale
- Dobivanje niskih temperatura
- Zakretanje ravnine polarizacije u magnetskom polju
- Zeemanov efekt
- Lorentzova teorija normalnog Zeemanovog pojava

(4) Kratak pregled elektrostatike

(5) Osnovne električne jedinice i veličine

Elektrostatika

- Coulombov zakon
- Razmještaj elektriciteta na vodiču;
 - prva funkcija elektroskopa
- Potencijal; – druga funkcija elektroskopa – elektrometar
- Potencijal u nekoj točki el. polja
- Potencijal kugle
- Električna influencija
- Kapacitet
- Kondenzatori
- Dipoli
- Spajanje kondenzatora
- Elektroskopi i elektrometri
- Energija električnog naboja
- Sprave za dobivanje elektriciteta
- Johnsen i Rahbeckov pojav
- Lichtenbergove slike
- Djelovanje šiljaka. Elektricitet u zraku
- Najmanja množina elektriciteta
- Fotoelektrični efekt

(6) Električna struja

Električna struja

- Pad potencijala
- Voltin pojav
- Jakost el. struje
- Balistički galvanometar, ampermetri (ampermetar s pokretnim okvirom,
- Elektromagnetski ampermetar, toplinski ampermetar, elektrodinamski ampermetar,

(15) Osnovni pojmovi i zakoni izmjeničnih struja

- Ferrarisov ampermetar)
- Ohmov zakon
- Primjena Ohmovog zakona
- Opći Ohmov zakon
- O otporu kod različitih temperatura
- Razgranjivanje struje. Kirchhoffovi zakoni
- O otporu kod razgranjivanja
- Wheatstoneov most
- Poggendorffova metoda kompenzacije
- Energija električne struje
- Vatmetar
- Radnja el. struje
- Vođenje el. struje na daljinu

(7) Prenos energije na daljinu

(17) Efekt kod izmjeničnih struja

(15) Osnovni pojmovi i zakoni izmjeničnih struja

Izmjenične struje

- Efektivna srednja vrijednost napetosti i jakosti izmjenične struje
- Ohmov zakon izmjenične struje
- Snaga izmjenične struje

Termostruje

- Peltierov pojav
- Thomsonov pojav
- Benediksov pojav
- Djelovanje magneta na struju i obratno. Elektromagnetizam.
- Djelovanje magnetskog polja na struju
- Faradayevi rotacioni aparati
- O sustavima jedinica
- Teorija balističkog galvanometra

(12) Pojavi elektromagnetske indukcije i primjene; generatori struje

(13) Pojavi samoindukcije i međusobne indukcije

Inducirane struje

- Magnetoindukcija
- Veličina inducirane el. mot. sile
- Voltaindukcija ili sekundarne inducirane struje
- Samoindukcija
- Ohmov zakon za istosmjernu struju kod samoindukcije

- (25) Teorija općenitog transformatora bez željeza
- (26) Svitak sa željezom
- (27) Tehnički transformatori
- (24) Pojavi međusobne indukcije
- Energija kod samoindukcije
- Ohmov zakon za izmj. struju kod samoindukcije
- Samoindukcija i kapacitet u seriji
- Međusobno djelovanje primarne i sekundarne struje
- Transformator
- Teorija idealnog transformatora
- Ruhmkorffov induktor
- Električne oscilacije
- Usporedba električnih oscilacija sa oscilacijama njihala
- Lodgeov eksperiment
- Tesline struje
- Pokusi sa Teslinim transformatorom

Elektromagnetski valovi

- Pravocrtno širenje elektromagnetskih valova
- Refleksija
- Interferencija
- Koherer
- Pjevajući plamen. Duddelov eksperiment.
- Wienovo iskrište
- (14) Električni titraji u električnomu titrajnom krugu
- Električne oscilacije sa stalnom amplitudom
- Električni analogon Oberbeckova eksperimenta

Teme kojih nema u predavanjima profesora Hondla

- (16) Grafičko rješavanje problema izmjeničnih struja
- (18) Simbolička metoda rješavanja izmjeničnih problema
- (19) Razdvajanje i Wheatstoneov most kod izmjeničnih struja
- (20) Primjeri za “vektor-dijagrame” izmjeničnih struja
- (21) Polifazni i osobito trofazni sistemi
- (22) Efekt kod polifaznih struja
- Ventili
- Ispravljači
- Živin ispravljač
- Tungar ispravljač
- Graetzov ispravljač

Elektronika

- Lampa tinjalica
- Geisslerove cijevi
- Katodne zrake
- Kanalne zrake
- Astonov maseni spektroskop. Teorija.



Slika 3.: Profesor Stanko Hondl (Zagreb, 1873. – Zagreb, 1971.), predstojnik Fizikalnog kabineta Mudroslovnog fakulteta kr. Sveučilišta Franje Josipa I. u Zagrebu



Slika 4.: Prof. Ladislav Stjepanek (Novi Sad, 1874. – Zagreb, 1951.), prvi profesor teorijske fizike na Mudroslovnom fakultetu kr. Sveučilišta Franje Josipa I. u Zagrebu

- (23) Nesinusoidalne struje i napetosti
- (11) Djelovanje magnetskog polja na vodič kojim teče struja; motori
- (28) Općeniti pregled svojstava motora i generatora istosmjerne, izmjenične i trofazne struje
- (8) Elektroliza, akumulatori

- Röntgenove zrake
- Živina lampa

Treba istaknuti da Ožegovićeve skripta nemaju sadržaj, da poglavlja i odsječci nisu numerirani i da gradivo nije dovoljno usustavljeno.

3.3. Predavanja profesora Stjepaneka

Uvod

I. Odsjek: **Elektrostatika**

- &1. Coulombov zakon.
- &2. Elektrostatsko polje. Sila i potencijal u njemu.
- &3. Stokesov poučak.
- &4. Laplaceova jednačba.

- &5. Primjeri za potencijal.
- &6. Poissonova jednačba.
- &7. Potencijal el. mase razdjeljene na kružnoj plohi s polumjerom R .
- &8. Plošna divergencija vektora elektrostatske sile u jednom elektrostatskom polju.
- &9. Gaussova jednačba za tok sile.

- &10. Nivo ploha i silucrte u elektrostatskom polju. Elektrostatsko polje i potencijal V .
 - &11. Razdjeljenje elektricitete na konduktoru. Sila na površini konduktora. Kapaciteta konduktora.
 - &12. Električna influencija. Kondenzator.
 - &13. Električna energija nabijenih konduktora (sustava električnih konduktora).
 - &14. Dielektrika i dielektrična konstanta.
 - &15. Dielektrična polarizacija i električni pomak. Prava i slobodna elektriciteta.
 - &16. Slobodna elektriciteta od polarizacije u izolatoru. Odnosaj na granici dvaju sredstava
 - &17. Elektrostatsko polje u izolatoru.
 - &18. Coulombov zakon.
 - &19. Energija elektrostatskog polja.
 - &20. Maxwellove napetosti u elektrostatskom polju.
- II. Odsjek: **Magnetizam**
- &21. Coulombov zakon.
 - &22. Magnetsko polje.
 - &23. Potencijal magneta.
 - &24. Magnetička indukcija.
- III. Odsjek: **Električna struja i njezino magnetsko polje**
- &25. Osnovni zakoni za električnu struju.
 - &26. Diferencijalna jednadžba za magnetsko polje električne struje. Vektor-potencijal. Prva glavna jednadžba elektromagnetskog polja.
 - &27. Magnetski potencijal linearne struje.
 - &28. Elektrodinamički potencijal.
 - &29. Energija magnetskog polja sustava stacionarnih struja.
 - &30. Druga glavna jednadžba elektromagnetskog polja.
 - &31. Obje glavne jednadžbe elektromagnetskog polja i uvjet njihove valjanosti.
 - &32. Osnovna hipoteza Maxwellove teorije.
- IV. Odsjek: **Elektromagnetski titraji i valovi. Teorija svjetlosti.**
- &33. Titraji i valovi uopće. Uvod.
 - &34. Električni titraji izbijanjem kondenzatora.
 - &35. Vlastiti i nametnuti titraji vodiču.
 - &36. Ravni elektromagnetski val u izotropnom homogenom izolatoru.
 - &37. Svjetlost kao elektromagnetski val.
 - &38. Harmonički elektromagnetski titraj.
 - &39. Ravni elektromagnetski val u kakvomgod homogenom izotropnom sredstvu.
 - &40. Refleksija i lom elektromagnetskih valova (svjetlosti) na granici dvaju izolatora. (16. XI.33.)
 - &41. Refleksija na granici izolatora i vodiča.
 - &42. Stojni elektromagnetski val.
 - &43. Poyntingov poučak o strujanju energije u elektromagnetskom polju. (30.XI.33.)
 - &44. Rasprostiranje svjetlosti u kristalima. (5.XII. 33., 12.XII.33.)
 - &45. Ploha normala i ploha radijala.
 - &46. Jednoosni kristal. (16.I.34., 18.I.34.)

3.4. Opaske glede programa predavanja profesora Lončara, Hondla i Stjepaneka

Program predavanja profesor Lončar je napisao kao prilog molbi za mjesto docenta na Tehničkom fakultetu u Zagrebu. Prirodno je da su mu uzor bila predavanja njegovih profesora na Mudroslovnom fakultetu. Dopunio ih je temama zanimljivim za elektrotehniku: trofazni sustavi, fazorski prikazi te motori i generatori.

U Lončarovo studentsko vrijeme jedina mogućnost stjecanja tehničkih znanja u Hrvatskoj bila je na Mudroslovnom fakultetu kr. Sveučilišta Franje Josipa I. u Zagrebu. Tehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu utemeljen je 1926. godine, otprilike 25 godina nakon što su utemeljeni gotovo svi tehnički fakulteti u Europi i Americi.

Istaknimo i to da je Mudroslovni fakultet kr. Sveučilišta Franje Josipa I. u Zagrebu utemeljen 52 godine prije Tehničkog fakulteta.

4. Pogovor

Nakon umirovljenja 1962. godine, Zavod za fiziku Elektrotehničkog fakulteta kojem je tad bio predstojnik profesor Vatroslav Lopašić, dao je akad. Lončaru na raspolaganje dvije sobe. U te je sobe Lončar prenio svoj ured i biblioteku. Bilo je to u vrijeme preseljenja ETF-a u ‘neboder’, tad je Zavod za fiziku imao malo ljudi i puno prostora.

Razumljivo je da je Lopašić primio Lončara na svoj Zavod, iako se Lopašić rodio kad je Lončar već bio na drugoj godini studija. Završili su isti fakultet – Mudroslovni, i polagali su ispite kod istih profesora – Hondla i Stjepaneka. Drugim riječima, odgojeni su na istoj paradigmi. I Lončar i Lopašić bili su izvrsni eksperimentatori, Lončar u radiotehnici, a Lopašić u fizici.

Zaključak

Studij u doba Lončara bitno se razlikovao od današnjeg studija. U razdoblju od 1902. do 1928. studenti su samo slušali i eventualno kolokvirali neke predmete, a onda su apsolutorijem dokazivali da mogu obučavati u školama. Takav način studija prisiljavao je studente da traže poveznice između punktualnog znanja, da gradivu pristupaju holistički. Zbog obimnosti gradiva moralo se učiti s dubokim razumijevanjem.

Rad sa studentima bio je u službi odgajanja cjelovite osobe. Studente se odgajalo da je u profesionalnoj karijeri najvažnije nešto napraviti, tek onda nešto biti. No, danas je dobitak (novac) zamijenio bitak.

Literatura

- [1] *Josip Lončar – Život i djelo*, ur. Vojislav Bego i Josip Butorac, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti i Elektrotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1993.
- [2] *Stanko Hondl – Život i djelo*, ur. Snježana Paušek-Badždar i Ksenofont Ilakovac, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb, 2014.
- [3] *160. obljetnica rođenja Vinka Dvořáka*, Zbornik radova sa znanstvenog skupa održanog 22. listopada 2006. u Zagrebu, ur. Ksenofont Ilakovac, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb, 2009.
- [4] Josip Lončar: *Osnove elektrotehnike*, knjiga prva, četvrto (prošireno) izdanje, Tehnička knjiga, Zagreb, 1956.
- [5] Josip Lončar: *Osnove elektrotehnike*, knjiga druga, četvrto (prošireno) izdanje, Tehnička knjiga, Zagreb, 1958.
- [6] *Teoretska fizika, I. dio*, napisana po predavanjima prof. Stjepaneka (autor nije naveden), Centralni klub studenata filozofije, 1946.
- [7] Vladimir Benčić: *Bilješke s predavanja iz fizike na Mudroslovnom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu*, 1930. – 1935.
- [8] III. društveni sastanak 8. studenoga 1905., prof. dr. Ladislav Stjepanek: *O pokusima sa izmjeničnim strujama brze izmjene i velike napetosti po Tesli u srednjoj školi*, Nastavni vjesnik, broj XIV. (1905. – 1906.), str. 320–322.

Josip Lončar – Student of Professors Vinko Dvořák, Stanko Hondl and Ladislav Stjepanek

Zvonko Benčić, Branko Hanžek

Abstract: Josip Lončar studied physics and maths at the Faculty of Philosophy (Mudroslovni fakultet) of the Royal University of Franz Joseph I in Zagreb, from 6 October 1910 to 23 March 1915. After his third year of studies, in the 1913/14 academic year, he studied at the Faculté des sciences de l'Université de Paris in France. He attended lectures on experimental physics given by Prof. Vinko Dvořák and Stanko Hondl, and on theoretical physics given by Dr. Ladislav Stjepanek. He studied physics further in Paris under Prof. Jean Perrin and Marie Curie Skłodowska. His study of physics at the Faculty of Philosophy completely shaped his professional career. At the Technical Faculty (Electrical Engineering) of the University of Zagreb he founded courses in Electrical Measurements and Fundamentals of Electrical Engineering. In a comparison of the textbook *Fundamentals of Electrical Engineering* by Prof. Lončar with the lectures given by Prof. Stjepanek, many similarities may be seen.

Key words: Josip Lončar, Mudroslovni fakultet kr. Sveučilišta Franje Josipa I. (Faculty of Philosophy of the Royal University of Franz Joseph I), Technical Faculty of the University of Zagreb, Electrotechnical Faculty of the University of Zagreb, Faculty of Electrical Engineering and Computing of the University of Zagreb, Department of Electrical Engineering, Department of Basic Electronic Engineering and Electrical Measurements

Branko Hanžek, Zvonko Benčić

Akademik Josip Lončar – novi bibliografski prinosi

Sažetak: Na osnovi izvornih istraživanja iznose se novi, dosad neobjavljeni podaci bibliografske prirode o akademiku Josipu Lončaru. Nakon što je dan detaljan pregled objavljenih radova Josipa Lončara – koje je dosad najpotpunije iznio Vladimir Muljević (85 objavljenih referencija) – autori dopunjuju Lončarovu bibliografiju objavljujući prvi put popis novih radova. Izneseni su naslovi trideset i četiri (34) dosad nespomenuta Lončarova rada, jedan (1) rad izostavljen iz dosad najpotpunije Muljevićeve bibliografije, te dvije (2) nespomenute natuknice (uz 12 već spomenutih) iz Ujevićeve Hrvatske enciklopedije.

Ključne riječi: Josip Lončar, autorska bibliografija, JAZU

Uvod

O životu i djelu Josipa Lončara pisano je već dosta puta (sve od 1937. pa do 2015.). O njemu su najprije pisali Vladimir Varićak, Željko Marković, Stanko Hondl [1] pa Viktor Pinter [2, 3], mnogi drugi, sve do najnovijeg rada Zvonka Benčića i Branka Hanžeka [4]. Uglavnom je bilo riječi o životopisnim podacima, a vrlo je rijetko navođena njegova autorska bibliografija.

S namjerom da se to promijeni, u ovom radu naglasak će biti na Lončarovo-voj bibliografiji. Tako će se postići dvostruki cilj. Ne samo da će se obogatiti popis njegovih radova, nego će se moći kompleksnije upoznati i njegov život. Na taj će se način oživjeti njegova osobnost u svojoj cjelovitosti.



Slika 1.: Fotografija Josipa Lončara

Namjera autora rada je pružiti mogućnost čitateljima da u prodiranju u veličinu Lončarove osobnosti mogu izgrađivati najneposrednije osobne dojmove, i to čitajući i vrednujući njegova vlastita djela.



Slika 2.: Karikatura Josipa Lončara

1. Dosad popisana autorska bibliografija Josipa Lončara

1.1. Autorska bibliografija – udžbenici, časopisi, novine

Radove Josipa Lončara dosad je navodilo nekoliko autora. To su bili: Vladimir Varićak, Željko Marković i Stanko Hondl koji su to učinili u *Ljetopisu JAZU* za godinu 1936./37., sv. 50, Zagreb, 1938., str. 120–122. Oni su objavili popis od 20 Lončarovih radova. Najpotpunija autorska bibliografija dosad objavljena je u knjizi *Josip Lončar – život i djelo* u nakladi HAZU-a i ETF-a, Zagreb, 1993., u kojoj iznesen i najopsežniji Lončarov životopis. Autor priloga bio je Vladimir Muljević [5]. U toj knjizi je objavljeno, kronološkim načinom iznošenja, 85 naslova radova Josipa Lončara. Ovdje prenosimo popis tih radova.

1917. godina

- D.1 *Monogene neanalitičke funkcije*, Glasnik Hrvatskog prirodoslovnog društva, Zagreb, 29(1917), br. 3/4, str. 115–156. Izašlo i kao separat.

1919. godina

- D.2 *Naša rasvjeta*, Priroda, Zagreb, 9(1919), br. 1, str. 11–23.
D.3 *Motori na acetilen*, Priroda, Zagreb, 1919.
D.4 *Modri ugljen*, Priroda, Zagreb, 1919.
D.5 *Vjetar u visokim slojevima*, Priroda, Zagreb, 1919.

1920. godina

- D.6 *Upotreba plemenitih plinova u elektrotehnici*, Tehnički list, Zagreb, 3(1920), br. 4., str. 46–47.
D.7 *Historijsko-kritički prikaz drugog glavnog stavka termodinamike*, doktorska disertacija, Filozofski fakultet, Zagreb, 1920., 142 str.

1921. godina

- D.8 *O sastavu materije*, Priroda, Zagreb 11(1921), br. 2. i 3., str. 28–32 i 52–55.
D.9 *Znatno proširenje skrajnjeg ultravioletnog dijela spektra*, Tehnički list, Zagreb, 3(1921), br. 5., str. 57–58.
D.10 Prikaz knjige: A. Sommerfeld *Atombau und Spektrallinien*, Vieweg und Sohn, Braunschweig, 1921., u Tehničkom listu, Zagreb, 3(1921), br. 5, str. 60,

1923. godina

- D.11 *Osnovi elektrotehnike I. i II.*, predavanja na Visokoj tehničkoj školi u Zagrebu (prvo izdanje), skripta, Udruženje slušača Tehničke visoke škole, Zagreb, 1923.

1924. godina

- D.12 *Dull emitters, elektronske cijevi koje rade kod niskih temperatura*, Tehnički list, Zagreb, 6(1924), br. 16., str. 199.
- D.13 Osvrt na: *The Wireless Annual 1924 for Amateurs and Experimenters*, Tehnički list, Zagreb, 6(1924), br. 20., str. 262.

1926. godina

- D.14 *Znanstveni signali u radiotehnici*, Mladost, Zagreb, 4(1926), br. 5., str. 115–118.

1927. godina

- D.15 *Metri ili kilocikli?*, Radio Vjesnik, službeno glasilo radiostanice Zagreb, 2(1927), br. 1., str. 4.
- D.16 *Alessandro Volta (k stotoj godišnjici smrti velikog fizičara)*, Novosti, Zagreb, 3. III. 1927., str. 9.
- D.17 *Konstrukcija radiostanica za primanje*, I. dio, Zagreb, 1927., Naklada pisca, 131 str., 68 slika.
- D.17a *Gdje leži krivnja?*, Radio Vjesnik, Zagreb, II (1927), br. 3., str. 31–32.
- D.17b *Što da se čini?*, Radio Vjesnik, Zagreb, II (1927), br. 5., str. 59–60.

1928. godina

- D.18 *Film koji govori*, Filmska revija, Zagreb, 1(1928), br. 12., str. 3–6.
- D.19 *O visokofrekventnom pojačavanju*, rukopis, 7 strojem pisanih stranica, 1928.
- D.20 *Radio-Ljubljana sendet*, Radiowelt, Wien, 1928., br. 37., str. 380.

1929. godina

- D.21 *Konstrukcija radiostanica za primanje*, II. dio, Zagreb, 1929., naklada pisca, 58 str., 36 slika, 4 tablice.

1930. godina

- D.22 *O prijemnim smetnjama od električnih naprava*, Radio, Zagreb, 2(1930), br. 4., str. 1–2.
- D.23 *Fernsehempfang in Jugoslawien*, izvještaj o prijemu TV slika, Fernsehen, Berlin, 1(1930), Nr. 10., str. 469.
- D.24 *Izvještaj o prijemu TV slika*, Television, London, 3(1930), Nr. 32., str. 334.

1931. godina

- D.25 *Konstrukcija radiostanica za primanje (osnovi radiofonske prijemne tehnike s dodacima o električnoj reprodukciji zvuka i o televiziji)*, Jugoslavensko nakladno d.d., Obnova, Zagreb, 1931., 184 str., 138 slika.

1932. godina

- D.26 Prikaz knjige Slavka Bokšana: *Nikola Tesla und sein Werk*, Deutscher Verlag für Jugend und Volk, Wien, 1932., Tehnički list, Zagreb, 14(1932), br. 15/16, str. 207–208.
- D.27 Prikaz knjige Slavka Bokšana: *Nikola Tesla und sein Werk*, Deutscher Verlag für Jugend und Volk, Wien, 1932., Naša pošta, Beograd, 9(1932), str. 329–332.
- D.28 Prikaz knjige Slavka Bokšana: *Nikola Tesla und sein Werk*, Glasnik Jugoslavenskog profesorskog društva, Beograd, 13(1932), br. 4., str. 384–386.
- D.29 *Osnovi elektrotehnike I. i II. dio* (po predavanjima u zimskom odnosno ljetnom semestru 1931/32), skripta, drugo izdanje, Udruženje slušača Tehničkog fakulteta, Zagreb, 1932., (182 str. i 206 sl.) + (171 str. i 203 sl.).

1933. godina

- D.30 *O grafičkom rješavanju nekih problema o električnim izolatorima i srodna pitanja*, Tehnički list, Zagreb, 15(1933), br. 3/4, str. 41–44.
- D.31 *Dalji prilozi grafičkom rješavanju nekih tipova problema izmjenične struje*, Rad JAZU, 249(1934), predano 1933, Zagreb, 14 str., izašlo i kao separat.
- D.32 *Weitere Beiträge zur graphischen Lösung einiger Typen von Wechselstromproblemen*, Bulletin International de l'Academie Yougoslave, Zagreb, 27(1933), Livre XXVII, str. 205–212.
- D.33 *Einige Beobachtungen bei Oszillographieren*, Elektrotechnische Zeitschrift (ETZ), 54(1933), Heft 22., Berlin, str. 522–523.
- D.34 *Iz teorije i prakse katodnih oscilograma, I. i II. dio*, Tehnički list, Zagreb, 15(1933), br. 12/13, str. 177–182 i br. 16/17, str. 235–240.
- D.35 *Noviji pokusi o utjecaju visokih slojeva atmosfere na valove radija*, Priroda, Zagreb, 23(1933), br. 7., str. 215–220.

1934. godina

- D.36 *Versuche über Registrierungen von Schwunderscheinungen mittels Kathoden-strahlröhre unter Aufwand von möglichst Geringen Mitteln*, Elektrotechnik und Maschinenbau (E. u. M.), Wien, 52(1934), Nr. 28., str. 328–329.

- D.37 Recenzija knjige Pavla Miljanića: *Teorija prostiranja telefonskih struja i Pupinov postupak*, Tehnički list, Zagreb, 16(1934), br. 1/2.
- D.38 Prikaz knjige Manfred von Ardene: *Kathoden-strahlenröhre*, Tehnički list, Zagreb, 16(1934), br. 5/6.
- D.39 *O novim usavršenim keramičkim dielektričkim masama*, Tehnički list, Zagreb, 16(1934), br. 9/10, str. 164–165.

1935. godina

- D.40 *Osnovi suvremene borbe protiv buke*, Priroda, Zagreb, 25(1935), br. 6, str. 170–178. Izašlo i kao separat.
- D.41 *Jezgre sa željezom u visokofrekventnoj tehnici*, Tehnički list, Zagreb, 17(1935), br. 9/10, str. 139–140.
- D.42 *Über Feldstärkeregistrierung mittels Kathoden-strahlröhre unter Verwendung von Zwischenfrequenz*, Elektrotechnik und Maschinenbau (E. u. M.), Wien 53(1935), br. 44., str. 525–526.

1936. godina

- D.43 *Cijevni voltmetri s novim liliput cijevima za ultrakratke valove*, Tehnički list, Zagreb, 18(1936), br. 9/10, str. 138–145.
- D.44 *Potrebna eksperimentalna istraživanja o registracijama fedinga radiosignala i visokofrekventnih prijemnih smetnji*, Rad JAZU, Zagreb, 256(1936), str. 125–140. Izašlo i kao separat.
- D.45 Prikaz knjige Arthura Haasa: *Atomtheorie*, 3. Auflage, Walter de Gruyter & Co., Berlin, 1936., Glasnik Jugoslavenskog profesorskog društva, Beograd, 16(1936), br. 8., str. 769.

1937. godina

- D.46 *O savremenoj televiziji*, Osnovni problemi, sadašnje stanje i smjernice razvoja, Stj. Kugli, Zagreb, 1937., 32 str., 15 sl.
- D.47 Osvrt na knjigu Fritza Vilbiga: *Lehrbuch der Hochfrequenztechnik*, Leipzig, 1937., Tehnički list, Zagreb, 19(1937), br. 3/4, str. 58/59.
- D.48 Osvrt na knjigu: *VDE-Vorschriftenbuch*, 21. Auflage, Berlin 1937., Tehnički list, Zagreb, 19(1937), br. 3/4, str. 58–59.
- D.49 Osvrt na knjigu: *Eshbach's Handbook of Engineering Fundamentals*, Tehnički list, Zagreb, 19(1937), br. 3/4, str. 58–59.
- D.50 Osvrt na knjigu: *Pender's Handbook for Electrical Engineering*, Tehnički list, Zagreb, 19(1937), br. 3/4, str. 58–59.
- D.51 *Vergleich Experimental-Untersuchungen über Registrierung von Schwunderscheinungen beim Funkempfang und von hochfrequenten Empfangenstörungen*, Bulletin International de l'Academie Yougoslave, Zagreb, 1937., Livre XXXI.

D.52 *Uz prelaz s internacionalnih praktičkih jedinica na apsolutne*, Glasnik Jugoslavenskog profesorskog društva, Beograd, 17(1937), br. 7., str. 551–556.

D.53/1 *Uvod u električna mjerenja*, Prvi dio, Naklada pisca, Zagreb, 1937., 124 str., 126 sl.

1938. godina

D.54 *Osnovi elektrotehnike*, skripta, 3. izdanje, Litografija Udruženja slušača Tehničkog fakulteta, Zagreb, 1938., 403 str., 432 crteža.

D.53/2 *Uvod u električna mjerenja*, Drugi dio, Naklada pisca, Zagreb, 1938., 172 str., 154 sl.

1941. godina

D.55/1 *Osnovi elektrotehnike*, Knjiga prva, prvi svezak, Naklada pisca, Zagreb, 1941., 104 str.

1942. godina

D.55/2 *Osnovi elektrotehnike*, Knjiga prva, drugi svezak, Naklada pisca, Zagreb, 1942., str. 105–304.

D.55=D.55/(1+2) *Osnovi elektrotehnike*, Knjiga prva, prvi i drugi svezak, Naklada pisca, Zagreb, 1941., 1942., 304 str., 192 sl.

1943. godina

D.53=D.53/(1+2) *Uvod u električna mjerenja*, drugo nepromijenjeno izdanje, Naklada pisca, Zagreb, 1943., str. (124 + 172) str. + (126 + 154) sl.

1946. godina

D.55 *Osnovi elektrotehnike*, Knjiga prva, drugo nepromijenjeno izdanje, tisak Nakladni zavod Hrvatske, Naklada pisca, Zagreb, 1946., 304 str., 192 sl.

D.56/1 *Osnovi elektrotehnike*, Knjiga druga, prvi svezak, tisak Nakladni zavod Hrvatske, Naklada pisca, Zagreb, 1946., str. 1–160.

1947. godina

D.56/2 *Osnovi elektrotehnike*, Knjiga druga, drugi svezak, tisak Nakladni zavod Hrvatske, Naklada pisca, Zagreb, str. 161–368.

D.56=D.56/(1+2) *Osnovi elektrotehnike*, Knjiga druga, tisak Nakladni zavod Hrvatske, Naklada pisca, Zagreb, 1947., 368 str., 344 sl.

1948. godina

D.57 *Osnovi elektrotehnike*, Knjiga prva, treće prošireno izdanje, tisak Nakladni zavod Hrvatske, Zagreb, 1948., 359 str., 254 sl.

1949. godina

- D.58 *Osnovi elektrotehnike*, Knjiga druga, treće prošireno izdanje, tisak Nakladni zavod Hrvatske, Zagreb, 1949., 323 str., 204 sl., (numeracija slika je nastavljena iz I. knjige te završava s brojem 548).

1951. godina

- D.58a *Prvi počeci*, Radio, Zagreb, 1951., str. 2–4.
Pretisak ovog članka nalazi se u časopisu Elektrotehničar, Zagreb 1986., br. 1., str. 2–4.

1952. godina

- D.59 *Eksperimentalna istraživanja nekih visoko-vakuumskih sustava*, Glasnik matematičko, fizički i astronomski, Zagreb, 7(1952), br. 4., str. 197–218.
D.60 *Experimental investigations of some high vacuum systems*, Glasnik matematičko, fizički i astronomski, Zagreb, 7(1952), br. 4.

1953. godina

- D.61 *Uz desetogodišnjicu smrti Nikole Tesle*, Glasnik matematičko, fizički i astronomski, Zagreb, 8(1953), br. 1., str. 54.
D.62 *O nekim mogućnostima električkih mjerenja u vakuumu*, Glasnik matematičko, fizički i astronomski, Zagreb, 8(1953), br. 1.
D.63 *On some possibilities in electrical vacuum metering*, Glasnik matematičko, fizički i astronomski, Zagreb, 8(1953), br. 1., str. 52–53.

1954. godina

- D.64 *O mjerenjima kod ispitivanja zaštite od rentgenskih i gama radijacija*, Arhiv za higijenu rada, Zagreb 5(1954), str. 330–350.
D.65 *Istraživanja s eksperimentalnim baterijskim elektronskim bljeskom*, Elektrotehnički vjesnik, Zagreb, 22(1954), br. 11/12, str. 361–365.
D.65 Isti članak na slovenskom jeziku, Elektrotehniški vestnik, Ljubljana 22(1954), br. 11/12.

1956. godina

- D.66 *Osnovi elektrotehnike*, Knjiga prva, četvrto prošireno izdanje, Tehnička knjiga, Zagreb, 1956, 359 str., 254 sl.

1958. godina

- D.67 *O nekim novim poluvodičima i njihovim primjenama u elektrotehnici*, Elektrotehnika, Zagreb, 1(1958), br. 1/2, str. 53–62 i br. 3, str. 4–13.

D.68 *Osnovi elektrotehnike*, Knjiga druga, četvrto prošireno izdanje, Tehnička knjiga, Zagreb, 1958., 347 str., 304 sl. (numeracija slika je nastavljena iz I. knjige, te završava s brojem 558).

D.69 *K desetgodišnjici pronalaska tranzistora*, Elektrotehničar, Zagreb, 14(1958), br. 78.

1959. godina

D.70 *Kako se mjere ionizirajuća zračenja*, Nauka i tehnika, 1959.

D.70 *Kako se mjere ionizirajuća zračenja*, Vjesnik, Zagreb, 19. travnja 1959., str. 8.

1960. godina

D.71 *Uvod u električna mjerenja*, treće prošireno izdanje, Tehnička knjiga, Zagreb, 1960., 346 str., 308 sl.

D.72 *Maseri – naprave za molekularna pojačavanja mikrovalnih i optičkih signala*, Elektrotehnika, Zagreb, 3(1960), br. 4, str. 154–157.

D.73 *Kontrolirani silicijski ispravljači – značajan napredak u tehnici poluvodiča*, Elektrotehničar, Zagreb, 16(1960), br. 1/2. Izašlo i kao separat.

D.74 *Tunelske diode*, Elektrotehničar, Zagreb 16(1960), br. 5–6, str. 69–71.

1961. godina

D.75 *O termoelektričnom hlađenju*, Tesla, Beograd, 9(1961), br. 2., str. 10–14.

1962. godina

D.76 *Iz najnovijeg razvoja lasera*, Elektrotehnika, Zagreb, 5(1962), br. 1/2, str. 5–7.

1963. godina

D.77 *Izveštaj o studijskom putu u Zapadnu Njemačku*, Ljetopis JAZU, Zagreb, 69(1963), str. 292–294. Izašlo i kao separat.

1964. godina

D.66' *Osnovi elektrotehnike*, Knjiga prva, peto izdanje (smanjeno preslikano četvrto izdanje), Komisija za udžbenike i skripta Sveučilišta u Zagrebu, 1964, 359 str., 254 sl.

D.68' *Osnovi elektrotehnike*, Knjiga druga, peto izdanje (smanjeno preslikano četvrto izdanje), Komisija za udžbenike i skripta Sveučilišta u Zagrebu, 1964, 347 str., 304 sl.

- D.78 *K novim prihvaćanjima (u USA) internacionalnog sistema jedinica MKSA, odnosno sistema SI (Système International)*, Elektrotehnika, Zagreb, 7(1964), br. 2., str. 99–100.

1965. godina

- D.71' *Uvod u električna mjerenja*, četvrto izdanje (preslikano treće izdanje), Tehnička knjiga, Zagreb, 1965., 346 str., 308 sl.

1966. – 1968. godina

- D.79 *Direktno konverzioni generatori*, rukopis elaborata za Elektrotehnički institut tvornice Rade Končar.
 D.80 *Termoelektrički refrigeneratori*, rukopis elaborata za Elektrotehnički institut tvornice Rade Končar.
 D.81 *Proizvodnja vrlo visokih vakuuma*, rukopis elaborata za Elektrotehnički institut tvornice Rade Končar.
 D.82 *Mjerenje vrlo visokih i ultravisokih vakuuma*, rukopis elaborata za Elektrotehnički institut tvornice Rade Končar.
 D.83 *Supravodljivost*, rukopis elaborata za Elektrotehnički institut tvornice Rade Končar.
 D.84 *Supravodljivi magneti*, rukopis elaborata za Elektrotehnički institut tvornice Rade Končar.

1969. godina

- D.85 *Nove električne naprave s direktnom konverzijom energije*, Elektrotehnika, Zagreb, 12(1969), br. 1., str. 25–50.
 D.66' *Osnovi elektrotehnike*, Knjiga prva, šesto izdanje (preslikano četvrto), Tehnička knjiga, Zagreb, 1969, 359 str., 254 sl.

Na ovom mjestu treba navesti naziv jednog rada koji nigdje, osim u *Ljetopisu JAZU* za godinu 1936/37 (sv. 50., Zagreb, 1938., str. 120–122), nije ponovno naveden. To je referat uz 75-godišnjicu Nikole Tesle i Bokšanovu knjigu *Nikola Tesla und sein Werk* u londonskom časopisu *Electrician*, Vol. CIX, No. 2844., London, 1932.

1.2. Autorska bibliografija – Hrvatska enciklopedija

Zvonimir Jakobović je u *Radovima Leksikografskog zavoda*, knj. 9., Zagreb, 2000., str. 147–151 naveo u svojem članku 12 natuknica koje je Lončar napisao u *Hrvatskoj enciklopediji* i koje poslije nigdje nisu navođene [6]. Jakobović je natuknice pobliže označio brojem poluredaka dok ćemo za ovu prigodu, radi lakšeg snalaženja, navesti na kojim se stranicama enciklopedije ta natuknica nalazi.

Hrvatska enciklopedija, sv. 1. (A–Autom), Zagreb, 10. veljače 1941. godine, 808 str.:

1. Alexander, Ernst, str. 220.
2. Ampermetar, str. 385.
3. Ampflikatori, str. 385.
4. Antena, str. 469, 470.
5. Arco, Georg grof, str. 568.
6. Armatura, str. 631.

Hrvatska enciklopedija, sv. 3. (Boja–Cleveland), Zagreb, 21. listopada 1942. godine, 800 str.:

1. Bolometar, str. 48.
2. Brojila električka, str. 380–381.

Hrvatska enciklopedija, sv. 4. (Cliachit–Diktis), Zagreb, 1942. godina, 776 str.:

1. Članak električki, str. 327, 328, 329.

Hrvatska enciklopedija, sv. 5. (Dilatacija-Elektrika), Zagreb, 2. svibnja 1945. godine, 738 str.:

1. Edison, Thomas Alva, str. 552, 553.
2. Elektronske cievi, str. 715, 716, 717, 718, 719.
3. Elektroskopi, str. 725.

2. Dosad nepopisana bibliografija Josipa Lončara [7, 8]

Osim toga, ovdje ćemo prvi put objelodaniti dvije Lončarove natuknice u Hrvatskoj enciklopediji koje dosad nisu uočene i objavljivane. To su natuknice koje se nalaze u sv. 1. i sv. 5.

Hrvatska enciklopedija, sv. 1.

1. Akumulatori, str. 155, 156.

Hrvatska enciklopedija, sv. 5.

1. Elektrometri, str. 708.

Nadalje, još nisu objavljeni sljedeći radovi:

1904./1905. godina

LZ1 *Trinaesti*, Pobratim, XV/1904.–1905., br.12., str. 262–263.

1918. godina

LZ2 *Vaganje u nauci*, Priroda, 1918./VIII. god., br. 2., str. 40–42.

1919. godina

- LZ3 *Umjetna kiša*, Omladina, III/1919., br. 2., str. 45.
LZ4 *Sterilizacija zraka*, Omladina, III/1919., br. 2., str. 46.
LZ5 *Zemaljska ura*, Omladina, III/1919., br. 3. i 4., str. 92.
LZ6 *Osjetljivost na zrake svjetlosti*, Omladina, III/1919., str. 93.
LZ7 *Teorija relativnosti i prošlogodišnja totalna pomrčina Sunca*, Omladina, III/1919.–20., br. 6., str. 141–142.

1920. godina

- LZ8 *Kako se mjere visine bregova*, Omladina, 1920., br. 7. i 8., str. 181–184.

1921. godina

- LZ9 *J. Plotnikov: Lehrbuch der allgemeine Photochemie*, Tehnički list, III/1921., br. 5., str. 60.
LZ10 *Upotreba plemenitih plinova u elektrotehnici*, Tehnički list, III/1921., br. 4., str. 46–47.

1924. godina

- LZ11 *Elektronske cijevi koje rade kod niskih temperatura ("Dull Emitterd")*, Radio-Šport, 1/1924., br. 15./16., str. 1–2.

1926. godina

- LZ12 *Povećava li antena opasnost od munje?*, Tehnički list, VIII/1926., br. 4., str. 61.

1927. godina

- LZ13 *Nova velika radiostanica u Velikoj Gorici*, Jutarnji list, XVI/1927., br. 5637., str. 12–13.

1928. godina

- LZ14 *Pčelarsko pismo*, Hrvatska XLVIII/1928., br. 4., str. 72–74.

1929. godina

- LZ15 *Povećava li antena opasnost od munje?*, Strojarski vjesnik, 3/1929., br. 9., str. 6.
LZ16 *Savremeni problemi radiotehnike*, Radio, I/1929., br. 2., str. 1–2.

1930. godina

- LZ17 *Problem prijemnih smetnja*, Jutarnji list, XIX/1930., br. 6444., str. 23.
LZ18 *O prijemnim smetnjama od električnih naprava*, Jutarnji list, XIX/1930., br. 6472., str. 23.

- LZ19 *Nekoliko savjeta o prijemu na daljinu*, Jutarnji list, XIX/1930., br. 6479., str. 23; br. 6486., str. 23; br. 6493., str. 23.
- LZ20 *Školski radio u čehoslovačkoj republici*, Jutarnji list, XIX/1930., br. 6574, str. 19.
- LZ21 *O električnom gledanju u daljinu (televizija)*, Jutarnji list, XIX/1930., br. 6602., str. 19.
- LZ22 *Moji utisci kod prvoga primanja televizije*, Jutarnji list, XIX/1930., br. 6664., str. 10.

1931. godina

- LZ23 *Jedan značajan jubilej k 25-godišnjici Liebenova patenta za pojačanje cijevima*, Jutarnji list, XX/1931., br. 6858., str. 15.

1934. godina

- LZ24 *Dalji prilozi grafičkom rješavanju nekih tipova problema izmjenične struje*, Rad JAZU, Zagreb, knj. 249 (1934), str. 1–14.

1936. godina

- LZ25 *Elektrische Messungen*, Werner Skirl, Berlin, Tehnički list, XVIII/1936., br. 19–20, str. 313–314.

1939. godina

- LZ26 *O izumima*, Novosti, XXXIII/1939., br. 184., str. 13; br. 185., str. 16; br. 186., str. 14.

1942. godina

- LZ27 *Izumitelj današnjice*, Gospodarstvo, II/1942., br. 169., str. 4.; br. 170., str. 4; br. 171., str. 4.
- LZ28 *Revolucija i evolucija*, Gospodarstvo, II/1942., br. 171., str. 4; br. 172., str. 4; br. 175., str. 4.
- LZ29 *Priznanje izumiteljima*, Gospodarstvo, II/1942., br. 174., str. 4; br. 175., str. 4.
- LZ30 *Promičbe izumiteljskog rada*, Gospodarstvo, II/1942., od broja 260., str. 4 do broja 264., str. 4.

1963. godina

- E-31 *Nove električke naprave s direktnim konverzijama energije*, Elaborat, Končar-Institut: Odjel za razvoj opreme za nuklearna postrojenja, Zavod za energetske elektroniku i upravljanje i Zavod za regulaciju, 42 str., Zagreb 1963.
- E-32 *Termoelektrički generatori*, Elaborat, Končar-Institut: Odjel za razvoj opreme za nuklearna postrojenja, Zavod za energetske elektroniku i upravljanje i Zavod za regulaciju, 30 str., Zagreb 1963.

1965. godina

E-33 *Neki problemi direktnih konverzija: toplinska energija – električna energija*, Elaborat, Končar-Institut: Odjel za razvoj opreme za nuklearna postrojenja i Zavod za regulaciju, 52 str., Zagreb 1965.

1966. godina

E-34 *Stanje razvoja termionskih električnih generatora*, Elaborat, Končar-Institut: Odjel za razvoj opreme za nuklearna postrojenja i Zavod za regulaciju, I+68 str., Zagreb 1966.

Zaključak

U radu su objavljeni dosad neobjavljeni podaci bibliografske prirode. Izričkom je riječ o 34 rada i o dvjema leksikografskim natuknicama. Zajedno s jednostruko objavljenim naslovima kojih je 86, dvostruko objavljenim naslovima kojih je 12, te čini dosad najpotpuniji popis radova akademika Josipa Lončara. Na taj način popis svih Lončarovih referencija iznosi 134.

Iz svega iznesenog može se zaključiti da je akademik Josip Lončar imao u hrvatskoj znanosti, nastavi i gospodarstvu značajniju ulogu nego što smo dosad pretpostavljali te da bi mu kompleksnije vrednovanje njegova rada još više podignulo ugled u užoj i široj javnosti.

Literatura i izvori

- [1] *Ljetopis JAZU za godinu 1936/37*, sv. 50., Zagreb 1938., str. 120–122.
- [2] Viktor Pinter: *Osamdeseta godišnjica akademika Josipa Lončara*, Hrvatsko sveučilište, Zagreb, 1(1971), br. 27., str. 4.
- [3] Viktor Pinter: *In memoriam akademiku Josipu Lončaru*, Elektrotehnika, 16/1973, br. 5., str. 231–232.
- [4] Zvonko Benčić, Branko Hanžek: *Josip Lončar – student profesora Vinka Dvořáka, Stanka Hondla i Ladislava Stjepaneka*, SONT 2015.
- [5] Vladimir Muljević: *Akademik Josip Lončar – život i djelo*, prilog u knjizi “Josip Lončar, život i djelo” u nakladi HAZU-a i ETF-a, Zagreb 1993., str. 11–134.
- [6] Zvonimir Jakobović: *Josip Lončar kao pisac leksikonskih i enciklopedijskih članaka*, Radovi Leksikografskog zavoda, knj. 9., Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Zagreb, 2000., str. 147–151.
- [7] Autorska kartoteka Leksikografskog zavoda Miroslav Krleža.
- [8] Arhivska građa Elektrotehničkog instituta Rade Končar (Odjel za razvoj opreme za nuklearna postrojenja, Zavod za energetske elektroniku i upravljanje i Zavod za regulaciju)

Academician Josip Lončar – New Bibliographical Details

Branko Hanžek, Zvonko Benčić

Abstract: On the basis of original documents, new, previously unknown bibliographical information is presented about Academician Josip Lončar. After a detailed overview is given of the published works of J. Lončar, which were previously presented most completely by Vladimir Muljević (85 published references), the authors supplement Lončar's bibliography, publishing for the first time a list of new works. The titles are given of thirty-four (34) works by Lončar previously unmentioned, one (1) study omitted from the previous most complete bibliography by Muljević, and two (2) unmentioned entries (alongside the 12 already mentioned) from Ujević's Croatian Encyclopaedia.

Key words: Josip Lončar, biography, JAZU (Yugoslav Academy of Sciences and Arts)

Zvonko Benčić, Branko Hanžek

Profesor Miroslav Plohl – osnivač elektrostrojarstva u Hrvatskoj

Sažetak: Dani su prijelomni životopisni datumi profesora Miroslava Plohla: tijekom civilnog i vojnog školovanja te tijekom vojničke (19 godina), tvorničke (tri godine) i fakultetske službe (14 godina). Svi datumi i drugi podaci temelje se na izvornim dokumentima. Radio je na nekoliko područja elektrotehnike: radiotehnika, elektrostrojarstvo, umjeravanje električnih instrumenata (posebice brojila električne energije) te elektrifikacija naselja i željeznice. Posebice je zaslužan za razvitak elektrostrojarstva, stanice za umjeravanje brojila električne energije i za elektrifikaciju Savske banovine.

Ključne riječi: Miroslav Plohl, Tehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Elektrotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Fakultet za elektrotehniku i računarstvo Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za elektrotehniku, Zavod za elektrostrojarstvo

Uvod

Visoka tehnička škola u Zagrebu osnovana je 10. prosinca 1918., nakon proglašenja Kraljevine Srba, Hrvata i Slovenaca 1. prosinca te godine.

Elektro-inženjerski odjel osnovan je za akad. god. 1919./1920. Dekan Elektro-inženjerskog odjela bio je Marije Kiseljak.

Godine 1925. osnovan je Zavod za elektrotehniku s Laboratorijem za jaku struju. Već ujesen 1925. na Tehničkoj visokoj školi zaposlio se Miroslav Plohl i odmah je bio zadužen za izgradnju Zavoda i Laboratorija. Zgrada Zavoda i

Laboratorija izgrađena je 1926. godine u dvorištu zgrade na današnjem Rooseveltovu trgu 6.

Godine 1926. (31. ožujka) Tehnička visoka škola proglašena je Tehničkim fakultetom Sveučilišta u Zagrebu.

1. Životopisni datumi prof. Plohla

1.1. Školovanje

30. srpnja 1881. rođen u Gorici, Austro-Ugarska (današnja Slovenija); sin školskog savjetnika profesora realne gimnazije Slovenca Franje Plohla

1887. – 1891. osnovnu školu završio u Gorici



Slika 1.: Zavod za elektrotehniku (1930.) u dvorištu zgrade na Rooseveltovu trgu 6 (tadašnji Wilsonov trg 10)

1891. – 1896. pet razreda gimnazije s dobrim uspjehom završio u Gorici
1896. – 1900. Pomorsku vojnu akademiju austrougarske mornarice završio s odličnim uspjehom u Rijeci
1902. polazio Viši stručni oficirski kurs i položio s dobrim uspjehom završni ispit za pomorskog oficira ratne mornarice
- 1904./1905. polazio Viši torpedni i elektrotehnički kurs i položio s vrlo dobrim uspjehom propisani ispit za torpedooficira i elektrooficira ratne mornarice u Puli
20. svibnja 1930. diplomski ispit položio s odličnim uspjehom na Tehničkom fakultetu Univerze Kralja Aleksandra I. v Ljubljani

Amara hujus christi legum

Kraljevina Jugoslavija
Bismarck, (Kraljica)

VJENČANI LIST.
Testimonium copulationis.

Indikacija: Ladar
Meno:

U matici vjenčanih rimsko-katoličke župe sv. Anstacije u Ladaru
svez. 38 str. 17 br. 16 ubilježeno je ovo:

Matrikulat: copulatorum romani catholici parochiae s. Anstacione in Ladaru
tome 32 fol. 14 nr. 4 inscriptum est:

Godine: 1930. Mjesec: svibanj Dan: 20. Vjenčani su: 1413
Kopulati su: 1414

Pozivno, ime, stadij, vjera i doba:		Zaručnika: — Sponsi:	Zaručnice: — Sponsae:
Cognomen, nomen, conditio, religio et aetas:		Miroslav Plohl, poručnik vojnog lista, rati. list 30. sv. 1111	Marica Plohl, poručnik vojnog lista, rati. list 29. sv. 1140
Mjesto rođenja:	Gorica	Ladar	
Mjesto stanovanja:	Pula	Ladar	
Mladenci (ili udvici): Status civilis aut viduus:	Mladenac	Mladica	
Roditelji njihovi prezime, ime, stadij i vjera: Parentum ipsorum cognomen, nomen, conditio et religio:	Poručnik Plohl, poručnik vojnog lista, rati. list Marica Plohl, poručnik vojnog lista, rati. list	Marica Plohl, poručnik vojnog lista, rati. list Poručnik Plohl, poručnik vojnog lista, rati. list	

Slika 2.: Vjenčani list Miroslava Plohla

1.2. Vojnička služba

1. srpnja 1900. – 28. veljače 1919.	služio u austrougarskoj monarici
1. srpnja 1900. – 16. srpnja 1902.	pomorski kadet 2. klase
21. srpnja 1900. – 1. svibnja 1901.	sudjelovao u tzv. Kitajskom ratu ¹
17. srpnja 1902. – 30. travnja 1905.	pomorski kadet 1. klase
1. svibnja 1905. – 30. travnja 1910.	dodijeljen mu je čin poručnika fregate
1907./1908.	učitelj torpedokursa
1911./1912.	učitelj kursa za praktičnu naobrazbu kadeta ratne mornarice
1. svibnja 1910. – 28. listopada 1918.	promaknut u čin poručnika bojnog broda
1. srpnja 1914. – 28. veljače 1919.	sudjelovao u Prvom svjetskom ratu
5. rujna 1918. – 1. prosinca 1918.	po zapovijedi ratne mornarice delegiran u Trst kao konstruktor turbogenerators
29. listopada 1918. – 28. veljače 1919.	promaknut u čin kapetana korvete
28. veljače 1919.	umirovljen prema zaključku Internacionalne komisije za likvidaciju

1.3. Tvornička služba

1. srpnja 1919. – 15. studenog 1920.	konstruktor u Odjelu torpeda tvrtke Whitehead & Co. u Rijeci, služba prestala s talijanskom okupacijom (D'Annunzio)
1. siječnja 1923. – 31. prosinca 1924.	tehnički ravnatelj tvornice Radio G.m.b.H Wien u Beču

Nema podataka gdje je radio tijekom 1921. godine.

¹Austro-Ugarska bila je dio saveza osam zemalja tijekom gušenja Bokserskog ustanka u Kini (1899. – 1901.). Kao članica saveza poslala je na sjevernokinesku obalu u travnju 1900. dva broda i krstarice (SMS *Kaiserin und Königin Maria Theresia*, SMS *Kaiserin Elisabeth*, SMS *Aspern* i SMS *Zenta*).



Slika 3.: Profesor Miroslav Plohl (1881. – 1939.)

1.4. Fakultetska služba

1. rujna 1925.² – 8. studenog 1930. kontraktualni nastavnik Tehničkog fakulteta Univerziteta u Zagrebu za discipline: Jaka struja I. i II., Prenos i razdioba električne energije i Praktičke vježbe u Laboratoriju za jaku struju
15. listopada 1925. kontraktualni nastavnik Kraljevske tehničke visoke škole u Zagrebu za predmet Jaka struja, ugovor sklopljen na tri godine
12. listopada 1925. profesorsko vijeće Kraljevske tehničke visoke škole u Zagrebu predlaže ministru prosvjete da se Miroslav Plohl postavi za kontraktualnog učitelja za predmet Jaka struja

²Ugovor je sklopljen prije nego što je Ministarski savjet odobrio sklopanje ugovora između Rektorata Kraljevske visoke škole i Miroslava Plohla. Očito, bilo je natezanja između Beograda i Zagreba.

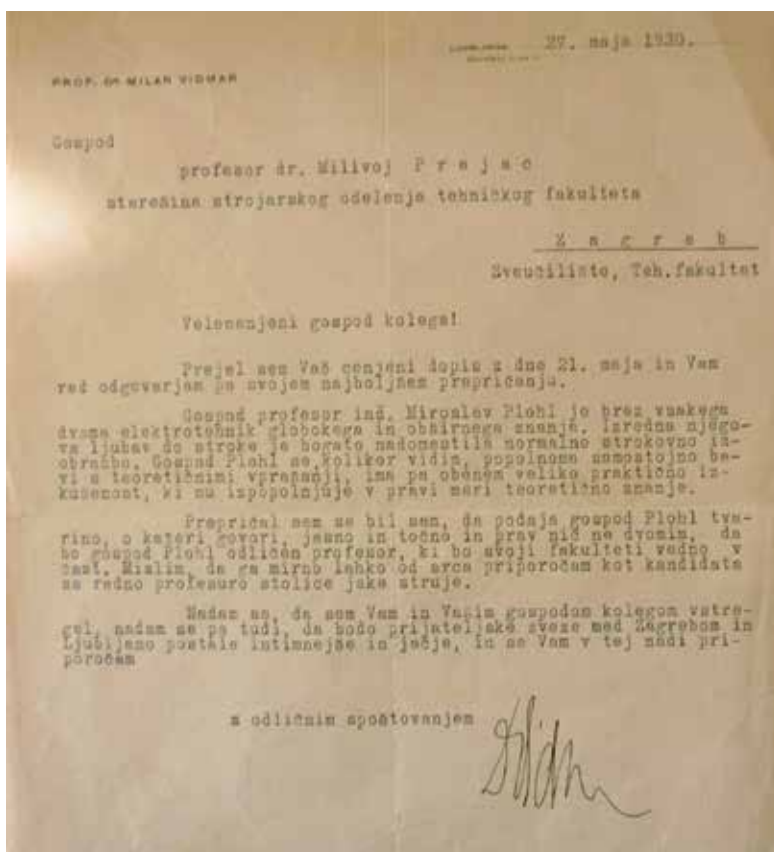
16. travnja 1926. Ministarski savjet donosi rješenje o sklapanju ugovora s rektoratom Kraljevske Tehničke visoke škole i za kontraktualnog učitelja za predmet Jaka struja
10. lipnja 1926. ministar odobrio da se primi za kontraktualnog učitelja na Tehničkom fakultetu Sveučilišta Kraljevine SHS
13. listopada 1928. ponovno imenovan za kontraktualnog učitelja za daljnje tri godine za predmete: Jaka struja (s vježbama u laboratoriju), Prenos električne energije, Akumulatori, Brodska elektrotehnika (za brodare) na Tehničkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu
1. rujna 1929. – upravnik stanice za žigosanje strujomjera pri Tehničkom fakultetu Univerziteta u Zagrebu
8. studenog 1930. – 30. rujna 1939. redoviti profesor Tehničkog fakulteta Univerziteta u Zagrebu
2. kolovoza 1935. odobren izbor za honorarnog profesora za Jaku struju i Brodsku elektrotehniku na Tehničkom fakultetu Univerziteta u Zagrebu za daljnje tri godine
1936. – 30. rujna 1939. dekan Tehničkog fakulteta Univerziteta u Zagrebu
6. listopada 1936. Savjet Strojarskog odsjeka Tehničkog fakulteta zaključio da mu se ponovno povjere predavanja i vježbe iz predmeta Slaba struja
29. rujna 1939. Savjet Strojarskog odsjeka predložio Savjetu Tehničkog fakulteta da mu se ponovno povjere predavanja, vježbe i ispiti iz predmeta Slaba struja
30. rujna 1939. poginuo u prometnoj nesreći u Berlinu blizu Karlovca vraćajući se sa službenog puta iz HE Vinodol (?).

2. Stručni i znanstveni radovi profesora Plohla

U dokumentu naslovljenom na Zavod za elektrotehniku Tehničkog fakulteta u Zagrebu od 29. siječnja 1937. godine, profesor Miroslav Plohl navodi svoje radove ovako:

2.1. Radovi do imenovanja redovitim profesorom Tehničkog fakulteta u Zagrebu (do 8. studenoga 1930.)

1. *Uporaba magnetskog polja konstantnog smjera i periodično promjenljive intenzitete u svrhu množenja frekvence izmjenične struje odn. električnog titranja.* – Aus. pat. br. 58426, 62242 ex 1912.–1913. (Telefunken) Electrical Engineers Data Books Wedmore 1925.



Slika 4.: Preporuka prof. dr. Milana Vidmara da se inženjera Miroslav Plohla izabere za profesora Tehničkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

2. *Povećanje iskoristivosti turbokompresora*, DRP³ br. 310599, 332824, 335382 ex 1918.–1920. (Whitehead & Co)

3. *Projekt za proširenje, modernizaciju i elektrifikaciju tvornice kisika* Radio G.m.b.H Bruck bei Wien i izvedba, 1926.–1928.

4. *Laboratorij za jaku struju Tehničkog fakulteta u Zagrebu sa stanicom za ispitivanje strujomjera i izvedba*, 1926.–1928.

5. *Proizvodnja osobito kratkih električnih valova sa iskrištem*, DRP br. 499339 ex 1930.

6. *Proračun transformatora na osnovu najmanjeg presjeka željezne jezgre*, 1930. (predano g. prof. Dr. Vidmaru na uporabu)

2.2. Radovi od imenovanja redovitim profesorom Tehničkog fakulteta u Zagrebu (do 29. siječnja 1937.)

1. *Einrichtung zur Erzeugung elektromagnetischer Schwingungen*, Aus. pat. br. 120093, ex 1933., 25. studenoga 1930.⁴

2. *Projekt o proširenju "Električnih poduzeća Split i elektrifikaciju Primorske banovine"*, za opštinu grada Split, 1932.

3. *Projekt o modernizaciji i proširenju gradske električne centrale grada Karlovac*, za opštinu grada Karlovac, 1934.

4. *Jaka struja I dio*, udžbenik u pripremi

5. *Ispitivanje mogućnosti zaustavljanja motora i pogonskih mašina iz daljine odn. smetnja njihovog regularnog rada*. Ova eksperimentalna istraživanja su u vezi s aktom pov. br. 1387/34 od 8. III. 1935. Ministarstva vojske i mornarice, Inspekcije zemaljske odbrane, Beograd. Rad iz niže navedenih razloga još nije dovršen.

6. *Elektrifikacija Savske banovine po Ban. el. poduzeću* (za Kr. bansku upravu Savske banovine) u vezi s elektrifikacijom željezničke pruge Sušak – Srpske Moravice (za Generalnu direkciju Državnih željeznica), u provedbi.⁵

2.3. Uvjeti stručnog i znanstvenog rada na Tehničkom fakultetu

U spomenutom se dokumentu profesor Plohl žali na radne uvjete na Tehničkom fakultetu:

³Kratika od njem. *Deutsches Reich Patent*.

⁴Referencija nije u konceptu dokumenta.

⁵Referencija je u konceptu dokumenta.



Slika 5.: Naslovna stranica patenta: *Sklop odašiljača s iskrištem*

“Kako je to navedeno i obrazloženo u svim⁶ izvještajima o ‘radu u školskoj godini’ od godine 1931. do 1935., nemam za vrijeme obuke radi pomanjkanja pomoćnog osoblja mogućnosti za opširniji naučni odn. stručni rad.

Za vrijeme ferija prilike nisu povoljnije iz ovog razloga:

Zavod za elektrotehniku nema nikoga za tekući popravak postrojenja, naprava, aparatura, sprovodnih vodova, u kratko čitave instalacije u Laboratoriju za jaku struju odn. Zavodu za elektrotehniku. – Vidi sve predloge budžeta u gore navedenim godinama. –

⁶U citiranom je odlomku dopisa sve podcrtao prof. Plohl.

Budući da se ove radove može da vrši u glavnome samo za vrijeme ferija, to imam u ovo vrijeme da obavljam i poslove mehaničara, što naravno mora da koči svaki naučni odn. stručni rad. Ka tome proizlazi još pomanjkanje novčanih sredstava, koja bi se moglo utrošiti u svrhe eksperimentalnoga rada.”

3. Novinski stručni članci

1. *Pitanje izgradnje centrale u Bujavici*⁷, Novosti, br. 211., 2. augusta 1932. (?), str. 4.
2. *O izobrazbi naših zanatlija, tehničara i inženjera*, Tehnički list, br. 8., 1932., str. 109.
3. *Aktuelna pitanja naše radiofonije – Postati općim dobrom i najširih slojeva pučanstva, to je osnovna zadaća naše radiofonije*, Hrvatski dnevnik, 24. svibnja 1936., str. 35.
4. *Još o aktuelnim pitanjima naše radiofonije*, Hrvatski dnevnik, 6. lipnja 1936., str. 11.
5. *Problemi elektrifikacije*, Hrvatski dnevnik, 27. lipnja 1936., str. 14.
6. *Elektrifikacija željezničke pruge Sušak–Moravice i pitanja podavanja električne energije*, Hrvatski dnevnik, 27. travnja 1938., str. 10.
7. *I najsiromašniji moraju dobiti električnu struju*, predavanje prof. M. Plohla pred banskim vječnicima, Hrvatski dnevnik, 10. ožujka 1939., str. 7.
8. *Elektrifikacija Savske banovine – Mišljenje Prof. inženjera Miroslava Plohla*, Jutarnji list, 25. VI. 1939., str. 11.
9. *Elektrifikacija Savske banovine*, Hrvatski dnevnik, 25. lipnja 1939., str. 9.
10. *Elektrifikacija Savske banovine*, odgovor predsjednika “Bepa” g. prof. ing. Plohla, Novosti, br. 173., 25. juna 1939., str. 7.
11. *Elektrifikacija Savske banovine*, odgovor sveučilišnog profesora ing. M. Plohla, Primorje – hrvatski tjednik br. 41., 1. srpnja 1939., str. 1.

4. Novinski napisi u svezi s prof. Plohlom

1. *Ekonomske potrebe sile na upotrebu elektricitete, Zavod za elektrotehniku Tehničkog fakulteta u Zagrebu – Razvitak elektrostrojarstva, Stanica za baždarenje električnih aparata u Zagrebu*, Novosti, br. 170., 22. lipnja 1930., str. 4.

⁷Naselje zapadno od Lipika.

2. *Stanica za baždarenje električnih mjerila na Tehničkom fakultetu u Zagrebu – za najužu saradnju s industrijom*, Novosti, br. 184, 6. srpnja 1930., str. 5.

3. *Svaki čovjek ima pravo na svjetlo*. Občina Novoselec-Križ dobiva električno svjetlo. – Sloga naroda omogućuje plodan rad. – Razgovor s profesorom Tehničkog fakulteta ing. Miroslavom Plohl. Električna energija mora služiti cijelom narodu. Gospodarska sloga, br. 1–2, 193?, str. 3–?.

4. *Elektrifikacija Vojnog Križa provedena je u djelo*, Jutarnji list, 16. I. 1939., str. 15.

5. *Smrt Prof. Ing. Plohla oplakuju znanstveni krugovi i cijeli hrvatski seljački narod*, Jutarnji list, 4. X. 1939., str. 9–10.

6. *Sveučilišni profesor ing. Miroslav Plohl poginuo u automobilskoj nesreći kod Karlovca, ???*

7. *Tragična smrt prof. ing. Miroslava Plohla*, Hrvatski dnevnik, 1. listopada 1939., str. ?.

8. *Prof. Ing. Miroslav Plohl* (napis o smrti), Gospodarska sloga, god. IV., br. 19., 3. listopada 1939., str. 1–2.

5. Profesor Plohl o svojim radovima

U dokumentu *Curriculum vitae* datiranom 1. srpnja 1925. piše:

“God. 1911. do 1912. iznašao sam novi postupak, koji je omogućio proizvodanje neprigušenih titraja električnih valova kod istovremene uporabe istosmjerne i izmjenične struje. Austrijski patent 58426 i 62242. Svrha je naprave proizvodanje magnetsko-električnih polja konstantnog smjera i periodički promjenljive intenzitete, tako da velike električne energije u metalnim transformatorima mogu da isijavaju neprigušene titraje. Praktički je ovaj izum imao svrhe, da omogućiti nesmetani međusobni razgovor dvaju stanica i onda, kada općenita uporaba prigušenih valova takav razgovor više nije dozvoljavala. Patente kupila je *Telefunken-Gesellschaft Berlin* a služili su za osnovu radio-stanica Pola i.t.d. Nakon rata obnovilo je društvo *Telefunken* ponovno gornje patente.

God. 1914. radio sam na izumu novog mjerila distansa. Radi sloma ovi su radovi bili prekinuti. Dozvolom mornarice izrađivao sam god. 1918. u Trstu kod brodogradilišta *Stabilimento Tecnico Triestino* vlastitu konstrukciju turbo kompresora, koji stoji u uskoj vezi sa razvojem plinske turbine. Radi sloma prekinuti su radovi nastavljeni kod tt. *Whitehead*

& Co. na Rijeci. Po vlastitim idejama izgrađeni dvostepeni turbo kompresor dao je kod raznih ispitivanja zadovoljavajuće rezultate. Svrha je tog izuma, da se na osnovi jednog osobitog načina postignu veće visine pritiska u jednom stepenu lopatičnog kola kod turbinskih kompresora. Patenti 310599, 335382, 332824.

God. 1921. i 1922. posvetio sam se specijalnom studiju elektromotora i generatora. Svrha ovih studija bila je direktno pretvaranje trofazne struje u istosmjernu struju visoke napetosti. Istraživanja još nijesu završena. Prijava patenta uslijedila je svojevremeno, ali radi finansijskih razloga opet natrag povučena.

Uporedo sa studijem plinske turbine zanimala me proizvodnja visokih temperatura, napose temperatura preko 2700 °C. I na ovom području imadem nekoliko prijava patenata. Postupak osnova se na međusobnoj uporabi vodika, kisika i ulja. Svrha ovog izuma bila je, da se na drugi način proizvedu i tehnički dalje iskoriste temperature koje se dobivaju lukom svjetla.

God. 1923. i 1924. studirao sam proizvodnju kisika. Pod mojom upravom sagrađena je tvornica kisika tvrtke *Radio-Gesellschaft Brunn am Gebirge* kraj Wiena. Električni je uređaj tvornice izveden pod mojim vodstvom.

God. 1925. bavio sam se ponovno radio-telefonijom. Pod mojim vodstvom građeni su aparati za primanje dotično kompletni uređaji radio-stanica prema najnovijim sistemima i najnovijim izumima.”

Još je rukom dopisao:

“God. 1926.–1927. radio sam na izumu davača novog sistema talasa iskrištem i elektronskim cijevima. Komisionalni pokusi vršili su se u augustu 1927. kod ratne mornarice u Šibeniku (prepis protokola posjedujem). Radnja se sada dovršava, pokuse kod ratne mornarice ću tokom sledećih sedmica nastaviti i dovršiti.”

U intervjuu danom *Novostima* (22. lipnja 1930.) novinar piše:

“Naš zavod – naglasio je s dubokim uvjerenjem g. prof. ing. M. Plohl – posjeduje sva sredstva, koja su potrebna za potpunu izobrazbu inženjera elektrostrojarske struke. Nije potrebno, da naša mladež polazi na izobrazbu na vanjske tehničke visoke škole, jer imamo u vlastitoj domovini ako ne bolje a ono iste mogućnosti školovanja.”

U istom intervjuu novinar dalje piše:

“Vodeći našeg suradnika kroz strojarski odio, nastavio je g. ing. M. Plohl ovako: ‘Elektrotehnika sama za sebe teško da postoji. Ona mora da se prijanja na strojarstvo, jer ne može da stvara struju bez pogonskog stroja, ne može da gradi svoje dinamostrujeve, sprave i uređaje bez tačnog poznavanja osnovnih nauka strojarstva.’”

Zaključak

Profesor Miroslav Plohl bavio se pravim stvarima u pravo vrijeme. Dok još nije bio uveden civilni radio, bavio se vojnom radiotelefonijom. Uočivši nužnost elektrifikacije, na Tehničkoj visokoj školi Sveučilišta u Zagrebu osnovao je Zavod za elektrotehniku unutar kojeg je izgradio elektrostrojarski laboratorij te stanicu za umjeravanje brojila električne energije i preciznih mjerila. Postavši prvim predsjednikom Banovinskog električnog poduzeća, zalagao se da električnu energiju dobiju i mala naselja. Svojim inovativnim radom utemeljio je današnji Zavod za elektrostrojarstvo i automatizaciju Fakulteta elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu, odakle se elektrostrojarstvo proširilo na sveučilišta u Splitu, Osijeku i Rijeci. Zato se profesora Miroslava Plohla može smatrati osnivačem studija elektrostrojarstva u Hrvatskoj.

Zahvala

Autori zahvaljuju prof. dr. sc. Miroslavu Plohl (Institut *Ruđer Bošković*, Zavod za molekularnu biologiju, Bijenička 54, Zagreb), što je dao na uvid izvorne dokumente u svezi s njegovim djedom prof. ing. Miroslavom Plohlom.

Literatura

- [1] Dokumenti sačuvani u arhivi obitelji Plohl, dao na uvid unuk profesora Miroslava Plohla prof. dr. sc. Miroslav Plohl, 2014.
- [2] Arhivska građa u knjižnici Arhitektonskog, Građevinskog i Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu
- [3] Spomenica 1919. – 1929. Fakultetskog savjeta Tehničkog fakulteta Sveučilišta Kraljevine Jugoslavije u Zagrebu, tisak Nadbiskupske tiskare, Zagreb, 1929.
- [4] Spomenica 1942. – 1943. Tehničkog fakulteta Hrvatskog sveučilišta u Zagrebu, tiskara C. Albrecht (Petar Acinger), Zagreb, 1943.
- [5] *Tehnički fakulteti 1919. – 1994., monografija u povodu 75. obljetnice osnutka Tehničke visoke škole u Zagrebu*, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 1994.
- [6] Spomenica 1919. – 1969. Elektrotehničkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, 50 godina studija elektrotehnike u Hrvatskoj, Tehnička knjiga, Zagreb, 1969.

Professor Miroslav Plohl – the Father of Electrical Engineering in Croatia

Zvonko Benčić, Branko Hanžek

Abstract: The key dates in the life of Prof. Miroslav Plohl are given: during his civilian and military education and during his military (19 years), industrial (3 years) and faculty service (14 years). All the dates and other information are founded on original documents. He worked in several fields of electrical engineering: radio technology, electronic engineering, calibration of electrical instruments (especially electricity meters) and electrification of residential settlements and railway lines. He was particularly to thank for the development of electronic engineering, stations for calibration of electric meters, and for the electrification of Savska banovina.

Key words: Miroslav Plohl, Technical Faculty of the University of Zagreb, Electrotechnical Faculty of the University of Zagreb, Faculty of Electrical Engineering and Computing of the University of Zagreb, Department of Electronic Engineering

Branko Hanžek

Tehničar Franjo Ivan Havliček (1906. – 1971.)

Sažetak: U radu je prvi put cjelovito i kritički prikazan život i rad Franje Ivana Havličeka. Pozornost je usmjerena na objašnjavanje okolnosti koje su dovele do njegova imenovanja izvanrednim profesorom na Tehničkom fakultetu u Zagrebu, kao i na razloge odlaska i rad u Ljubljani. Izneseni podaci dat će novi pogled te poslužiti kao osnova za temeljitije vrednovanje njegove uloge u povijesti hrvatske tehnike, a i šire.

Ključne riječi: tehnika, fizika, Franjo Ivan Havliček, Tehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, hrvatska tehnika, Institut "Jožef Štefan", Ljubljana

1. Osnovni podaci o Franji Ivanu Havličeku

Franjo Ivan Havliček rođen je 3. prosinca 1906. u Moravskoj Ostravi, Češka. Otac mu je bio dr. Jaroslav Havliček, a majka dr. Ana, rođ. Wüstner. Braćni par Havliček imao je dvoje djece – Franju Ivana i Mariju Anu, rođenu 5. veljače 1908. godine.

Realnu gimnaziju pohađao je od 1916. do 1924., kad je maturirao u Oderbergu, Njemačka. Prvi semestar Visoke tehničke škole u Zagrebu, Odsjek za strojare i električare, upisao je akad. god. 1924./25. Od 1924. državljanin je sa zavičajnim pravom u ondašnjoj Općini Zagreb. Idućih sedam semestara polazio je na Eidgenössische Technische Hochschule (ETH) u Zürichu i apsolvirao uz diplomu elektroinženjera 1928. godine, zatim je upisao još četiri semestra na ETH-a, na Odsjeku za matematiku i fiziku 1928. – 1930. Studij s doktoratom prirodnih znanosti završio je 1932. godine. Tijekom četiri semestra vršio je



Slika 1.: Fotografija Franje Ivana Havličeka iz 1943. godine

znanstvena ispitivanja u Fizikalnom laboratoriju ETH-a. Đački vojni rok služi 1931. u Pomorsko-zrakoplovnoj školi u Divuljama, a 1933. sudjelovao je na dvomjesečnoj vježbi u Trećoj hidroplanskoj komandi u Đenoviću. U veljači 1934. oženio se Bečankom Gertrudom Schreder. Od 1. ožujka 1932. do 30. lipnja 1941. radi kao inženjer, poslije kao zamjenik predstojnika Strojarsko-elektrotehničkog odjela u Witkowitz Bergbau- und Eisenhütten Gewerkschaft, Abteilung Steinkohlengruben, Mährisch Ostrau (Vitkovićeve rudnici i željezara, Odjel rudnika kamenog ugljena, Moravska Ostrava). Nadzirao je pogon strojar-skog i električnog uređaja, osam rudnika, koksaru i električnu centralu te projektirao razne uređaje. Od 22. srpnja do 2. listopada 1941. predstojnik je Toplin-sko-tehničkog odjela (Leiter der Wärmestelle, u Mitteldeutsche Stahlwerke, Lauchhammerwerk), u mjestu Gröditz über Riesa. Toplinsko-tehnički odjel imao je vlastiti laboratorij. Od 15. listopada 1941. do 31. kolovoza 1943. samo-stalan je znanstveni suradnik profesora za rudarsko strojarstvo i gradnju parnih kotlova na Tehničkom fakultetu Hrvatskoga sveučilišta, a na katedri je bio zaposlen i njegov otac Jaroslav. Da bi se objasnilo kako je Franjo Ivan Havliček došao u Zagreb, potrebno je nešto reći o njegovu ocu.

Jaroslav Havliček rođen je 1. listopada 1879. u Garešnici, u obitelji češkog podrijetla, a umro je 20. ožujka 1950. u Zagrebu. Polazio je Realnu gimnaziju u Zagrebu i maturirao 1897. godine. Nakon mature studira na Visokoj tehničkoj školi u Zürichu. Diplomirao inženjera strojarstva stekao je 1901. godine. Doktorat znanosti i filozofije stekao je 1908. u Zürichu. Nakon što je pet godina radio u gospodarstvu, od 1905. do 1940. predstojnik je Strojarskog odjela i tehnički ravnatelj Witkowitz Bergbau- und Eisenhütten-Gewerkschaft, Abteilung Steinkohlengruben, Mährisch Ostrau. Projektirao je, gradio, stavljaio u pogon sve strojarske i elektrotehničke uređaje ugljenokopa Witkowitz Bergbau- und Eisenhütten-Gewerkschaft. Bio je član Tehničke akademije u Pragu. Godine 1919. imenovan je organizatorom Tehničke visoke škole u Zagrebu. Sudjelovao je sve do 1921. u organizacijskim poslovima vezanim uz tu ustanovu, bez prekida službe u Moravskoj Ostravi. Godine 1937. imenovan je i počasnim konzulom Kraljevine Jugoslavije u Čehoslovačkoj sa sjedištem u Moravskoj Ostravi. Umirovljen je 1. siječnja 1940. i tad se preselio u Zagreb. Od ljetnog semestra 1940. predavao je kao honorarni profesor na Tehničkom fakultetu u Zagrebu kolegij Parni kotlovi, a od zimskog semestra 1940. redoviti je profesor na katedri Rudarsko strojarstvo, prema ugovoru bez zasnivanja radnog odnosa.

Iz podataka je očito da je otac Jaroslav, preselivši se nakon umirovljenja u Zagreb, sa sobom doveo i sina Franju Ivana. Od 1. rujna 1943. do 31. ožujka 1944. godine F. I. Havliček zamjenik je šefa inženjera u tvrtki Solvay d.d., tvornici sode i kaustične sode u Lukavcu. U siječnju 1944. imenovan je izvanrednim profesorom pri Katedri za fiziku i nadstojnikom (11. veljače) Zavoda za fiziku Tehničkog fakulteta. Kako se tad postojeća katedra podijelila na dva zavoda, na čelo Zavoda za fizikalnu kemiju postavljen je prof. dr. Karlo Weber (1902. – 1978.). Imenovanja su bila nužna jer je umirovljen dugogodišnji profesor na Zavodu za fiziku i fizikalnu kemiju Tehničkog fakultet Ivan Plotnikov (1878. – 1955.). *Nadstojnik* je bio neologizam umjesto *predstojnik*, a označavao je čelnog čovjeka pojedinog znanstvenog zavoda vezanog uz određenu katedru na Tehničkom fakultetu Hrvatskog sveučilišta. S dolaskom nove vlasti 1945. godine Franjo Ivan Havliček više nije radio na Tehničkom fakultetu. Poništena su sva imenovanja, razriješen je dužnosti izvanrednog sveučilišnog profesora na Tehničkom fakultetu i ukinuto je radno mjesto povezano s tim imenovanjem. Na Tehničkom fakultetu ponovno je počeo raditi 6. ožujka 1946. i to kao honorarni nastavnik, sve do 1. travnja 1950. godine. O tome je i dobio potvrdu radi odlasku u Ljubljano. Veliko priznanje dobio je od British Councila u Beogradu, kad je pozvan za prisustvovanje konferenciji o fizici atomskih jezgara u Cambridgeu, pa je 1. lipnja 1946. zatražena privremena putovnica za Englesku. Cjelokupna dokumentacija o tome pohranjena je u Knjižnici Arhitektonskog, Geodetskog i Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, u Ulici fra Andrije Kačića Miošića 26 u Zagrebu [1]. U Ljubljano je otišao 1950. kako bi radio u

Slovenskoj akademiji znanosti i umjetnosti. Treba istaknuti da je Havliček, kad je sam upisivao podatke, svugdje pismeno isticao da je tehnički fizičar pa je stoga umjesno da ga se i tako titulira. Od stranih jezika dobro je govorio i pisao njemački, francuski, engleski i češki, a razumio je talijanski i španjolski.

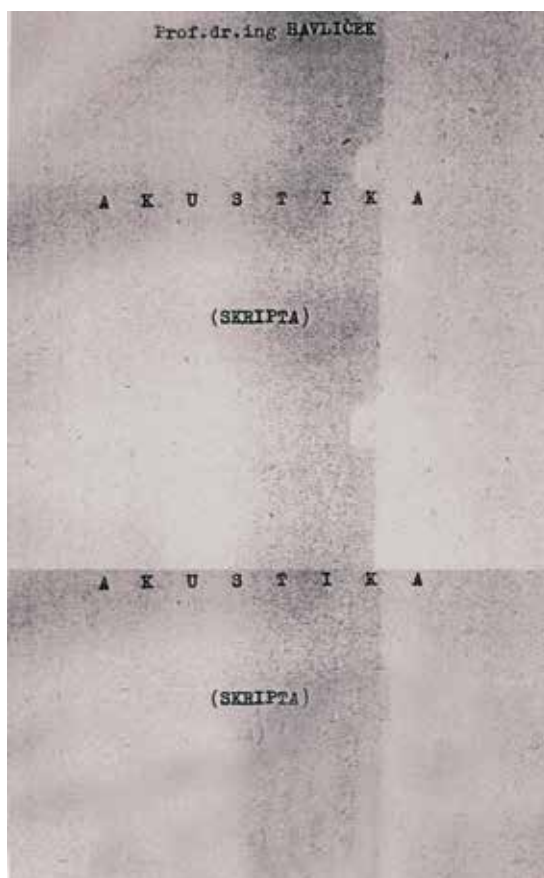
Kako je došlo do toga da je Havliček otišao u Ljubljano? Da bismo to ra-svijetlili, treba nam svjedočenje suvremenika Miroslava Sedlačka (1925. – 2017.), koji je istaknuo sljedeće:

“Kad sam 1946. počeo studirati na Tehničkom fakultetu, fiziku je predavao prof. Havliček. Te upisne godine moje zanimanje za fiziku je bilo vrlo dvojbeno, više me je zanimala astronomija. Prof. Havliček na prvom je predavanju napisao vektorsku jednadžbu i predavao o skalarnom i vektor-skom produktu, napisao diferencijalne jednadžbe, a mi svi studenti samo smo se pogledavali. Od starijih studenata saznao sam da je 1945. godine Havliček još veći šok proizveo, jer je predavanje počeo s gradijentom, divergencijom i rotorom. Naravno da su se studenti bunili, jer to nije mo-gao nitko pratiti. I na mojoj prvoj godini također je bila buna. Ja sam bio u grupi, koja je išla k dekanu, gdje je dekanu rečeno, da nitko ne može slijediti predavanje prof. Havličeka. Dekan je to usvojio i shvatio da je situacija ozbiljna, tako da sljedeće godine Havliček nije predavao. Nakon što sam odslušao prvu godinu studija i neobvezni predmet Tečaj moderne fizike te položio ispit iz fizike, prijavio sam se kod njega za demonstratora i bio primljen. Havliček je predavao Fiziku pomoću ploče, krede i spužve, i nije bio zainteresiran za eksperimentalne uređaje. Ono malo eksperimen-talnih uređaja bilo je smješteno u ormaru. U ormaru je bio Whürmhurtsov elektrostatski stroj, neki veliki elektroskop, neke kugle za sraz, i to je sve što mi je ostalo u sjećanju. Godine 1947. došao je jedan srednjoškolski profesor fizike Vladimir Glumac (1904. – 1960.) koji je preuzeo Havliček-ova predavanja i predavao gotovo srednjoškolsku fiziku. Zbog toga je i kod profesora Glumca nastala pobuna, jer su studenti prigovorili da su to predavanja za malu djecu, a ne za studente Tehničkog fakulteta. Tako je došlo do situacije, da se angažira i treći nastavnik fizike (Hrvat Vladimir Deduš (1892. –?). Prof. Havliček dobio je 1949. godine poziv da dođe u Ljubljano na Institut Jožefa Štefana koji je upravo tada bio osnovan kao drugi od nuklearnih instituta u Jugoslaviji. Institut je tražio suradnike i tako je došlo do toga da profesor Havliček ode u Ljubljano. To se dogodilo 1950., a meni je to bilo korisno, jer sam dobio stipendiju od Instituta Jožefa Štefana, budući da me Havliček htio dovesti u Ljubljano. No u dogovoru s profesorom Supekom moja je stipendija 1951. prebačena na novoosno-vani Institut Ruđer Bošković. Inače, za profesora Havličeka je poznato da je on specijalizirao termodinamiku u svezi s kemijom.”

Slika 2.: Indeks Miroslava Sedlačka [2] iz kojeg se vidi što je sve i kad Franjo Ivan Havliček predavao na Tehničkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu

U Ljubljani je Havliček radio sve do umirovljenja 1. listopada 1963. godine. Podaci o njegovu radu u Sloveniji nalaze se u dosjeu koji se čuva u Institutu “Jožef Štefan” u Ljubljani. Ipak, iz Letopisa Slovenske akademije znanosti in umetnosti [3] za 1950. i 1951. godinu može se saznati da je radio najprije u Fizikalnom institutu (kojim je upravljao akademik Anton Peterlin (1908. – 1993.)), gdje je u Odelku za jedsrsko tehniko in optiko bio voditelj. U tom su se odjelu izrađivali nacrti za niskonaponski generator s ionskim izvorom. Potom je, 1952. i 1953. godine, Havliček u Fizikalnom institutu “Jožef Stefan” u čak četirima laboratorijima radio kao voditelj: za koncentraciju izotopa, za reaktorsku tehniku, za elektronski generator te za optiku. U Laboratoriju za optiku izrađen je uređaj za interferometrijsko ispitivanje planparalelnih ploča, polarskop, tripletni anastigmat $F/3,3$ mikroobjektiv $A = 0,25$. Sustavno su analizirani

i preračunavani mikroobjektivi i fotoobjektivi. Nakon toga, 1954., u Institutu je voditelj dvaju laboratorija: za reaktivnu tehniku i optiku. U Laboratoriju za reaktivnu tehniku bavili su se frakcijskom destilacijom uranijeva heksafluorida (UF_6), a u Optičkom laboratoriju izrađen je Fabry-Pérotov etalon. U okviru sustavnog proračuna završena je treća grupa objektiva velike aperture. Proučavana je primjena Seidlove teorije, a vršena je i valnoteorijska ocjena kvalitete optičkih sustava. U sedmoj knjizi Letopisa, izišloj 1957. za godinu 1955., piše da je Institut "Jožef Štefan" s 1. siječnjem 1955. izišao iz sklopa SAZU (Slovenska akademija znanosti in umetnosti). U Letopisu se stoga više ne nalaze podaci o Havličeku, ali se, zahvaljujući suradnji s Institutom, pojavljuju Havličekove knjige i članci. Iz Letopisa saznajemo i podatak da je 1960. Institut promijenio ime u Nuklearni institut "Jožef Stefan". Havliček je nakon umirovljenja 1963. pa do 1965. objavio nekoliko knjiga i članaka. Potkraj života preselio se na područje Novog Vinodolskog gdje je i umro 7. ožujka 1971. godine.



Slika 3.: Naslovnica Havličekovih skriptata *Akustika* (za arhitekte) iz 1948. godine

2. Povijesna vrela

O Franji Ivanu Havličeku pisano je vrlo šturo u spomenicama te opširnije u dopisu Hrvatskog crvenog križa. Napisano se može opisati i ovako: u dva od tri slučaja zamijenjen je s ocem Jaroslavom.

2.1. O Spomenici Arhitektonskoga fakulteta [4]

Podaci u Spomenici većim su dijelom točni. Stoji, među ostalim, da je Havliček bio honorarni nastavnik. Na 301. str. istaknuto je, uz biografiju drugih honorarnih nastavnika, da je Havliček doktor znanosti – ne piše koje, diplomirani inženjer elektrotehnike – što je djelomično točno, jer je diplomu stekao u inozemstvu, izvan Jugoslavije, pa time dakako i izvan Hrvatske, a ne spominje se da je diploma Tehničke visoke škole u Zürichu priznata (nostrificirana) u smislu da je jednaka diplomu inženjera elektrotehnike Tehničkog fakulteta Hrvatskog sveučilišta u Zagrebu. To je učinjeno 14. ožujka 1944. godine. Ako je to napomenuto, trebalo je onda uvrstiti Havličeka u izvanredne profesore i napisati njegovu biografiju kao što je to učinjeno za druge profesore. Također je točan podatak na 42. str. da je u akad. god. 1949./1950., na IV. godini studija, smjer A (arhitektura), među ostalim, Havliček predavao Akustiku (satnica 0 + 0 u VII. i 1 + 1 u VIII. semestru). Treba napomenuti da je Havliček, prema vlastitoj želji, kao i prema ugovoru o namještenju, predavao akustiku do 30. ožujka 1950., a nakon toga prema ugovoru osigurani su mu redoviti dolasci u Zagreb.

2.2. O dopisu Hrvatskog crvenog križa [5]

Prema preslici dopisa Hrvatskog crvenog križa kojim se obavještava Sveučilište u Zagrebu da je Međunarodna služba traženja iz njemačkog grada Bad Arolsena poslala zahtjev za traženje Havliček Franje Ivana – vidi se da je o pobrkao s ocem Jaroslavom, jer je u dopisu napisano nešto što ne odgovara istini. U okolnostima nestanka napisano je (masno otisnutim slovima):

Franjo Ivan Havliček je bio počasni konzul Kraljevine Jugoslavije u Čehoslovačkoj 1939. godine, te je uhićen od strane Gestapoa tijekom II. svjetskog rata. Njegova je daljnja sudbina nepoznata.

Iz svega prethodno navedenog vidi se da je Jaroslav bio počasni konzul i da su obojica za vrijeme Drugog svjetskog rata boravili u Hrvatskoj, točnije, u Zagrebu. Ipak ostali podaci o F. I. Havličeku točni su: datum i mjesto rođenja,

ime oca, podaci o radu u Slovenskoj akademiji, na Inštitutu “Jožef Štefan”, o izdavanju radova, kao i o imenu i prezimenu njegove supruge i datumu njezina rođenja. Netočno je da se nakon umirovljenja, koje je točno datirano, preselio u Dalmaciju ili Istru. Također nije napisano kad je umro jer je malo vjerojatno da je onda bio živ (imao bi 105 godina).

2.3. O spomenici iz 1994. [6]

Franjo Ivan zamijenjen je s ocem Jaroslavom, što pokazuju i podaci na 37. str. – kao predavač Akustike na Arhitektonskom fakultetu, te na 178. str. – kao vanjski nastavnik fizike od 1943. do 1947. na Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije.

Zahvala

Autor duguje veliku zahvalu prof. dr. sc. Miroslavu Sedlačeku na podršci za proučavanje života i djela Franje Ivana Havličeka. Angažiranošću profesora Sedlačeka rad je dobio na autentičnosti, dubini i točnosti prezentiranja iznesenih podataka, koji su time dobili toliko potrebnu životnost.

Literatura

- [1] Arhivska građa u Knjižnici Arhitektonskog, Građevinskog i Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu
- [2] Indeks studenta Miroslava Sedlačeka
- [3] Letopis Slovenske akademije znanosti in umetnosti, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X i XI knjiga, Ljubljana, 1952., 1954., 1955., 1957., 1958., 1959., 1960., 1961.
- [4] Sveučilište u Zagrebu, Arhitektonski fakultet 1919./1920. – 1999./2000., Arhitektonski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2000.
- [5] Preslika dopisa Hrvatskog crvenog križa od 8. veljače 2011.
- [6] Sveučilište u Zagrebu, Tehnički fakulteti 1919. – 1994., Monografija u povodu 75. obljetnice osnutka Tehničke visoke škole u Zagrebu, Zagreb, 1994.

Technician Franjo Ivan Havliček (1906 – 1971)

Branko Hanžek

Abstract: The paper provides a description of the life and work of Franjo Ivan Havliček. The aim is to give a holistic review of his life and work for the first time whereas until now there has not been a systematic and critical study of it. In this case, the focus will be given to describe the circumstances that led to the appointment of F.I. Havliček as Associate Professor at the Technical Faculty in Zagreb, the reasons for his departure to Ljubljana as well as his work in Ljubljana. This paper seeks to fill existing gaps and it is so far the only such review. This will give a new perspective as the basis for a more thorough evaluation of the role of F.I. Havliček in the history of Croatian technique and beyond.

Keywords: technique, physics, Franjo Ivan Havliček, Technical Faculty, University of Zagreb, Croatian technique, Institute Jožef Štefan – Ljubljana

Zvonko Benčić, Branko Hanžek

Franjo Dugan st. – fizičar, muzikolog i orguljaš

*U životu sam nastojao pribaviti si što više
znanja i vještina, da ih mogu razdavati drugima.*

Franjo Dugan (1874. – 1948.)

Sažetak: Franjo Dugan rođen je u zaseoku podno planine Ivanšćice u Hrvatskom zagorju. Nije imao pravo na neuspjeh. Bio je uporan, tvrdoglav i marljiv. Srećom, njegovi učitelji i nastavnici prepoznali su njegov muzički talent. Druga je sreća bila izbor studija matematike i fizike na tadašnjem Mudroslovnom fakultetu u Zagrebu. Tu je stekao stav prema životu i znanja kojima se bitno razlikovao od većine muzičara. Zato je donekle razumljivo da se uvelike sukobljavao sa svojim kolegama. Bio je u svemu plodan; imao je šestero djece.

Ključne riječi: Franjo Dugan st., hrvatska glazba, glazbeni instrumenti, orgulje, ton

Uvod

Poveznica privatnog i javnog života Franje Dugana je zvuk, posebice glazbeni ton; od nastanka u ljudskom grlu ili u nekom glazbenom instrumentu do slušnog doživljaja i pamćenja u mozgu. Znanja stečena studiranjem i diplomiranjem na dvjema sadržajno suprotnim visokoškolskim ustanovama, na tadašnjem Mudroslovnom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu (1897.) i na Visokoj muzičkoj školi Kraljevske umjetničke akademije u Berlinu (1908.), omogućila su mu da postane vrstan muzikolog i orguljaš. Paradoksalno je da je postao čuven



Slika 1.: Franjo Dugan st. (1874. – 1948.)

kao orguljaš zagrebačke katedrale, a da je zarađivao za život kao gimnazijski profesor matematike i fizike. U životu pratile su ga nesreće: trojica njegove braće poginula su na frontu u Galiciji, njegov sin Franjo umro je u 34. godini (1934.), a on sam je nakon Drugog svjetskog rata izbačen iz Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti te mu je zabranjeno sviranje orgulja u zagrebačkoj katedrali.

1. Duganova obitelj

Franjo Dugan st. rodio se 11. rujna 1874. u Krapinici (kraj Zlatara), u obitelji u kojoj je glazba bila tek razonoda. Otac Blaž, općinski službenik (tzv. komeš, lat. *comes*), svirao je ponekad klavir, a majka Terezija (rođ. Pažur) imala je, po mnogima, odličan sluh i prelijep glas. Obitelj je imala desetero djece, četiri kćeri i šest sinova. Dvije su djevojčice umrle vrlo rano, a svi sinovi osim Franje poginuli su ili umrli od bolesti u Prvom svjetskom ratu.

U brojnoj obitelji često se pjevalo i muziciralo, a dječaci su bili dobri tamburaši. No, na malog je Franju najveći dojam ostavio zvuk orgulja u župnoj crkvi u Zajezdi (gdje je pohađao i pučku školu).



Slika 2.: Roditelji i braća Franje Dugana. U sredini su otac Blaž i majka Terezija; sasvim lijevo sjedi sestra Amalia (Malčika), sasvim desno sjedi Franjo Dugan, a stoje braća Milček (Milan), Jurek i Vincek.

2. Gimnazija i Mudroslovni fakultet

2.1. Gimnazija

Franjo Dugan od petog se razreda gimnazije (tad je gimnazija imala osam razreda), kad je preuzeo vodstvo muškog zbora, ozbiljno počeo baviti glazbom. Po završetku šestog razreda (1891.) pjevao je u zboru i svirao violončelo. Nekoliko puta zamijenio je orguljaša Vatroslava Kolendera (1848. – 1912.) na ranim misama (u šest sati) na katedralnim orguljama. To je za autodidakta bilo gotovo nevjerojatno.

2.2. Mudroslovni fakultet

U doba završetka gimnazije (1892.) i izbora fakulteta, dekan Mudroslovnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu bio je Vinko Dvořák, osnivač Katedre i kabine-ta za fiziku (1875.). Uspješno je istraživao zvučne valove (npr. Dvořák-Rayle-ighovo strujanje, Dvořákov učinak, Dvořákovo zvučno kolo).



Slika 3.: Franjo Dugan st. – mladi gimnazijski profesor

Stoga je donekle razumljivo da je Franjo Dugan, nakon što je upoznao svoju buduću suprugu i prekinuo studij teologije, upisao matematiku i fiziku na Mudroslovnom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu (1893./1894.). Možda je razlog bio i taj, što se na Mudroslovnom fakultetu moglo studirati besplatno. Dugan je imao oprost od cijele naukovine u svim semestrima osim drugog, za koji je imao oprost od 50 % (i trideset godina poslije, po kazivanju Zvonka Benčića, njegov je otac Vladimir studirao besplatno na Mudroslovnom fakultetu).

Franjo Dugan slušao je predavanja kod vrsnih predavača kao što su: prof. dr. Vinko Dvořák (Dušejov, Češka, 1848. – Zagreb, 1922.), prvi profesor fizike na Sveučilištu u Zagrebu, član JAZU; prof. dr. Gustav Janeček (Češka, 1848. – Zagreb, 1929.), začetnik nastave kemije na Sveučilištu u Zagrebu; prof. dr. Vladimir Varičak (Otočac, 1865. – Zagreb, 1942.), poznati matematičar i član JAZU; prof. dr. Đuro Arnold (Ivanec, 1853. – Zagreb, 1941.), filozof, pedagog, pjesnik, prvi doktor filozofije (1880.) na Sveučilištu u Zagrebu, redoviti član JAZU od 1899.; Karel Zahradnik (Litomyšl, Češka, 1848. – Brno, Češka 1916.), matematičar, akademik, iz Zagreba otišao u Brno 1899. godine. Diplomirao je 1897. godine.



Slika 4.: Franjo Dugan st. s unucima: Krešimir (sin Čedomila), Radovan i Stanislav (sinovi Anke-Bebe), Paulina (kći Branke), Antun i Marija (sin i kći Marije-Micike); vjerojatno oko 1945./1946. godine

Zanimljivo je primijetiti da je istraživanje valova, bilo zvučnih bilo svjetlo-snih, u Hrvatskoj potaknuo Ernst Mach (1838. – 1916., usto i fiziolog, psiholog i filozof). Machovi učenici bili su Vinko Dvořák (1848. – 1922.), Peter Salcher (1848. – 1928.) i Andrija Mohorovičić (1857. – 1936.). Vinko Dvořák bio je učitelj Stanku Hondlu (1873. – 1971.) i Franji Duganu (1874. – 1948.). Učenik Hondla bio je Vatroslav Lopašić (1911. – 2003.). Učenici Lopašića bili su: Draško Gospodnetić (r. 1920.), Miroslav Sedlaček (r. 1925.) i Višnja Henč-Bar-tolić (r. 1934.). Dakle, proučavanje valova na hrvatskim fakultetima traje već više od sto godina.

2.3. Učiteljski ispit

U Svjedodžbi o sposobnosti učiteljskoj koju je izdalo Ravnateljstvo kr. po-vjerenstva za ispitivanje kandidata gimnazijskoga i realnoga učiteljstva navede-no je da je Franjo Dugan položio 7. svibnja 1902. cjelokupni ispit te mu je to ispitno povjerenstvo priznalo sposobnost da može predavati matematiku i fiziku kao glavne struke u srednjim školama.

No, mora se naglasiti da je to Dugan učinio u dva koraka. U prvom je 17. svibnja 1901., prema ocjeni prof. Vinka Dvořáka, Dugana smatrao

osposobljenim samo za predavanje fizike u nižim razredima srednjih škola. Dakle, u tom svibanjskom roku 1901. smatrao se osposobljenim za predavanje matematike i fizike kao sporednih struka, uz dozvolu da može ispit u novom roku nadopuniti. Oproštene su mu nove domaće radnje tako da je morao samo pisati nove klauzurne radnje iz matematike i fizike te je morao ponovno odgovarati usmeno iz matematike i fizike uz dodatak kolokvija iz kemije koji je položio 9. listopada 1901. godine s dobrim uspjehom.

3. Franjo Dugan st. – profesor matematike i fizike

Franjo Dugan je čak 23 godine (od 1897. do 1919.) radio kao profesor u gimnazijama predavajući uglavnom fiziku i manje matematiku. Predavao je na Kraljevskoj gornjogradskoj velikoj gimnaziji u Zagrebu (1897. – 1910.), I. kraljevskoj realnoj gimnaziji u Zagrebu (1910. – 1913.) i II. kraljevskoj realnoj gimnaziji u Zagrebu (1913. – 1919.).

Početak karijere gimnazijskog profesora oženio se Anom GÜthner-Jagić, nećakinjom hrvatskog slavista Vatroslava Jagića. Imali su šestero djece: sinove glazbenike Franju (inženjer brodogradnje) i Čedomila (liječnik, primarius), sina Milana, te tri kćeri koje su se sve bavile glazbom – Anku udanu Vukovojac, Mariju udanu Pinterović i Branku udanu Stahuljak (za Mladena Stahuljaka iz poznate hrvatske obitelji glazbenika i književnika).

4. Franjo Dugan st. – fizičar

Znanje iz fizike, posebice akustike, upotrijebio je za duboko razumijevanje orgulja i orkestralnih puhačkih instrumenata. Primjerice, titranje stupca zraka u svirali orgulja tumačio je analogno titranju žice na violini. Smatrao je da je prirodnije stvaranje tona izravno titranjem stupca zraka, nego neizravno prenošenjem titranja žice na okolni zrak.

U neobjavljenom djelu *Glazbena akustika* (rukopis je dovršio 1943.), u prvim dvama uvodnim poglavljima daje fizikalne osnove glazbenih instrumenata. Poglavlje *Mehaničke oscilacije i valovi* sadrži npr. postanak transverznog i longitudinalnog progresivnog vala, postanak stojnog vala te odbijanje od čvrstog i slobodnog kraja progresivnih valova. Poglavlje *Titranje žice, štapića i membrane* sadrži npr. fizikalno tumačenje relativne i apsolutne visine tonova, tumačenje titranja žica (rješavanje opće diferencijalne jednačbe), izvod jednačbe stojnog vala, titranje kvadratne i okrugle ploče, titranje membrana, titranje zvona te sutitranje i rezonanciju.



Slika 5.: Franjo Dugan st. za orguljama zagrebačke katedrale

5. Franjo Dugan st. – muzikolog i orguljaš

5.1. Najznačajniji datumi muzičke karijere

1889. Primio dužnost orguljaša u crkvi sv. Petra u Zagrebu.

1895. Imenovan od Prvostolnog kaptola za drugog katedralnog organista.

1906. Imenovan članom ravnateljstva Glazbene škole Hrvatskog glazbenog zavoda.

1907. Sudjeluje u utemeljenju časopisa Sv. Cecilija, “lista za crkvenu glazbu s glazbenim prilogom”. Glazbeni prilog uređivao je 35 godina.

1908. Diplomira iz kompozicije na Visokoj muzičkoj školi Kraljevske umjetničke akademije (Königliche Akademie der Künste, Hochschule für Musik) u Berlinu. Studira u klasama eminentnih profesora: Maxa Brucha (instrumentacija i dirigiranje), Roberta Kahna (kompozicija slobodnih formi, komorna i simfonijska glazba), Leopolda Wolfa (sviranje partitura), dr. Karla Krebsa (povijest glazbe) i Otta Beckera (orgulje).

1908. Imenovan profesorom i ravnateljem Hrvatskog glazbenog zavoda – HGZ (nakon odlaska Ivana pl. Zajca).

1909. Premješten u Kraljevsku realnu gimnaziju u Osijeku zbog sukoba s Ravnateljskim odborom HGZ-a.

1910. Vraćen u Zagreb na I. realnu gimnaziju uz pomoć Prvostolnog kaptola.



Slika 6.: Čedomil Dugan – njegov je otac Franjo Dugan st. tvrdio da je bolji orguljaš od njega

1912. Postaje stalni orguljaš zagrebačke katedrale nakon smrti V. Kolandera.

1920. Imenovan ravnateljem Konzervatorija Hrvatskog glazbenog zavoda u Zagrebu (poslije: Kraljevska muzička akademija). Među profesorima, uz Dugana (Kontrapunkt, Fuga s imitacijom i kanonom, Nauk o glazbalima, Analiza glazbenih oblika, Gregorijanski koral, Akustika te Kompozicija i Orgulje) bili su Svetislav Stančić (klavir), Vaclav Huml (violina), Fran Lhotka (harmonija, dirigiranje) i Blagoje Bersa (instrumentacija i kompozicija). Odgojio je niz eminentnih figura hrvatske glazbe: Franju Lučića, Zlatka Grgoševića, Ivu Lhotku-Kalinskog, Rudolfa Matza, Ivana Matetića-Ronjgova, Borisa Papandopula, Brunu Bjelinskog, o. Kamila Kolba, Natka Devčića, Branimira Sakača, Mladena Stahuljaka, Čedomila Dugana, Rudolfa Taclika,...

1921. Izabran za redovitog člana Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti na prijedlog Dragutina Domjanića.

1921. – 1925. Vodi Oratorijski zbor crkve sv. Marka u Zagrebu.

1927. – 1940. Imenovan pročelnikom Odjela za kompoziciju.

1941. Imenovan rektorom Kraljevske muzičke akademije.

1944. Primio orden Vlade NDH za osobite zasluge na polju hrvatske glazbene znanosti i umjetnosti.

1945. Isključen iz Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti i osuđen na šest mjeseci zabrane javnog rada.

1947. Imenovan članom Instituta Maxa Regera u Bonnu. Nije otišao primiti imenovanje.

5.2. Radovi iz muzike i muzikologije

Za potrebe akademske nastave napisao je nekoliko udžbenika, prvih u hrvatskoj visokoškolskoj nastavi: *Nauk o elementarnoj teoriji muzike*, *Nauk o glazbalima*, *Nauk o kontrapunktu* i *Nauk o formama*. Ove godine objavit će se u obliku knjige njegov rukopis *Glazbena akustika*. Posao je opsežan, jer su sve slike (oko 120 slika) izgubljene, pa ih je trebalo rekonstruirati. Svakako preostaje istražiti koliko se rukopis *Nauk o glazbenim formama* (oko 300 rukom pisanih stranica) razlikuje od objavljene knjige *Nauk o formama* te eventualno objaviti novu knjigu.

Glavni je pokretač Vijenčeva izdanja *Hrvatske crkvene pjesmarice* (1. dio 1917., 2. dio 1919.), pjesmarice *Virgini Matri* te opsežnog zbornika *Hrvatski crkveni kantual* (1934.).

Obradio je zbirku koralnih melodija i crkvenih napjeva *Cithara octochorda* (tri izdanja iz XVIII. st.), te zbornik melodija i tekstova kajkavske nabožne poezije iz *Pavlinске pjesmarice* iz 1644. godine.

Sustavno je pisao o hrvatskim pučkim napjevima, fenomenu rimskog koral, a s vremenom je stvorio zbirku *Hrvatski crkveni kantual* koja obuhvaća harmonizaciju gregorijanskog koral za cijelu crkvenu godinu. Pratnju rimskog koral u zagrebačkoj je katedrali podignuo na jednu od najviših razina u Europi.

Značajno područje Duganova rada je skladanje. Među velikim brojem orguljskih skladbi su cjeline: *Toccate u g-molu* (1894.), *Fantazije u dorskom načinu na pučku pjesmu "Pozdravleno budi telo Jezusa"* (1895.), *Kromatske fuge u c-molu* (1905.) te *Preludija i fuge u H-duru* (1906.). Veliku zaokruženu cjelinu čine svjetovne i sakralne skladbe za zbor. Prema Anđelku Klobučaru, ističu se: *Haec Dies*, *Angelus Domini* i *Adoro Te devote*, a posebice *Molitva* i *Tebe mi hvalimo Bože*. Od sedam komornih skladbi, *Sonata za violinu i klavir u g-molu* prvo je djelo takve vrste u novijoj hrvatskoj glazbenoj povijesti. Niz instrumentalnih skladbi zaključuju: *Improvizacija po narodnim motivima* odn. *Uvertira* (1895.) te *Simfonijski Andante* (1908.).

Nakon 1909. godine Dugan prestaje skladati za orgulje (imao je 35 godina). Razlog ranog prekida skladanja uvelike leži u sukobu s dijelom vodeće glazbene javnosti, posebno s Antonom Dobronićem (1878. – 1955.). Praški đak Dobronić svoju je glazbu zasnivao na melodiji, a Dugan na polifoniji.

Zaključak

Život Franje Dugana st. obilježen je zvukom orgulja. Prije gotovo sto godina, Duganov učenik Rudolf Taclik (1894. – 1942.) napisao je:

“Dugan je obogatio glazbenu literaturu u svim vrstama osim u operi. Pisao je sola uz klavir, muške mješovite, ženske zborove *a cappella* i uz pratnju klavira. Simfoničku i komornu glazbu obogatio je sa simfoničkim

andante, sonatom za violinu i klavir i.t.d. Glavni pak kompozitorski rad leži na orguljaškoj kompoziciji. Tu je stvorio remek djela orguljaške literature. Baš u tim djelima pokazao se kao veliki majstor polifonije te imamo u osobi Dugana našega Rheinbergera, Guilmana i Bossia.”

Sam Franjo Dugan st. o sebi je rekao sljedeće:

“Pisao sam tu i tamo koju riječ o glazbi, ali moram priznati, da mi to nije lako išlo od ruke; k tomu pridolazi svagdanji naporan rad u školi, nakon kojega me prelazi veselje pisati. ... Ne mogu se oteti uvjerenju, da je mnogo riječi malo hasne, te sam daleko zadovoljniji svojim radom, kad sam prosvirao koju Beethovenovu sonatu ili napisao 16 mjera na kajdovnom papiru, nego da sam ispunio stupce glazbenog lista.”

Literatura

- [1] Josip Andrić: *Jubilej Franje Dugana*, Obitelj, 16/1944, 21/24, str. 289.
- [2] Janko Barle: *Franjo Dugan st.*, Sv. Cecilija, sv. 5., str. 122–129; sv. 6., str. 150–160; Zagreb 1935.
- [3] Krešimir Benić: *Franjo Dugan. Povodom 50-godišnjice umjetničkog rada*, Spremnost, 3(1945)149/150, str. 16.
- [4] Anton Dobronić: *Franjo Dugan. Povodom 70-godišnjice rođenja i koncerta skladba za orgulje*, Gospodarstvo, 4(1944)185, str. 7–8.
- [5] Dragutin Domjanić: *Frano Dugan*, Ljetopis Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti za godinu 1921., sv. 36/1922., str. 60–61.
- [6] Snježana Drevenšek: *Franjo Dugan st. – skladatelj, orguljaš obrađivač, glazbeni pisac i kritičar*, objavit će se u knjizi *Glazbena akustika*
- [7] *Dugan, Franjo st*, Hrvatski leksikon, Zagreb 1997., str. 305.
- [8] Franjo Dugan: *Nauk o glasbalima s osobitim obzirom na orgulje*, Nakladni odjel Hrvatske državne tiskare, Zagreb, 1944.
- [9] Franjo Dugan: *Glazbena akustika*, u pripremi objavljivanje knjige na temelju rukopisa, Kiklos, Zagreb, 2013.
- [10] Branko Hanžek: *Svestranost Franje Dugana st.*, Sveta Cecilija, 3–4, Zagreb, 2006., str. 3–7, 1–2, Zagreb 2007., str. 10–14.
- [11] Branko Hanžek: *Franjo Dugan st. – život i djelo*, objavit će se u knjizi *Glazbena akustika*
- [12] Anđelko Klobučar: *Franjo Dugan, Život i rad*, Rad Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti, knj. 351, str. 91–166, Zagreb, 1969.
- [13] Anđelko Klobučar: *Franjo Dugan, Život i rad*, Diplomaska radnja, Zagreb, 1955.
- [14] Anđelko Klobučar: *DUGAN, Franjo st.*, HBL, sv. 3. Č-Đ, Zagreb 1993., str. 661–664.
- [15] Viktor Novak: *Franjo Dugan st. O šezdesetogodišnjici rođenja*, Zvuk, 1933.–34., II/12, str. 427 i 428–435.
- [16] Sanja Raca: *Skladatelj Franjo Dugan*, Hrvatsko slovo, 1. siječnja 1999.

Franjo Dugan sr. – Physicist, Musicologist and Organist

Zvonko Benčić, Branko Hanžek

*In my life I have endeavoured to gather as much
knowledge and skill as possible, so I can pass them on to others.*

Franjo Dugan (1874 – 1948)

Abstract: Franjo Dugan was born in a small village at the foot of the Ivanščica Mountain near Zaježda in Hrvatsko zagorje. He did not have the right to fail. He was persistent, stubborn and hard-working. Fortunately his teachers recognized his musical talent. Another piece of good fortune was his choice to study mathematics and physics at the Faculty of Philosophy of that time in Zagreb. There he acquired an attitude to life and knowledge which made him significantly different from most musicians. Therefore it is to some extent understandable that he often came into fierce conflict with his colleagues. He was fertile in every area of life – he had six children.

Key words: Franjo Dugan st., Croatian music, musical instruments, organ, sound

Zvonko Benčić, Branko Hanžek

Profesor Vatroslav Lopašić – njegova znamenita predavanja i dalje žive

Sažetak: Profesor Lopašić ostao je u sjećanju tridesetak generacija studenata po predavanjima, posebice po pokusima koje je pokazivao tijekom predavanja. Sjećanja nestaju, a ostaje njegova metoda predavanja te njegovi udžbenici i zapisi. Ostaju i njegovi pokusi koje danas pokazuju njegovi nasljednici na Fakultetu elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu.

Ključne riječi: fizika, predavanja iz fizike, Vatroslav Lopašić, Elektrotehnički fakultet u Zagrebu

Uvod

Profesor Vatroslav Lopašić rodio se 9. prosinca 1911. godine. Prošle godine u prosincu obilježena je, simpozijem i spomenicom, na Fakultetu elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu stogodišnjica njegova rođenja. Stogodišnjice nose nešto iznimno: one su prekretnice – njima prestaje sadašnjost i počinje prošlost. Ljudski vijek ograničen je na magičnu brojku *sto* pa stogodišnjica time pokazuje prijelaz iz sadašnjosti u povijest. [1]

U životu profesora Lopašića prepoznaje se nekoliko razdoblja, koja su uvelike uvjetovana društvenim i političkim prilikama u bivšim državama.

Prvo razdoblje je razdoblje učenja. Doseže do njegove 26. godine života, tj. do obrane doktorata na Filozofskom fakultetu u Zagrebu, 1938. godine. [2]

Drugo razdoblje je razdoblje predraća, rata i poraća. Doseže do njegove 39. godine života, tj. do imenovanja za izvanrednog profesora na Tehničkom

fakultetu u Zagrebu, 1950. godine. To je za profesora Lopašića prilično nesretno razdoblje. U tom razdoblju degradiran je od izvanrednog profesora teorijske fizike na Mudroslovnom fakultetu Hrvatskog sveučilišta u Zagrebu (današnji Prirodoslovno-matematički fakultet) na asistenta (1946.). Zatim je trajno odvojen od svojeg matičnog fakulteta postavljanjem za honorarnog nastavnika (1946.) i profesora (1947.) Više pedagoške škole u Zagrebu. Ipak je do 40. godine života napisao šest članaka: jedan za *Nastavni vjesnik* (1940.), jedan za časopis *Prirodu* (1940.), dva za časopis *Radio* (časopis za amatere i tehničare, 1946.) i dva za *Glasnik matematičko-fizički i astronomski* te tri natuknice za V. svezak Hrvatske enciklopedije.

Treće razdoblje je najplodnosnije razdoblje. Doseže do njegove 56. godine života, tj. do preuzimanja vođenja Zavoda za primijenjenu fiziku od profesora Vladimira Knappa (1967.). Tu su u prvom redu udžbenici *Predavanja iz fizike* (I., II. i III. dio, 1956. – 1962.), zatim članak za časopis *Schweizerische Zeitschrift für allgemeine Pathologie und Bakteriologie* (1952.), dva članka za *Glasnik matematičko-fizički i astronomski* (1955.) i članak za časopis *Automatizacija* (1965.). Bio je u odboru stručnjaka za izgradnju Instituta “Ruđer Bošković” (1950.) i pročelnik njegova III. (elektroničkog) odjela (do 1956.) te dekan Elektrotehničkog fakulteta u Zagrebu (1959./1960.). Treće razdoblje završilo je poznatim intervjuom *Glasi Koncila* pod naslovom *Moderna fizika olakšava religioznu misao* (1967.).

Četvrto razdoblje doseže do njegove 71. godine života, tj. do umirovljenja 1982. godine. Traje dosta dugo, punih 15 godina. U tom razdoblju završio je u suautorstvu s Višnjom Henč-Bartolić pisanje niza udžbenika *Predavanja iz fizike* (IV. dio, 1976.), napisao je udžbenik *Elektromagnetsko polje* (1979.), te u suautorstvu s Vesnom Kos i Višnjom Henč-Bartolić još udžbenik *Mjere i mjerenja u fizici* (1981.). Predavao je na Elektrotehničkom fakultetu, Rudarsko-geološko-naftnom fakultetu, Tehnološkom fakultetu i Šumarskom fakultetu, na Fakultetu elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje u Splitu, te na interfakultetskom saobraćajnom studiju u Zagrebu.

Peto razdoblje je do njegove smrti 17. prosinca 2003. godine. Napisao je pet članaka u vezi s hrvatskim jezikom, zadao je četiri zadatka u *Matematičko-fizičkom listu* i postao glasovit po svojim križaljka u časopisu *The Listener* (1973. – 1979.).

Ovaj se članak odnosi na treće razdoblje, na razdoblje u kojem su predavanja nastala i postigla perfekciju. Profesor Lopašić, na skupštini Hrvatske akademije tehničkih znanosti (HATZ), 1994. godine, kad je dobio povelju počasnog člana HATZ-a, pitao me kad sam slušao njegova predavanja. Odgovorio sam mu da sam Fiziku I. slušao 1958. godine. Komentirao je: “Oh, tada su moja predavanja bila u punom sjaju.”

1. Didaktička neprekinutost od Macha do Lopašića

Didaktičku neprekinutost znanstvene misli čini niz od šest fizičara. To su Ernst Mach (1838. – 1916., poznat još kao fiziolog, psiholog i filozof), Vinko Dvořák (1848. – 1922.), Peter Salcher (1848. – 1928.), Andrija Mohorovičić (1857. – 1936.), Stanko Hondl (1873. – 1971.) i Vatroslav Lopašić (1911. – 2003.). Mach je bio učitelj Dvořáku, Salcheru i Mohorovičiću. Dvořákov učenik bio je Hondl, a njegov učenik Lopašić. Zanimljivo je da su se svi bavili valovima, bilo zvučnim, bilo svjetlosnim. Lopašić ističe da je posebnu pozornost Hondl pokazivao demonstracijskim pokusima na svojim predavanjima.

U predgovoru četvrtom dijelu skripata *Predavanja iz fizike* (1986.) profesor Lopašić i tadašnja docentica dr. Višnja Henč-Bartolić, retrospektivno pišu:

“Ostvarenje ovakvih predavanja nije djelo jednog čovjeka. U prvom redu koristi se iskustvo i znanje onih kod kojih smo učili, a to su naši profesori. Više njih bi mogli nabrojiti, no jednoga barem da spomenemo u štovanju i zahvalnosti, a to je prof. dr. Stanko Hondl (1873. – 1971.) koji je iskreno i skromno tražio Istinu ne robujući predrasudama. Daljnja je osnova za sastavljanje predavanja literatura, knjige i rasprave, na raznim jezicima. To je kao neki ogromni rezervoar iz kojeg se prema potrebi crpe. Onda nastavnik mora odlučiti, da prema određenom programu ostvari za slušatelje primjerena predavanja na način koji odgovara nastavnikovoj osobnosti. Tu dolazi do izražaja nastavnikova kreativnost kojom on daje pečat svojem ostvarenju, tako da unatoč činjenice što predaje ono što je primio, uz ovo daje i nešto svojega. U tome je životna snaga predavanja i razlog zašto se održavaju, premda danas stoje na raspolaganju tolika sredstva za podučavanje pomoću strojeva. Naša osnovna misao pri ostvarenju predavanja bila je, da ta predavanja trebaju pokazati rast fizikalnih predodžbi od sabiranja iskustva putem matematske obrade, pa opet natrag na iskustvo i t.d. Svrha je toga ne samo da se slušatelju preda znanje, nego da se u njemu potakne kreativno mišljenje koje vodi prema djelu, t.j. prema želji da se eksperimentira sa svrhom proširenja znanja. Prema tome na predavanjima treba pokazati nedovršenost traženja, koja mladima budi svijest da i za njih ima posla.”

Nesreća profesora Lopašića bila je u tome što nije stigao u nastavu fizike uvesti poznavanje osnova moderne kvantne fizike (posebice fizike materijala) i nuklearne fizike. Taj zadatak preuzela je generacija kojoj su pripadali Vladimir Knapp (1965.), Mile Baće (1967.), Nikola Cindro (1969.), Petar Kulišić (1972.) i Dubravko Pevec (1979.). Lopašić je zbog Drugog svjetskog rata izgubio najmanje deset produktivnih godina, a idućih je deset potrošio na organiziranje nastave fizike na svim tehničkim fakultetima.

2. Predavanja iz fizike

Treba se sjetiti socijalnih prilika u Jugoslaviji pedesetih godina, tj. u doba formiranja predavanja iz fizike. Mnogi završeni srednjoškolci upisali su Tehnički fakultet, a da nisu vidjeli niti jedan pokus iz fizike. Nije bilo fakultetskih udžbenika ni skripata. Mnogi studenti nisu mogli kupiti logaritamsko računalo i pribor za crtanje (grafos-pera došla su kasnih pedesetih godina). Rijetki su imali gramofon, a televizijski aparat se pojavio *u izlogu* 1956. godine. Nastava se održavala na nekoliko mjesta, tako da je trebalo trčati iz jedne zgrade u drugu.

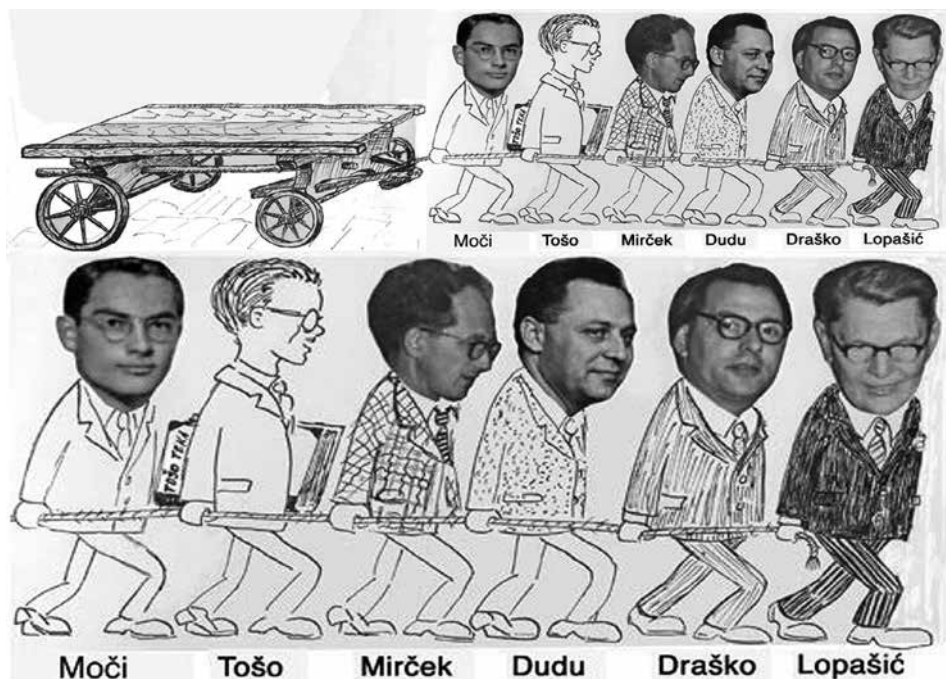
Iz današnje perspektive možda se čini da su neki pokusi bili trivijalni. No, sigurni smo da je te pokuse jednom u životu trebalo doživjeti. Predavaonica je uvijek bila puna, sjedilo se i po podu i po prozorima. A nije bilo nikakve kontrole pohađanja predavanja.

U prvo se vrijeme oprema za pokuse posuđivala od Prirodoslovno-matematičkog fakulteta (PMF, u dogovoru s profesorom Mladenom Paićem; v. sliku 2.). Negdje oko 1953. stigla je oprema od tvrtke Leybold. Po opremu više nije trebalo ići na PMF. Stvorena je prekrasna zbirka od 277 pokusa (nalazila se do Velike predavaonice u Kačićevoj ulici na AGG-u).

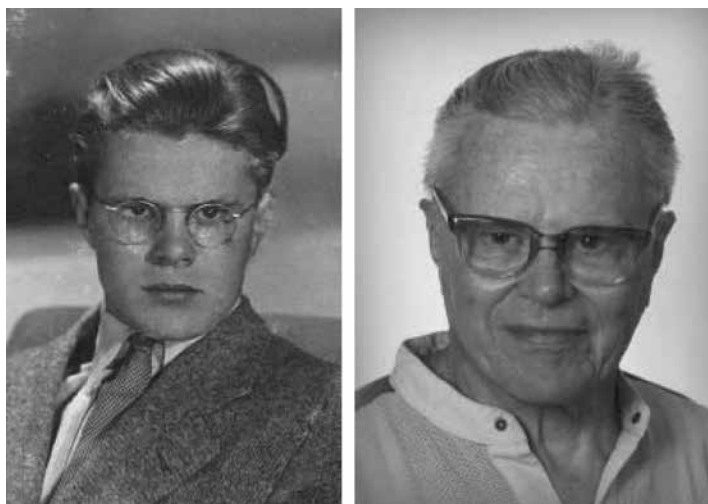
Velik doprinos pripremi pokusa dao je majstor Zavoda za fiziku Pavao Vlašić, ne samo pažljivom i točnom izradom, nego i korisnim savjetima za poboljšanje njihove aparature, zatim demonstrator Tomislav Lisac koji je izradio detaljne upute za sastavljanje pokusa (točno se znalo na koje mjesto dugog šestometarskog stola dolazi koji pokus, upute se koriste i danas) i demonstrator Tomislav Gjurić koji je znao pogoditi i ispuniti gotovo sve želje profesora Lopašića.



Slika 1.: Spomen-ploča profesoru Vatroslavu Lopašiću na Fakultetu elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu (u auli, ispred ulaznog stubišta u dvoranu B1)



Slika 2.: Oprema za pokuse u početku se prevozila (1950. – 1953.) između Marulićeva trga (PMF) i Kačićeve ulice (Tehnički fakultet) malim kolicima. Vuku: Ivan (Moči) Sztrilich, Tomislav (Tošo) Lisac, Miroslav (Mirček) Sedlaček, Ljudevit (Dudu) Čeljuska, Draško (Draško) Gospodnetić i prof. Lopašić. Tošo nosi pod rukom svoju Tošoteku.



Slika 3.: Tomislav Lisac (1928. – 2006.): a) fotografija iz indeksa (1947.) i b) fotografija pred mirovinu (2002.). Napisao je tzv. tošoteku u kojoj je detaljno opisana (do vrste stezaljke i boje žice) i fotografirana izvedba pokusa.

Pokuse na predavanjima dopunjavali su pokusi na Fizičkom praktikumu (oko 40 pokusa). Tu je profesor Lopašić imao siguran oslonac u svojem gimnazijskom i studentskom kolegi asistentu Pavlu Krivačiću.

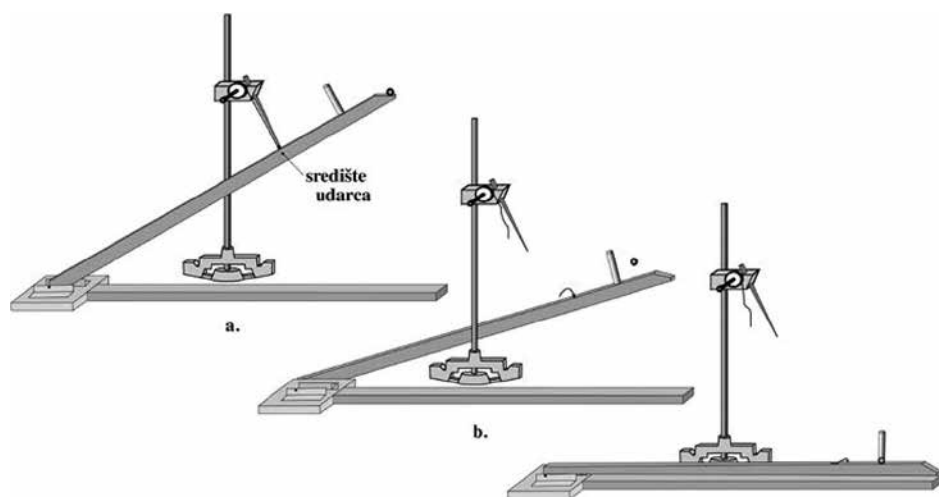
Demonstratori na pripremama za predavanja i na Fizičkom praktikumu birani su s različitih fakulteta, najviše s elektrotehnike, strojarstva, brodogradnje i kemije. To je bila mala interdisciplinarna družina, a zahvaljujući toj interdisciplinarnoj školi mnogi su imali lijepu karijeru.

3. Pokusi na predavanjima

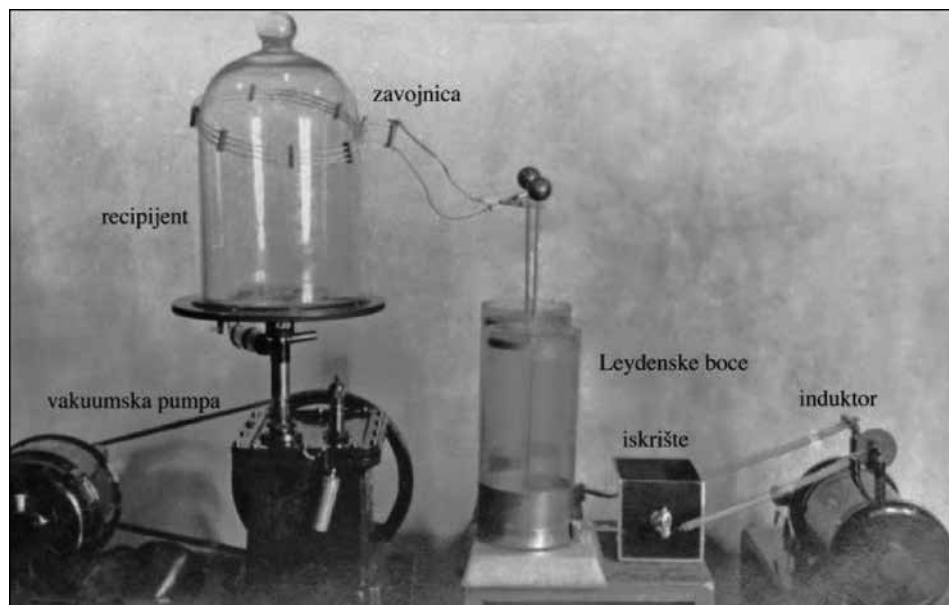
Profesor Lopašić imao je tijekom predavanja dvije vrste pokusa: a) fenomenološke, kojima je davao temeljnu fizikalnu sliku; i b) mjerne, kojima je dolazio do fizikalnih zakona.

Pokusi koji nisu bili dovoljno velikih izmjera da bi se vidjeli iz zadnjih klupa, primjerice listići elektroskopa, obasjavani su lučnicom i projicirani na zaslon.

Evo nekoliko upečatljivih pokusa (glede metode spoznavanja fizikalnih zakona pogledajte udžbenike): Atwoodov padostroj (mjerjenje ubrzanja sile teže), fizičko njihalo (gibanje brže od slobodnog pada), Prandlov stolac (objašnjenje zašto mačka obično padne na noge), aparat Hele-Shawa (strujanje idealne tekućine u dvjema dimenzijama), zatvorena električna silnica, Teslin transformator (svjetljenje fluorescentne cijevi u blizini transformatora).



Slika 4.: Objašnjenje prelamanja tvorničkog dimnjaka prilikom rušenja. Vrh kraka pada brže od slobodnog pada pa se kuglica na kraju nađe na dnu šuplje cijevi. Proračun nagiba kraka te visine i položaja cjevčice veoma je složen. Profesor Lopašić ga je objavio, zajedno s profesorom Zlatkom Jankovićem, 1946. godine u časopisu Glasnik matematičko-fizički i astronomski.



Slika 5.: Pokus o zatvorenoj električnoj silnici



Slika 6.: Profesor Miroslav Sedlaček pokazuje na Prandtlovu stolu pokus “mačkin rep” na simpoziju o 100-toj obljetnici rođenja prof. Lopašića (8. prosinca 2011.).

Zaključak

Profesor Lopašić služio je drugima. Bio je znanstvenik, briljantan profesor, autor sveučilišnih udžbenika, intelektualac. Primjerom nam je pokazao da znanje raste radom i da znanje vrijedi. Kako je tragično današnje bolonjsko vrijeme u kojem se relativizira znanje, u kojem se studenti bore za bodove i rang-listu. Komično je i tragično da ima na desetke studenata s ocjenom 5,00.

Pokusi profesora Lopašića pokazuju kako nastaje fizikalna misao i kako se ta misao pretače u fizikalni zakon i iskazuje matematičkim jezikom. Zato su pokusi profesora Lopašića bezvremeni.

LITERATURA

- [1] D. Horvat, Osvrt na knjigu “*Vatroslav Lopašić, klasik hrvatske fizike*”, Čovjek i svemir, god. LIV, br. 3., 2011./2012., str. 30.
- [2] B. Hanžek, Z. Benčić, *Vatroslav Lopašić – Klasik hrvatske fizike*, Kiklos, Zagreb, 2011., 420 str.
- [3] V. Lopašić, *Predavanja iz fizike I.–IV.* dio, Sveučilište u Zagrebu, Elektrotehnički fakultet, Zagreb, 1956. – 1976.

Professor Vatroslav Lopašić – His Famous Lectures Live On

Zvonko Benčić, Branko Hanžek

Abstract: Professor Lopašić is still remembered by about thirty generations of students for his lectures, especially for the experiments he demonstrated during his lectures. Memories fade, but his teaching methods remain, along with his textbooks and other writings. His experiments also remain, and are now demonstrated by his successors at the Faculty of Electrical Engineering and Computing of the University of Zagreb.

Key words: physics, physics lectures, Vatroslav Lopašić, Faculty of Electrical Engineering and Computing in Zagreb

Riječ Ane Tučkar, nećakinje prof. Lopašića, prilikom otkrivanja njegove biste

Svečano otkrivanje biste prof. dr. sc. Vatroslava Lopašića održano je 17. listopada 2016. u dvorištu Doma Akademije tehničkih znanosti Hrvatske. Bista profesora Lopašića rad je akademskog kipara Borislava Leinera.

Poštovani gospodine predsjedniče i članovi Uprave Akademije tehničkih znanosti Hrvatske, Poštovane dame i gospodo, čelnice i čelnici institucija i tvrtki donatora, Poštovane uzvanice i uzvanici,

Posebno mi je zadovoljstvo što, kao nećakinja pokojnog prof. dr. sc. Vatroslava Lopašića i u ime njegove obitelji, imam čast otkriti njegovu bistu koju je podigla Akademija tehničkih znanosti Hrvatske uz potporu cijenjenih donatora iz znanosti i gospodarstva (Fakultet elektrotehnike i računarstva Zagreb, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije Zagreb, Fakultet strojarstva i brodogradnje Zagreb, Geodetski fakultet Zagreb, Građevinski fakultet Zagreb, Grafički fakultet Zagreb, Tekstilno-tehnološki fakultet Zagreb, Sveučilište u Zagrebu, Končar – Elektroindustrija d. d. Zagreb), na čemu im svima ovom prigodom zahvaljujem.

Posebno zahvaljujem uvaženom gospodinu Borisu Leineru, kiparu koji je vjerno i nadahnuto dočarao lik našeg dragog Vatroslava Lopašića.

Profesor Lopašić je bio istaknuti znanstvenik, stručnjak i sveučilišni nastavnik koji je formirao i odgojio mnoge generacije mladih inženjera te smo kao obitelj dirnuti pažnjom Uprave Akademije tehničkih znanosti Hrvatske, kojoj je Vatroslav Lopašić bio počasni član, na što smo iznimno ponosni, kao i velikodušnom potporom donatora koji su osigurali financijsku potporu.

Želimo vam mnogo uspjeha u daljnjem radu i još ovakvih vrijednih inicijativa!



Desno: nećakinja prof. Lopašića Ana Tučkar, lijevo gospođa Ana Kaštelan-Moser

Branko Hanžek

Genealogija elektrotehničara u Hrvatskoj do 1956. godine

Sažetak: U radu je riječ o pokušaju stvaranja genealoškog modela. Umjesto elektrotehnici kao znanosti, pozornost se posvećuje osobama koje su je stvarale. Prikazana je situacija u Hrvatskoj od 1851. do 1956. godine.

Ključne riječi: genealogija, elektrotehnika, Hrvatska

Uvod

Prije svakog pisanja potrebno je najprije obrazložiti naslov. Prvi koji je izraz genealogija znanosti izložio u obliku modela bio je hrvatski akademik Ivan Supek (1915. – 2007.) [1]. Učinio je to originalnim izrazom *rodoslovlje znanosti*, a odnosilo se na prirodne znanosti. Bitna karakteristika znanstvenog rodoslovlja je to da se neko znanstveno područje nije moglo razviti prije nekog drugog područja (npr. mehanika Engleza Isaaca Newtona (1642. – 1727.) nije se mogla razviti bez postojanja sustava grčkog autora Euklida (330. – 275. pr. Kr.) i astronomskog vremena, jednadžbe Škota Jamesa Clerka Maxwella (1831. – 1879.) bez Newtonova pojma sile). Supekov model vrsno su promovirali suradnici Lelas.

Hrvatica Jasmina Lelas (1939. – 1998.) u svojem je članku [2] naglasila da je Supekov genealoški model dobra ilustracija onog što je čovjek stvorio u znanosti tijekom povijesti, tj. da je dobra ilustracija tzv. filozofije povijesti znanosti. Ona je, također, uvela termin *povijesnost znanosti* u hrvatsku metodologiju istraživanja povijesti znanosti. U navedenom članku Lelas dala je prikaz genealoškog modela razvitka (prirodnih) znanosti s naznakom da je taj model

posebno objašnjenje povijesti znanosti. Naglašavajući ulogu povijesnosti znanosti, istaknula je da povijesnost znanosti vodi na povijesnost razumijevanja znanosti. Uspoređivala je Supekov genealoški model s idejom Engleza Stephena Toulmina (1922. – 2009.) kontinuirane genealogije znanosti, naglašavajući da među njima postoje razlike. Jasmina Lelas uspoređivala je Supekov i Toulminov evolucijski kontinuitet s sociopsihološkim modelom Amerikanca Thomasa Samuela Kuhna (1922. – 1996.), u kojem Kuhn vidi razvitak znanosti poput revolucionarnog procesa izmjena paradigmi (teorijski artikuliranih znanstvenih postignuća). Hrvat Srđan Lelas (1939. – 2003.) u pogovoru knjige [3] posebno poglavlje posvećuje rodoslovlju znanosti. Ističe da Supekovo rodoslovno stablo, kao i znanost, izranja iz čovjekove usađenosti u svijet. Lelas naglašava da se rodoslovlje znanosti čini različitim od stvarnog povijesnog razvoja. Stablo je model razvitka koji nije isto što i opis stvarnog razvoja.

Ono što razlikuje Supekovu ideju od stvarnog povijesnog razvoja je ignoriranje napuštenih teorija, npr. Aristotelove (383. – 322. pr. Kr.) fizike. Ipak, valja naglasiti da će poboljšanje modela predstavljeno u radu uzimati u obzir cjelinu razvitka elektrotehnike te da će i danas neprihvaćene ideje biti uključene (poput ideje etera u nezaobilaznim Maxwellovim jednadžbama). Lelas smatra da bi se genealoški model kao model razvoja, uz prikladnu dopunu, mogao pokazati najbliži stvarnoj povijesti, a naglašava i neke druge prednosti. To su: nepretpostavljanje krajnje svrhe, neoslanjanje na deduktivne odnose nego na rodbinsko jedinstvo, smještanje između racionalističkih i anarhističkih modela, te na taj način izbjegavanje njihova pretjerivanja i jednostranosti.

Supek je u knjizi [4] prikazao razvitak elektrotehnike. Istaknuo je da je elektricitet nevidljiv, nečujan, bezmirisan i neopipljiv, te leži izvan područja svakidašnjeg ljudskog života. Sva moderna elektrotehnika plod je epohalnih spoznaja o elektricitetu. Snažan zamah razvitku elektrotehnike dala je industrija kad je postavila zahtjev za jeftine i jake izvore električne struje. Postupno se, krajem XIX. st., došlo do otkrića da je svjetlost elektromagnetska pojava. Valovi koje je otkrio Nijemac Heinrich Rudolf Hertz (1857. – 1894.) označili su početak radiotehnike. Razbijena je granica koju je priroda stavila zvuku, elektromagnetski valovi proširili su carstvo ljudskog uma, ali i vlast nad ljudima – ističe Supek.

Supekov model upotrpunio sam tako da sam u model uključio i akustiku istaknuvši poimence Čeha Vinka Dvořáka (1848. – 1922.) [5]

Upitamo li se: “Zašto baš genealoški model?” odgovor je tu. Zato što je to najpogodniji model znanosti. “Zašto elektrotehnika, a ne ostale tehničke znanosti?” Zato što od svih njih najviše upotrebljava modele uz korištenje matematike, ali i stoga što se od svih ostalih najviše oslanja na skrivene procese (nevidljive elektrone!). “Zašto elektrotehničari?” Zato što je to svojevrsno proširenje Supekova modela s prirodnih znanosti (humanističke i društvene nisu uključene!) na duhovne težnje uz puno uvažavanje ljudske slobode kako bi se dobila

cjelovitija slika elektrotehnike. Još očitije: od samih početaka spoznaja je čin cjelokupnog čovjeka: uma (Francuz René Descartes (1596. – 1650.)) i srca (Francuz Blaise Pascal (1623. – 1662.)).

Od koje ćemo početne točke promišljati o znanstvenicima sklonim elektrotehničkoj misli u Hrvatskoj? Idealni početak: od 1751. kad je Amerikanac Benjamin Franklin (1706. – 1790.) iznio prvu teoriju o elektricitetu. Međutim, teoriju je isprepleo s praksom tako da je svoja znanstvena otkrića primijenio kako bi učinkovito zaštitio ljude od munje. Ukratko: kao inženjer izumio je gromobran. Samo malo neodređeniji početak bio bi od kraja XVIII. st. koincidirajući s Nijemcem Georgom Wilhelmom Friedrichom Hegelom (1770. – 1831.). Hegel je utemeljio povijesno mišljenje pa time i povijest znanosti koja nužno mora utvrditi što se doista zbilo tijekom znanosti. “Zašto do 1956. godine?” Zbog oslanjanja na obavljena istraživanja u kojima su zahvaćene prijašnje epohe, tj. etape, a i zbog prešutnog dogovora da se piše o temama nakon proteka od barem 50 godina.

1. Provedena istraživanja

Istraživanje je provedeno povijesnom metodom koja se oslanjala na filozofski pristup i promišljanja kako bi se pratio razvitak elektrotehničke misli u Hrvatskoj u promatranom razdoblju.

1.1. Razdoblje od 1751. do 1850.

U Hrvatskoj je prva rasprava, tiskana 1789. u Zagrebu, bila ona o tumačenju ljekovitog elektriciteta u Kraljevskom fizikalnoučevnom zavodu u Pečuhu. Bila je na latinskom jeziku, a napisao ju je Hrvat Josip Franjo Domin (1754. – 1819.). Za ovu prigodu prijevod te rasprave preuzeo sam iz članka Hrvatice Snježane Paušek-Baždar (1950.) [6]. To je Dominu priskrbilo naziv pionira ili oca elektroterapije na području Austro-Ugarske. U raspravi je opisano stvaranje statičkog elektriciteta sa staklenim valjkom koji rotira i tare se o vunene krpe. Naboj koji pritom nastaje dovodi se na izoliranu kuglu, a čovjek se stavi na izoliranu stolicu i nabije statičkim elektricitetom. Opis je preuzet iz knjige hrvatskog akademika Žarka Dadića (1930.) [7].

U spomenutoj Dadićevoj knjizi navedeno je da je profesor sveučilišne fizike, u okviru filozofskog tečaja, Hrvat Juraj Šug od 1798. do 1803. zadavao teze iz elektriciteta i magnetizma. Te su teze studenti branili na javnim ispitima, tzv. disputima. Jedan je student postavljenu hipotezu u tezi, u obliku filozofske rasprave, branio, dok ju je drugi pobijao. Tako npr. u jednoj Šugovoj tezi stoji: “Elektricitet ima medicinsku moć, a primjenjuje se kupkama, vjetrovima,

iskrama i munjama.” Šuga je naslijedio Antun Šuflaj koji u svojim tezama, od 1806. sve do 1834., ispituje elektricitet prema shvaćanjima Franklina i Talijana Luigija Galvanija (1737. – 1798). Traži i poznavanje elektrostatike i učinka Talijana Alessandra Volte (1745. – 1827.).

U drugoj Dadićevoj knjizi [8] istaknuto je da je Kajetan Petter zadavao od 1844. do 1846. teze iz elektriciteta. Njegove se teze razlikuju od Šuflajevih ne samo po tome što ih je više, nego i po tome da Petter ne spominje da se elektricitetom može liječiti. Prema Hrvatu Gustavu Šindleru (1913. – 2002.) [9], Petter elektricitet naziva električnim fluidom koji se sastoji od minimalnih čestica, a s obzirom na električku paru-vapor, tijela se dijele na dobre i loše vodiče i izolatore. Šindler naglašava da Petter navodi da je Franklin prvi u atmosferi otkrio *vaporum electricum*, tj. munju. Petterova jedanaesta teza na tragu je ideje o električnom polju pa on nazivom *atmosphæra electrica* naziva prostor u kojem elektricitet djeluje svojim silama iz jednih na druga tijela. Petterova osamnaesta teza govori o stezanjima mišića kao posljedici djelovanja elektriciteta na živce mrtvih i živih životinja.

Valja naglasiti da se u doba izlaženja Dominove rasprave sveučilišna fizika u Zagrebu studirala kao opća (o tijelu i kretanju, o načelima tijela i njihovim međudjelovanjima, o nebeskim tijelima i njihovim međudjelovanjima) i posebna (hidraulika, aerodinamika, kalorika, optika, elektricitet i magnetizam i geofizika). Podjela je preuzeta iz članka Hrvata Franje Zenka (1931.) [10], a postojala je do 1797. godine.

1.2. Razdoblje od 1850. do 1918.

Sveučilišna nastava fizike dokinuta je 1850. godine. Tek 1876. počela je u Zagrebu suvremena sveučilišna nastava fizike dolaskom Vinka Dvořáka iz Praga u Zagreb. Vinko Dvořák objavio je 12 radova iz područja elektriciteta i magnetizma. Radi preglednosti navedeni su u Dodatku.

No, znanstvenih radova iz područja elektriciteta bilo je i prije 1876., pod okriljem Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti (JAZU) koja je utemeljena 1866. godine. Hrvat Martin Sekulić (1833. – 1905.) objavio je u Radu JAZU, knj. 15, Zagreb, 1871., str. 77–86., raspravu pod nazivom *Fluorescencija i calcescencija*. U raspravi je riječ o teoriji svjetla (ondašnji termin!) zasnovanoj na gibanju etera. Stokesova teorija govori da se materijalne čestice, izložene utjecaju svjetlosti, počnu gibati potaknute eterovim gibanjem, a onda se gibanje materijalnih čestica prenese na eterne čestice. Kao rezultat dobiju se novi valovi koji se od prvotnih razlikuju po valnoj duljini i periodu. Sekulić je, polazeći od teorije Engleza Georgea Gabriela Stokesa (1819. – 1903.), dvije navedene pojave htio objasniti tako da je promijenio njegovu teoriju kao što je promijenio i preinake koje su učinili drugi autori. U Radu JAZU, knj. 20,

Zagreb, 1872., str. 39–60., objavio je Sekulić raspravu pod nazivom *Polarna zora kao učinak zemaljske munjine*. U raspravi, koja se nadovezuje na raniju Torbarovu raspravu *Sjeverna zora*, ističe se da je i B. Franklin promatrao polarnu zoru i o tome imao svoje stavove.

U Dadićevoj knjizi [8] istaknuto je da je Hrvat Ferdinand Kovačević (1838. – 1913.) godine 1875. u Zagrebu, u vlastitoj nakladi, tiskao knjigu pod nazivom *Betriebsstörungen oberirdischer Telegraphen-Leitungen, deren Aufsuchung und Behebung* (Smetnje u radu nadzemnih telegrafskih vodova, njihovo ispitivanje i popravak). To je bilo prvo djelo iz telegrafije koje je objavio jedan hrvatski autor. Ako mu je prva knjiga bila na njemačkom, zadnja knjiga koju je 1892. u Zagrebu objavio bila je na hrvatskom. Bila je to knjiga *Elektromagnetički brzoglav osobitim obzirom na poštansko-brzoglavne odpravnike*.

Doktor filozofije Hrvat Antun Kržan (1835. – 1888.), koji je predavao metafiziku i dogmatiku, izrekao je 19. listopada 1876. govor kao nastupajući rektor [11]. Među ostalim, istaknuo je:

“Mislim, danas nemože više nitko pametno protusloviti, premda još te nisu sve težkoće poravnane, da svjetlo napokon nije ništa drugo nego gibanje i to strašno brzo treperenje čestica, od kojih je sastavljeno svjetleće tielo, a onda otuda proiztičuće treperenje eteričkih čestica, od kojih nastaje talasanje etera. (...) Danas se ne može više dvojiti, da je pojavom magnetizma isti uzrok, koji je i pojavom munjine, te oni proiztiču iz jednoga te istoga vrela tako, da pojavi magnetizma nisu drugo nego pojedini slučajevi munjine.”

Ovdje valja napomenuti uzaludan iskorak metafizike koja je nastojala iskoračiti iz svijeta iskustva. Umjesto fragmentarnog pristupa fizike, metafizika je uporno pokušavala razviti cjelovito objašnjenje svijeta, ali nijedan pokušaj metafizike nije se u fizici ni približno mogao uspoređivati s njezinim rezultatima.

Prema Spomenici FER-a [12] navedeno je da su počeci studija elektrotehnike vezani uz Zagreb u kojem je 1880. Slovak Bogoslav Šulek (1816. – 1895.) opisao prve žarulje, a Hrvat Franjo Hanaman (1878. – 1941.) poslije je bio nositelj svjetskog patenta žarulja s volframovom niti. Hrvat Oton Kučera (1857. – 1931.) piše znanstveno-stručne *Crte o magnetizmu i elektricitetu* koje 1891. objavljuje Matica hrvatska. Matica hrvatska pokreće krajem XIX. st. nakladu pod nazivom *Novovjekni izumi* u kojima su mnoge objavljene knjige posvećene elektrotehnici. U tim knjigama Hrvati Oton Kučera, Stanko Plivelić (1868. – 1907.) i Juraj Božićević (1877. – 1947.) posvećuju poglavlja električnim generatorima i motorima, električnim vozilima, prijenosu električne energije, akumulatorima. Stanko Plivelić objavio je dvije značajne knjižice o elektricitetu. To su knjižice pod naslovima *Opasno djelovanje električnih struja na čovjeka i prva pomoć u slučaju nesreće*, tisak Dioničke tiskare, Zagreb 1909., 22 stranice

i *Munjovodni uređaj (Propisi za gradnju, ispitivanje munjovoda)*, tisak i naklada Hrvatske dioničke tiskare (N. Dogan), Mitrovica 1910., 30 stranica.

Početak XX. st. zaredale su disertacije na Mudroslovnom fakultetu u Zagrebu. Prvi koji je doktorirao na Mudroslovnom fakultetu iz filozofije bio je Hrvat Franjo Divić (1854. – 1893.). Struka mu je bila fizika i matematika, a usmene ispite (znači i filozofiju) položio je 30. srpnja 1881. godine. Znanstvena rasprava *Uzroci djelovanja Zemlje na magnete i električne struje* tiskana mu je u Beču. Zanimljivo je da je rasprava mogla, prema propisima, biti na hrvatskom ili latinskom jeziku. Hrvat Ladislav Stjepanek (1874. – 1951.) je, u postupku stjecanja doktorata znanosti, prvi put izišao na ispit iz logike i povijesti filozofije 6. listopada 1898., a drugi put iz skupine fizika i matematika 26. srpnja 1900. pred komisijom: Hrvat Antun Heinz (1861. – 1919.) kao dekan, Čeh Vinko Dvořák, Srbin Vladimir Varičak (1865. – 1942.), te ga položio s odličnom ocjenom. Pismenu raspravu (disertaciju) *Maxwellova teorija o elektricitetu* odobrili su profesori Dvořák i Zahradnik, a objavljena je u Nastavnom vijesniku br. 9., str. 230–271 iz 1900. godine. Stjepanek se i habilitirao 1902. za Mehaniku i Znanost o magnetizmu i elektricitetu na Mudroslovnom fakultetu te dobio *veniam legendi* za predavanja iz tog područja. Hrvat Dušan Pejnović (1883. – 1958.) položio je 9. ožujka 1910. ispit iz fizike kao glavne, a matematike kao popunjujuće struke pred komisijom u sastavu Heinz, Dvořák, Varičak. Disertaciju *Magnetička istraživanja* ocijenili su Dvořák i Varičak. Disertacija je objavljena u Nastavnom vijesniku 18 (10) iz 1910. godine. Hrvat Milivoj Prejac (1884. – 1972.) je 27. travnja 1911., prvi put s odličnim uspjehom pred komisijom Dvořák, Varičak (dekan), položio ispit iz fizike kao glavne te matematike kao popunjujuće struke. Disertaciju *Teorija elektrona* odobrili su Dvořák i Varičak. Položivši 13. lipnja 1913. ispit iz filozofije, mogao je imenovani pristupiti svojoj promociji 16. lipnja iste godine.

Prije osnivanja Visoke tehničke škole (1918.) posjećivana su predavanja elektrotehničke prirode na Pučkom sveučilištu u Zagrebu. Tako je 1912. Hrvat Stanko Hondl (1873. – 1971.) održao tečaj od šest sati u Fizikalnom zavodu Sveučilišta pod nazivom *Električna struja*. Hondl je 16. studenog, 23. studenog, 30. studenog, 7. prosinca i 14. prosinca 1912. ispunio svojih predviđenih šest sati tečaja. Tečaju je prisustvovalo 117 slušača. Ladislav Stjepanek također je na Pučkom sveučilištu održao 1913. tečaj o telegrafiji i telefoniji u trajanju od šest sati, ali prisustvovalo je samo 70 slušača.

1.3. Razdoblje od 1919. do 1956.

Spomenica FER-a [12] donosi i podatak da je Društvo inženjera i arhitekata Hrvatske i Slavonije već 1898. predložilo da se u Zagrebu osnuje Visoka tehnička škola – inženjerski odjel. Osnovana je međutim 1918., a tek 1919. počela je raditi. Od 1926. prerasla je u Tehnički fakultet Sveučilišta Kraljevine Jugoslavije u

Zagrebu. Je li postojala određena filozofija programa elektrotehnike Tehničkog fakulteta? Postojala je, pri čemu se misli na načela koja se koriste pri pisanju programa, ona uvijek sadržavaju neku filozofiju, bilo svjesno odabranu, bilo naslijeđenu. Pri prvoj podjeli programa došlo je do izražaja načelo zaštite od strujnih udara, stoga je nastala podjela na jaku i slabu struju. Jakostrujni uređaji smatrani su opasnim za ljude i okolinu jer su pri uporabi mogle nastati pogubne struje. Kod slabostrujnih uređaja takve opasnosti nije bilo. Spomenica naglašava da su sve do 1945. teret visokoškolske nastave nosili Hrvati Josip Lončar (1891. – 1973.), Slovenac Miroslav Plohl (rođen u Gorici 1881., a 1939. tragično preminuo u Berlinu kraj Karlovca) i Hrvat Jure Horvat (1882. – 1954.). Za potrebe nastave osnovani i zavodi (za elektrotehniku, za visoki napon, za slabu struju). Osim rada u nastavi, Plohl i Horvat pomogli su pri elektrifikaciju zemlje. Lončar je radio vrlo tražena ispitivanja teško nabavljenih i skupo plaćenih znanstvenih instrumenata elektrotehničke prirode i to za sve fakultete. Pritom se misli na poslove oko pripreme za mjerenja, tj. poslovi umjeravanja (baždarenja) bez kojih nema ni preciznih ni točnih znanstvenih mjerenja. U tom je poslu dugo bio nezamjenjiv. U vezi s elektrotehničkom problematikom valja još spomenuti i Hrvata Marina Katalinića (1887. – 1959.) koji je 1942. napisao članak od 170 stranica o unipolarnoj indukciji.

Nakon 1945. ostali su samo Lončar i Slovenac Anton Dolenc (1905. – 1984.), koji je zamijenio preminuloga Plohla. Njima se nakon 1947. do 1956. pridružuju nastavnici: Hrvati Viktor Pinter (1904. – 1989.), Petar Butković (1902. – 1960.), Vladimir Žepić (1894. – 1971.); poslije Mladen Hegeđušić (1899. – 1995.), Vinko Albert (1901. – 1987.), Božidar Stefanini (1913. – 1991.), Đuro Švarc (1901. – 1980.), Vladimir Matković (1915. – 2005.), Tihomil Jelaković (1914. – 1978.), te, naposljetku, Mladen Dokmanić (1908. – 1980.), Hrvoje Požar (1916. – 1991.) i Vladimir Muljević (1913. – 2007.).

Zaključak

Na osnovi provedenih istraživanja uočljivo je da su u Hrvatskoj filozofija i elektrotehnika bile povezane od samih početaka (1789.). Budući da je istraživano liječenje elektricitetom, nametnulo se načelo neškodljivosti ljudima. Unutar filozofskog tečaja, fizičari su zbog takvog stajališta elektricitet smatrali posebnim dijelom fizike.

Cjelokupno promatrano razdoblje podijeljeno je u tri podrazdoblja. U prvom podrazdoblju navedeni su fizičari koji su pažnju posvećivali i proučavanju elektriciteta (Josip Franjo Domin, Juraj Šug, Antun Šuflaj, Kajetan Petter). U drugom razdoblju u tom se pogledu ističu fizičari Martin Sekulić (dvije znanstvene rasprave) i Vinko Dvořák (12 znanstvenih rasprava), elektrotehničar koji se bavio prijenosom informacija telegrafskim putem Ferdinand Kovačević,

filozof metafizičar Antun Kržan, fizičari Oton Kučera, Franjo Divić, Ladislav Stjepanek, Stanko Plivelić, Dušan Pejnović, Milivoj Prejac i Stanko Hondl. Treće razdoblje pripada elektrotehničarima Miroslavu Plohlju, Juri Horvatu, Antonu Dolencu, Viktoru Pinteru, Petru Butkoviću, Vladimiru Žepiću, Mladenu Hegeđu, Vinku Albertu, Božidaru Stefaniniju, Đuri Švarcu, Vladimiru Matkoviću, Tihomilu Jelakoviću, Mladenu Dokmaniću, Hrvoju Požaru i Vladimiru Muļjeviću. Njima se pridružuju nezaobilazni i svestrani fizičar i elektrotehničar Josip Lončar i fizičar Marin Katalinić.

Dodatak: Radovi Vinka Dvořáka iz područja elektriciteta i magnetizma

O nekih pokusih sa statičkom munjinom, Rad JAZU LXVI, Zagreb, 1883., str. 1–16.

Über einige Versuche mit statischen elektrizität (O nekim pokusima sa statičkim elektricitetom), Wiedemann's Annalen Physik und Chemie, Leipzig 1883. Band 19, str. 323–340.

Elektroakustische Versuche (Elektroakustički pokus), Elektrotehnische Zeitschrift, Berlin, 1884., str. 33–40.

Ueber die Wirkung der Selbstinduction bei elektromagnetischen Stromunterbrechern (O djelovanju samoindukcije kod elektromagnetskih prekidača), Sitzungsberichte der Kaiserliche Akademie der Wissenschaften, Wien. 1889., str. 577–586.

Zur Theorie und Konstruktion des elektrischen Läutewerkes und verwandter Apparate (Prilog teoriji i konstrukciji električnih alarmnih uređaja i sličnih uređaja), Zeitschrift für Instrumentenkunde, 1890., Berlin, str. 1 – 5 (separat, offprint).

Ob uzdržavanju titraja pomoću električne struje, Rad JAZU, CVI, Zagreb, 1891., str. 1–58.

Zur Theorie selbsttätigen Stromunterbrechen (O teoriji strojeva koji sami prekidaju struju), Wiedemann's Annalen der Physik und Chemie, Leipzig, 1891., BD. 44, str. 344–376.

Ueber verschiedene Arten selbthätiger Stromunterbrecher und deren Verwendung (O različitim oblicima automatskih prekidača struje i njihovoj primjeni), Zeitschrift für Instrumentenkunde, XI Jahrgang, 1891. Berlin, str. 423–439.

Zusatz zu der Mittelheilung. Ueber verschiedene Arten selbthätiger Stromunterbrecher und deren Verwendung (Dodatak članku O različitim oblicima automatskih prekidača struje i njihovoj primjeni), Zeitschrift für Instrumentenkunde, 1892., Berlin, str. 197.

O izolaciji elektrostatičkih aparata, Nastavni Vjesnik I., Zagreb 1893., str. 133–135.

Njeke primjetbe k Peltierovoj teoriji zračne munjine, Rad JAZU, CXIII, Zagreb, 1893., str. 1–22.

Einfacher Beweis für das Gesetz der Wheatstoneschen Brücke (Jednostavan dokaz zakona za Wheatstoneov most), Poskes Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht, 1894., str. 248.

Literatura

- [1] Supek, I., *Teorija spoznaje*, Grafički zavod Hrvatske, Zagreb, 1974.
- [2] Lelas, J., *Povijesnost znanosti: Odnos filozofije znanosti i povijesti znanosti*, Encyclopedia moderna, god. XIII, sv. 2, br. 38, Zagreb, 1999., str. 210–221.
- [3] Lelas, J., *Teorije razvoja znanosti*, ArTresor naklada, Zagreb, 2000.
- [4] Supek, I., *Povijest fizike*, Školska knjiga, Zagreb, 1980., posebno str. 109–115.
- [5] Hanžek, B., *The Genealogy of Science and Acoustics – A Supplement to the Description of the Role of Vinko Dvořák*, International Review of the Aesthetics and Sociology of Music, vol 35, No. 2, pp 183–210, Zagreb, December 2004.
- [6] Paušek-Badždar, S., *Josip Franjo Domin, 1754.–1819.*, u sklopu knjige: Josip Franjo Domin – Fizikalna rasprava o postanku, naravi i koristi umjetnog zraka (ur. D. Grdenić), JAZU, 1987.
- [7] Dadić, Ž., *Egzaktne znanosti u Hrvata u poslijeprosvjetiteljskom razdoblju*, Zagreb, 2007.
- [8] Dadić, Ž., *Egzaktne znanosti u Hrvata u doba kulturnog i znanstvenog preporoda (1835.–1900)*, Zagreb, 2010.
- [9] Šindler, G., *Fizikalne koncepcije u zagrebačkoj znanstvenoj sredini tijekom 19. stoljeća*, Zbornik radova Drugog simpozija iz povijesti znanosti, prirodne znanosti u Hrvatskoj u XIX. stoljeću (ur. Ž. Dadić), Zagreb 1980.
- [10] Zenko, F., *Prirodna filozofija (fizika) kao nastavni predmet na Zagrebačkoj akademiji (1669.–1773.)*, Zbornik radova Prvog simpozija iz povijesti znanosti, znanost u sjevernoj Hrvatskoj u XVIII. stoljeću (ur. J. Balabanić, Ž. Dadić), Zagreb, 1978.
- [11] Križan, A., *Govor objavljen u knjižici Govori držani prigodom instalacije rektora na Kraljevskom hrvatskom sveučilištu Franje Josipa I. za školsku godinu 1876/7.*, Zagreb, 1876.
- [12] *Spomenica 40. obljetnice Fakulteta elektrotehnike i računarstva 1956. – 1996.*, Zagreb, 1996.

The Genealogy of Electrical Engineering in Croatia up to 1956

Branko Hanžek

Abstract: The attempt is to create a genealogical model. Instead of Electrical Engineering as scientific discipline, attention is paid to people who have created this scientific discipline, so this is a genealogy of Electrical Engineering. The paper will discuss the situation in Croatia from 1851 to 1956.

Keywords: genealogy, Electrical Engineering, Croatia

Josip Moser

Neke okrugle godišnjice istaknutih ljudi iz područja elektrotehnike

Sažetak: Nabrojani su i ukratko opisani radovi niza istaknutih znanstvenika kojima su 2012. bile okrugle godišnjice života ili smrti.

Ključne riječi: Arhimed, Galvani, van der Waals, Golicin, Turing, Compton, Moseley, Packard, Budin, Richardson, Urli, Zweig, Teofrast, Witworth, Bošković, Beck, Bose, Compton, Marconi, Poincaré, Rutherford, Bohr, Brattain, de Broglie, Colić

Uvod

U radu su nabrojani i ukratko opisani radovi nekih znanstvenika kojima su 2012. bile okrugle godišnjice života ili smrti. Okrugle godišnjice su one koje su višekratnici od 25, 50, 75 ili 100 godina. Bilo je među njima fizičara, matematičara, astronoma, kemičara... Tako se 2012. godine puni:

1. Godišnjice rođenja

2175. godišnjica rođenja

ARHIMED (Sirakuza, oko 287. pr. Kr. – Sirakuza, 212. pr. Kr.), antički izumitelj, fizičar, matematičar, astronom i filozof. Smatra se najvećim matematičarem i fizičarem antičkog doba. Neko vrijeme boravio u Aleksandriji, u čuvenoj antičkoj biblioteci, a najviše u rodnom gradu, gdje je poginuo za Drugog

punskog rata. Ostalo je sačuvano u originalu dosta njegovih djela. Odredio je zakone uzgona u kapljevini i poluge te konstruirao mnoge naprave. Arhimedov zakon temeljni je zakon hidrostatike prema kojem svako tijelo koje pluta istisne masu vode jednaku svojoj. Arhimedov vijak jednostavan je mehanizam s vijkom koji stvara spiralnu komoru uzduž kojeg je smješten beskrajni vijak. Postavljanjem jednog kraja u vodu ona se diže na višu razinu. Zato se rabe za strojeve za isušivanje ili natapanje te transport sipkih materijala. Opisivanjem i upisivanjem pravilnih poligona u krug dobio je približnu vrijednost broja π od 3,14. Izračunao je površine i obujme mnogih likova i tijela i odredio njihovo težište. Otkrio je da se obujmi stošca, kugle i valjka jednakih visina i polumjera odnose kao 1 : 2 : 3. Prvi je sumirao neke beskonačne redove. Po Arhimedu je nazvano geometrijsko tijelo u kojemu su strane pravilni višekutnici, ali koji nisu svi međusobno jednaki. Arhimed je otkrio 13 takvih tijela, a tek sredinom XX. st. otkriveno je četrnaesto, Platonovo tijelo. Najpoznatije Arhimedovo tijelo je krnji ikosaedar s 12 peterokuta i 20 šesterokuta, a to je nogometna lopta. Po Arhimedu je nazvana Arhimedova spirala koja nastaje kad se točka giba iz središta jednoliko ga obilazeći i udaljavajući se od njega.

275. godišnjica rođenja

GALVANI, LUIGI (Bologna, 9. rujna 1737. – Bologna, 4. prosinca 1798.), talijanski liječnik i prirodoslovac. Bio je profesor anatomije i ginekologije u Bologni. Otkrio je kontrakciju žabljih mišića u dodiru s različitim kovinama te 1780. svoje pogrešno tumačenje te pojave vezao uz životinjski elektricitet. Pojavu je objasnio A. Volta 1796. godine nazvavši ga *galvanskim elektricitetom*. Naime, ako se između dviju kovina nalazi elektrolit, onda dolazi do izbijanja elektriciteta. Po Galvaniju su nazvani mnogi pojmovi u znanosti i tehnici: galvanska struja, galvanometar, galvanski članak, galvanizacija, galvanoplastika i drugo.

175. godišnjica rođenja

van der WAALS, JOHANNES DIDERIK (Leyden, 23. studenog 1837. – Amsterdam, 8. ožujka 1923.), nizozemski fizičar, profesor u Amsterdamu. Istraživao je termodinamičke pojave, postavio važnu jednadžbu stanja za plinove i kapljevine te razvio model međumolekulskih sila. Dobio je 1910. godine Nobelovu nagradu za fiziku. Van der Waalsova jednadžba stanja realnih plinova izražava se u obliku:

$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = R \cdot T$$

gdje je p izmjereni tlak, a/v^2 prinos kohezijskog tlaka, v specifični obujam, b koobujam, R plinska konstanta, a T termodinamička temperatura. Veličine a i b ovisne su o vrsti tvari. Ako je $p \gg a/v^2$ i $v \gg b$, jednadžba prelazi u jednadžbu stanja idealnog plina $p \cdot v = R \cdot T$.

Van der Waalsova sila je slaba privlačna sila između atoma i molekula. Znatno je slabija od sile valentne veze. Opada s razmakom r između atoma i molekula približno obrnuto razmjerno s r^6 . Uzrok joj je međusobno privlačenje molekula sa stalnim električnim dipolima, privlačenje molekula sa stalnim i molekula s induciranim električnim dipolima jer stalni dipol jedne molekule polarizira susjednu molekulu (Debeyeova sila) i međusobno privlačenje molekula s induciranim električnim dipolima (disperzijska sila).

Po njemu je modelni radijus atoma nazvan van der Waalsov radijus, dok je van der Waalsov obujam molekule ukupan zbroj van der Waalsovih sfera atoma.

150. godišnjica rođenja

GOLICIN, BORIS BORISOVIČ (Sankt-Peterburg, 2. ožujka 1862. – Sankt-Peterburg, 17. svibnja 1916.), ruski fizičar, ravnatelj opservatorija u rodnom gradu. Bavio se seizmologijom, uveo fizikalne metode u seizmiku i meteorologiju, našao način određivanja hipocentra potresa prema podacima samo jedne seizmičke postaje. Njegov tip elektrodinamičkog seizmografa i danas se koristi. Bavio se i spektroskopijom.

125. godišnjica rođenja

COMPTON, KARL TAYLOR (Wooster, Ohio, 14. rujna 1887. – New York, 22. lipnja 1954.), američki fizičar, stariji brat A. H. Comptona. Bio je profesor u Princetonu (1915. – 1930.), a potom do 1948. predsjednik Massachusetts Institute of Technology (MIT). Pridonio je istraživanjima u području kristalografije, ionizacije i fotoelektriciteta.

MOSELEY, HENRY (Weymouth, 23. studenog 1887. – Galipolje, Turska, 10. kolovoza 1915.), engleski fizičar. Studirao je na Oxfordu, a zatim u laboratoriju u Manchesteru. Istraživao radioaktivnost te zajedno s E. Rutherfordom otkrio da su valne duljine linija rendgenskog spektra elemenata kraće što im je atomski broj veći, što se zove Moseleyjev zakon. Otkrio je da su glavna svojstva elemenata određena atomskim brojem, a ne relativnom atomskom masom. Poginuo u Prvom svjetskom ratu.

100. godišnjica rođenja

PACKARD, DAVID (Pueblo, 7. rujna 1912. – Stanford, 26. ožujka 1996.), američki inženjer i poduzetnik. Diplomirao je 1939. na Stanfordu. Zajedno s Williamom Hewlettom iste je godine u svojoj garaži s kapitalom od 538 dolara osnovao tvrtku Hewlett-Packard (HP). Kompanija je postala vodeći proizvođač osobnih računala i pisača jer je Packard postao vrhunski menadžer, a Hewlett tehnički inovator. Packard je od 1968. do 1971. obnašao dužnost zamjenika državnog tajnika za obranu SAD-a.

TURING, ALAN MATHISON (London, 23. lipnja 1912. – Oxford, 7. lipnja 1954.), britanski matematičar, logičar i kriptograf. Jedan od pionira računalstva, postavio je teorijske osnove suvremene informacijske i komunikacijske tehnologije. Napose ih je razradio u koncepciji univerzalnog stroja. Razradio je koncept algoritma i matematičkog modela računala. Turingov stroj ili Turingov automat je model apstraktnog automata nastao pri razbistravanju pojmova pri rješavanju izračunljivosti matematičkih funkcija i za to potrebnog algoritma. To bazira na dvjema pretpostavkama. Prema prvoj, svi matematički pojmovi mogu se prikazati nizom bezznačenjskih brojeva, a svi matematički postupci, koliko god bili složeni, mogu se rastaviti na niz jednostavnih elementarnih logičkih koraka. Druga je pretpostavka da se svaka informacija može opisati nizom temeljnih sastavnica (bitova), koje mogu imati samo dva stanja, jedno ili drugo, što je danas ostvareno elektroničkim logičkim sklopovima, koji poprimaju stanja 'da' ili 'ne'. Postupak se odvija izvođenjem preko mnogo jednostavnih logičkih koraka, jednostavnim programom rada "korak po korak". Kad se stroj sam zaustavi, znači da je obavio sve logičke korake i da je riješio problem. Tako je Turingov stroj u temeljima suvremene informatike. Godine 1950. postavio je i osmislio takozvani *Turingov test*, kojim bi se potvrdila moguća inteligencija nekog stroja. Tijekom Drugog svjetskog rata radio je na razbijanju njemačkih kriptografskih šifara i konstruirao jedno od prvih elektroničkih računala *Colossos*, a potom je od 1945. do 1948. radio na razvoju britanskog elektroničkog računala ACE (engl. *automatic computing engine*, automatski računski stroj) i računala s tad najvećom memorijom MADAM (engl. *Manchester automatic digital machine*, mančesterski automatski digitalni stroj).

75. godišnjica rođenja

BUDIN, LEO (Vinkovci, 26. rujna 1937.), hrvatski inženjer elektrotehnike. Profesor na FER-u u Zagrebu, akademik. Bavi se računalstvom i informacijskom tehnologijom. Sudjelovao u izgradnji Sveučilišnog računskog centra SRCE u Zagrebu. Član HAZU.

RICHARDSON, ROBERT COLEMAN (Washington, 26. lipnja 1937.), preminuo 19. veljače 2013. američki fizičar. Studirao fiziku u Virginiji. Doktorirao 1965. na Sveučilištu Duke. Radio na Cornelu, gdje je bio ravnatelj Laboratorija atomske fizike i fizike čvrstog stanja. Osnovno je područje njegova znanstvenog rada fizika niskih temperatura, posebno svojstva kapljevina i čvrstih tijela na temperaturama nižim od milikelvina. Za otkriće supravodljivosti u heliju-3 (^3H), podijelio je Nobelovu nagradu za fiziku 1966. godine s D. Osheoffom i D. M. Leejem.

URLI, NATKO (Zagreb, 3. kolovoza 1937. – Zagreb, 22. ožujka 2010.), hrvatski fizičar. Studirao i doktorirao u Zagrebu. Radio u Institutu R. Bošković, te u NASA-i i u Princetonu u kompaniji Energy Photovoltaics Inc. Istraživao je poluvodiče, nuklearnu energiju, efekte nuklearnog zračenja te obnovljive izvore energije. Autor je više od 200 znanstvenih i stručnih radova. Knjiga *Hrvatska solarna kuća: studija izvodljivosti projekata* (2002).

ZWEIG, GEORG (Moskva, 30. svibnja 1937.), američki fizičar ruskog podrijetla. Studirao na Michiganskom sveučilištu, a poslijediplomski studij polazio na Kalifornijskom institutu za tehnologiju. Neovisno o M. Gell-Mannu, predvidio je 1964. postojanje čestica koje su poslije nazvane kvarkovima. To je bio bitan prinos glavnoj teoriji moderne fizike. Za razliku od Gell-Manna, smatrao ih je pravim česticama. Bavio se i neurobiologijom te proučavao pretvorbu zvučnih valova u živčane impulse u unutarnjem uhu. Godine 1975. utvrdio je kontinuiranu pretvorbu zvučnih valova i za to dobio više priznanja, te postao član Nacionalne akademije znanosti SAD-a.

2. Godišnjice smrti

2300. godišnjica smrti

TEOFRASST (Erez, 372. pr. Kr. – Atena, 287. pr. Kr.), grčki filozof i prirodznanstvenik. Prvi je uočio pojavu piroelektriciteta.

225. godišnjica smrti

BOŠKOVIĆ, RUĐER JOSIP (Dubrovnik, 1711. – Milano, Brera, 1787.), hrvatski fizičar, astronom, geometar. inženjer i diplomat, latinizirano ime *Rogorius Josephus Boscovich*. Isusovac, profesor matematike u Rimu, Paviji i Milanu. Poduzimao brojna diplomatska, studijska i znanstvena putovanja po Italiji i raznim europskim zemljama. Nakon ukinuća isusovačkog reda 1773. godine prihvatio je francusko državljanstvo i živio u Parizu, te bio upravitelj optike za

francusku mornaricu. U prirodnoj filozofiji, astronomiji i optici bio je najutjecajniji njutnovac u Europi. Preteča je suvremene fizike i jedan od utemeljitelja suvremene prirodne znanosti i atomističke teorije tvari. To se posebno bazira na značajnoj knjizi *Theoria Philosophiae naturalis redacta ad unicam legem virium in natura existentium* (*Teorija prirodne filozofije opisana kroz zakone jedne prirodne sile*). U tom je djelu izgradio izvornu teoriju sila koja je utjecala na kemičare i fizičare sve do početka XX. stoljeća. Zastupao je relativnost ljudske spoznaje i razvio posebno učenje o prostoru i vremenu. Ostvario je važna dostignuća u sintetskoj geometriji, o temeljima matematike i njezinim primjenama. Izradio je razne optičke, astronomske i geodetske instrumente. Obavio je niz hidrotehničkih ekspertiza. Prvi je statički izračunao 1742./1743. mogućnost popravka kupole bazilike sv. Petra u Rimu. S Christianom Mayerom mjerio je od 1750. do 1752. meridijanski luk Rim – Rimini, a 1755. mjeri i izrađuje zemljovid Papinske Države. Vrijedne rezultate postigao je u astronomiji, geofizici, glazbi, neurologiji i arheologiji. Pisao je pjesme i putopise. Vrlo je često pomagao u diplomatskim poslovima rodnoj Dubrovačkoj Republici.

125. godišnjica smrti

WHITWORTH, JOSEPH (Stockport, 21. prosinca 1803. – Monte Carlo, Monaco, 22. siječnja 1887.), engleski inženjer i tvorničar alatnih strojeva. Uveo prvi normirane vijčane navoje. Whitworthov navoj je navoj u sustavima colnih mjera s profilom jednakokračnog trokuta vršnog kuta 55° , a ponegdje $47,5^\circ$ ili 60° i zaobljenog korijena. Zemlje koje su koristile ili još uvijek koriste colni navoj (Velika Britanija, SAD, Kanada i dr.) postupno prelaze na metarski. Whitworthov navoj koristi se samo još kao cijevni za vodovodne i plinske cijevi, obično kao cilindrični unutarnji i stožasti vanjski navoj. Otkrio je postupak lijevanja čelika pod tlakom

100. godišnjica smrti

POINCARÉ, JULES HENRI (Nancy, 29. travnja 1854. – Pariz, 17. srpnja 1912.), francuski matematičar i fizičar. Studirao i doktorirao iz matematike u Parizu. Predavao matematiku, fiziku i račun vjerojatnosti, a njegov znanstveni rad obuhvaća matematiku, astronomiju i fiziku. Razvio je teoriju automorfniha funkcija i istraživao diferencijalne jednadžbe, a posebno su važni njegovi radovi na području topologije i interpretacija geometrije Lobačevskog. U matematičkoj fizici bavio se problemom triju tijela, titranjem trodimenzionalnog kontinuuma, teorijom elektromagnetskih titraja. U jednom je radu o dinamici elektrona, objavljenom 1906. godine, došao drugačijim pristupom do sličnih rezultata kao i A.

Einstein u svojoj teoriji relativnosti. Godine 1910. otkrio je jednu od klasa težinsko-inercijskih valova u moru. Unutarnji Poincaréovi valovi javljaju se u okrajnim morima, pa tako i u Jadranu, s periodom koja je bliska periodi inercijskih oscilacija. Napisao je petstotinjak znanstvenih radova i desetak knjiga.

75. godišnjica smrti

BECK, HEINRICH (1878. – 1937.) njemački izumitelj. Konstruirao je elektrolučnu svjetiljku s jednostavnim regulacijskim uređajem na načelu elektromagnetizma. Beckova lučna svjetiljka konstruirana je 1907. i zasnovana na električnom luku između ugljenih elektroda. Dvije gotovo uspravne ugljene elektrode u obliku štapa blago su nagnute jedna prema drugoj. Vrhovi elektroda pri izgaranju ostaju na stalnoj udaljenosti spuštanjem pod djelovanjem elektromagneta i zbog vlastite težine štapova, a ne s pomoću satnog mehanizma kao u ranijim sličnim svjetiljkama.

BOSE, JAGADISH CHANDRA (Mymensingh, 30. studenog 1858. – Girdih, 23. studenog 1937.), indijski fizičar i biljni fiziolog. Studirao je u Engleskoj. Bio je profesor u Kolkati gdje je ustanovio i bio ravnatelj instituta Bose Research od 1915. do 1937. Radio je pokuse elektromagnetskim valovima valne duljine nekoliko milimetara. Prvi je pokazao 1895. godine bežični prijenos signala. Koristio je poluvodiče u prijammiku radiovalova te predvidio postojanje Sunčeva elektromagnetskog zračenja. Načinio je uređaj za otkrivanje vrlo malih pomaka. Dokazao je da biljke osjećaju.

COMPTON, ARTHUR HOLLY (Wooster, Ohio, 10. rujna 1892. – Berkeley, 15. ožujka 1962.), američki fizičar. Bio je profesor u Chicagu i St. Louisu. Otkrio je i 1923. objasnio promjenu valne duljine rendgenskog zračenja zbog raspršenja na atomima. Dobitnik je Nobelove nagrade za fiziku 1927. godine. Osvojio ju je za otkriće pojave koja se zove Comptonov učinak. To je pojava predavanja dijela energije fotona pogođenom elektronu. Energija izmijenjenog fotona nakon sudara manja je za vrijednost predane energije, te je niža frekvencija, odnosno dulja valna duljina zračenja. Valna duljina fotona nakon sudara s elektronom naziva se Comptonova valna duljina. S obzirom na to da foton sudarom gubi dio energije pa se snizuje frekvencija, povećava se valna duljina elektromagnetskog vala. Aktivno je sudjelovao na projektu izgradnje nuklearnog oružja. Vodio je ranu fazu projekta Manhattan, vezano uz izgradnju prve atomske bombe.

MARCONI, GUGLIERMO (Griffone kraj Bologne, 25. travnja 1874. – Rim, 20. srpnja 1937.), talijanski fizičar i elektroinženjer. Još na početku studija fizike 1890. počeo je eksperimentirati s Hertzovim elektromagnetskim valovima radi bežičnog prijenosa telegrafskih signala. Od 1894. bavio se bežičnom telegrafijom. Konstruirao je 1895. uređaj kojim se bežično prenosio signal na

samo nekoliko kilometara. Godine 1896. prešao je u Englesku gdje je osnovao Wireless Telegraph and Signal Company, poslije Marconi Company. Već 1897. uspio je uspostaviti radiovezu preko Bristolskog kanala, na udaljenost od 14 km; 1899. preko Kanala (187 km), a 12. prosinca 1901. i preko Atlantika (između Cornwalla u Engleskoj i Newfoundlanda u Kanadi, oko 3400 km. Bila je prvorazredna senzacija, formalno početak svjetskog sustava radioveza i temelj snažnog razvoja radiotehnike. Transatlantska bežična telegrafska veza javno je profunkcionirala 1907. godine. Marconi je 1909. podijelio s K. F. Brownom Nobelovu nagradu za fiziku, koju je te godine za isti pronalazak odbio N. Tesla. Marconi i Tesla su od 1895. vodili sudski spor o prvenstvu pronalaska bežične radioveze jer je 1897. godine Tesla postigao vezu na udaljenost od 27 kilometara. Tek nakon smrti obojice, 1944. godine spor je zaključen tako da je prvenstvo dodijeljeno Tesli.

RUTHERFORD, ERNEST (Spring Grove, kraj Nelsona, Novi Zeland, 30. kolovoza 1871. – Cambridge, 19. listopada 1937.), britanski fizičar. Studirao u domovini i u Cambridgeu, profesor u Montrealu, a od 1907. profesor u Manchesteru. Od 1917. godine direktor Cavendish Laboratory u Cambridgeu. Utemeljitelj je nuklearne fizike. Otkrio je i dao imena alfa-zračenju, beta-zračenju i gama-zračenju. Postavio je orbitalnu teoriju atoma u kojem je jezgra pozitivno električki nabijena, a oko nje kruže elektroni. Dokazao je da je radioaktivnost spontani raspad atoma. Predvidio postojanje neutrona u jezgri, što je eksperimentalno dokazao njegov kolega James Chadwick za što je dobio 1932. godine Nobelovu nagradu za fiziku. Zanimljivo je da je još nekoliko njegovih suradnika dobilo Nobelovu nagradu: Cockcroft i Walton za razbijanje atoma koristeći se akceleratorom čestica i Appleton za dokaz da postoji ionosfera, Sam Rutherford je 1908. godine dobio Nobelovu nagradu za kemiju. Od Rutherforda potječe formula, nazvana njegovim imenom, za raspršavanje alfa-čestica na atomima. Godine 1925. utvrdio je i odstupanje od te formule do kojeg dolazi kod vrlo bliskih sudara alfa-čestice i jezgre, kad nuklearno međudjelovanje postaje mnogo važnije od električnog. Godine 1919. Rutherford je bombardirajući dušik alfa-česticama izveo prvu pretvorbu, transmutaciju jednog elementa u drugi. Njemu u čast nazvani su kemijski element rutherfordij (znak Rf), radioaktivni kemijski element s rednim brojem 104, te krateri na Mjesecu i Marsu. Po njemu je rutherford (oznaka rd), zastarjela jedinica aktivnosti radioaktivnog izvora $1 \text{ rd} = 10^6 \text{ Bq}$ (bekerela), odnosno 10^6 raspada (pretvorbi) u sekundi.

50. godišnjica smrti

BOHR, NIELS HENRIK DAVID (Kopenhagen, 7. listopada 1885. – Kopenhagen, 16. studenog 1962.), danski fizičar. Radio je u Cambridgeu i Manchesteru (s E. Rutherfordom u doba otkrića atomske jezgre). Bio je profesor u

Kopenhagenu i voditelj novoosnovanog Instituta za teorijsku fiziku. Ideju kvantizacije, koju su Planck i Einstein uveli za elektromagnetsko zračenje, Bohr je primijenio na Rutherfordov planetarni model vodikova atoma. Bohr je postavio uporabljiv model vodikova atoma tako da je složio zajedno Rutherfordov planetarni model atoma i Planckove hipoteze kvantiziranosti materije. U tu svrhu postavio je hipotezu da se elektron može gibati oko atomske jezgre samo po onim kružnim putanjama za koje je kutna količina gibanja cjelobrojni višekratnik veličine $h/2\pi$, gdje je h Planckova konstanta. Dobio je fizikalnu sliku atoma koja se zove Bohrov model. U tom modelu elektron se može gibati oko jezgre samo po kružnim putanjama određenih polumjera: a , $4a$, $9a$, itd. Za to je 1922. godine dobio Nobelovu nagradu za fiziku. Vodikov atom emitira kvant elektromagnetskog zračenja, foton, kad elektron prelazi s neke više putanje na nižu. Iako se poslije pokazalo da je Bohrov model pogrešan, imao je veliku važnost za daljnji razvoj fizike kao prvi pokušaj da se ideja o kvantizaciji primijeni na atome. S druge strane, Bohr je odigrao ključnu ulogu u daljnjem razvoju i fizikalnom tumačenju kvantne fizike, što je dovelo do danas općeprihvaćene *kopenhagenske interpretacije*. Suradivao je s W. Heisenbergom i drugima. Za vrijeme Drugog svjetskog rata (1944./1945.) radio je na atomskom programu u SAD-u. Razvio je teoriju jakog međudjelovanja nukleona u jezgri atoma i uveo pojam složene jezgre. Uveo je model *kapljice tekućine* za atomsku jezgru, a to je bilo vrlo važno za razumijevanje nuklearnih procesa. Zalagao se za međunarodnu suradnju i očuvanje mira u svijetu. Počasni doktor Sveučilišta u Zagrebu postao je 1958. godine. Bio je dopisni član HAZU.

25. godišnjica smrti

BRATTAIN, WALTER Houser (Amoy, Kina, 10. veljače 1902. – Seattle, SAD, 13. listopada 1987.), američki fizičar. Bavio se fizikom čvrstog stanja, posebno poluvodičima i tranzistorima. Otkrio je fotoefekt na površini poluvodiča. Prvi su tranzistor 1948. godine napravili američki izumitelji J. Bardeen i W. Brattain. Njihova izvedba bila je točkasta, a danas se izrađuju slojni tranzistori. Teoriju tranzistora razradio je 1951. američki fizičar W. Shockley. Brattain, Bardeen i Shockley podijelili su 1956. godine Nobelovu nagradu za fiziku.

BROGLIE, LOUIS VICTOR de (Dieppe, 15. kolovoza 1892. – Louveciennes, kraj Pariza, 19. ožujka 1987.), francuski fizičar. Bio je profesor na Sorbonnei i član Francuske akademije. Dao je 1924. godine osnove valne mehanike i postavio teoriju o dualnosti tvari, val – čestica. De Broglie je 1923. prvi iznio zamisao da na razini elektrona čestice tvari u gibanju osim čestičnih imaju i valna svojstva. Na temelju analogije sa svjetlošću postavio je de Broglievu relaciju: čestici s količinom gibanja p pridružena je valna duljina λ , koja

je obrnuto proporcionalna količini gibanja p , a koeficijent proporcionalnosti je Planckova konstanta h :

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

Ta se veličina naziva de Broglievom valnom duljinom. De Broglieva predodžba da elektron u gibanju ima valna svojstva pružila je mogućnost da se objasni zašto su u atomu moguća samo neka gibanja elektrona. De Broglievu doktorsku disertaciju o *valovima materije* uočio je Einstein, koji je prihvatio tu zamisao, a Schrödinger je postavio diferencijalnu jednadžbu za valove pridružene česticama, koja je poslije postala osnovna jednadžba gibanja u kvantnoj fizici. Teorija je eksperimentalno potvrđena otkrićem da elektroni pokazuju difrakciju svojstvenu valovima.

COLIĆ, PETAR (Hvar, 17. prosinca 1935. – Zagreb, 18. ožujka 1987.), diplomirao matematiku i doktorirao teorijsku fiziku u Zagrebu. U Moskvi specijalizirao fiziku elementarnih čestica. Knjiga: *Materija i antimaterija* (1977.).

Zaključak

Rad pokazuje kako bi bilo potrebno izraditi na hrvatskom jeziku biografski leksikon istaknutih ljudi koji su pridonijeli razvoju elektrotehnike u nas i u svijetu.

Literatura

- [1] Enciclopedia Britannica [putem interneta]
- [2] Enciklopedija Larousse [putem interneta]
- [3] Hrvatska enciklopedija, HEMZ, Zagreb, 2004.
- [4] Supek, I., *Povijest fizike*, Školska knjiga, Zagreb, 1988.

Some important Anniversaries of prominent People in the Field of Electrical Engineering

Josip Moser

Abstract: The works are given, with a brief description, of many prominent names in the field of electrical engineering for whom 2012 was an important anniversary in their life or death.

Key words: Archimedes, Galvani, Van der Waals, Golicin, Turing, Compton, Moseley, Packard, Budin, Richardson, Urli, Zweig, Teofrast, Whitworth, Bošković, Beck. Bose, Compton, Marconi, Poincaré, Rutherford, Bohr, Brattain, de Broglie, Colić

2.

**Tehnika u djelima
hrvatskih znanstvenika**

Marijana Borić

Razvoj matematičkih metoda i njihove primjene u prirodnim i tehničkim znanostima

Sažetak: Razvoj znanosti i tehnike koji je omogućila primjena matematike početkom novovjekovlja intenzivirao se u XVIII. i XIX. st., a ubrzanim se tempom nastavlja do danas i nameće potrebu da preispitamo kad je, zašto i potaknuto kakvim uzrocima došlo do takva razvoja. Nakon renesanse matematika se postupno oslobađa utjecaja filozofije te se razvija kao autonomna znanost s vlastitim zakonitostima i metodologijom. Njezin razvoj nije bio isključivo potican unutarnjim transformacijama, nego su pojedine promjene inicirane utjecajem i potrebama drugih znanosti i tehnike. Za potrebe rada uspoređene su najznačajnije promjene koje su nastupile u matematici i njihov odraz na razvoj u drugim znanostima u kojima ona nalazi svoju primjenu. Istaknuti su ključni momenti i faze u razvoju matematičke znanosti koji su pokretači velikih promjena ne samo unutar matematičke znanosti, nego se odražavaju i na ukupan razvoj prirodnih i tehničkih znanosti. Budući da su svi veliki rezultati u matematici i prirodnim znanostima koji su nastali do XVIII. st. bili uglavnom interpretirani geometrijski, s obzirom na formaliziranje analitičkih metoda i infinitezimalnog računa u prvoj pol. XVIII. st., bilo je potrebno reinterpretirati rezultate u skladu s novim metodama. Tako su se Newtonovi i drugi vrijedni rezultati od tog vremena prikazivali analitički. Ta je transformacija bila slična algebarskoj reinterpretaciji geometrijski predočenih matematičkih poučaka, potaknutoj simboličkom algebrom i algebarskom analizom s početka XVII. stoljeća.

Ključne riječi: matematika, prirodne znanosti, tehnika, primjena matematike, geometrijska metoda, simbolička algebra, analitičke metode, infinitezimalni račun

Uvod

Matematika je znanost koja vuče svoje korijene još od drugog tisućljeća pr. Kr., kad se razvijala u drevnim civilizacijama Babilona i Egipta. Veliku transformaciju doživljava kod Grka, koji su dijelom preuzeli nasljeđe prethodnika, ali su ga teorijski i strukturalno preoblikovali. Grci su dali znanstvene temelje i okvire matematici. Uveli su apstraktne matematičke pojmove, matematički dokaz, aksiomatski deduktivni sustav, razdvojili područja aritmetike i geometrije. Time su zacrtali glavne tokove i smjernice razvoja matematike još niz stoljeća, zaključno do konca renesanse. Promjene koje početkom novovjekovlja nastupaju (uvođenje simboličke algebre i algebarske analize), potaknule su u XVIII. st. nastanak novih matematičkih metoda, pojmova i područja (pojam funkcije, analitičke metode, infinitezimalni račun), koji je rezultirao plodonosnom primjenom u prirodnim i tehničkim znanostima. Rezultate primjene novih matematičkih metoda vidimo i u daljnjem kontinuiranom i snažnom razvoju prirodnih i tehničkih znanosti te ovladavanju prirodnim silama, posebno u zadnja dva stoljeća.

Povijesno gledajući, smatra se da je početak novije matematičke znanosti i njezinih primjena ostvaren u radovima znanstvenika na prijelazu iz XVI. u XVII. stoljeće (Galilei, Viète, Getaldić). Primjena kvantitativnih metoda u fizici, razvoj simboličke algebre i algebarske analize vodili su utemeljenju novih područja, analitičke geometrije, a zatim razvoju infinitezimalnog računa. Sljedeća je značajna promjena nastupila kad je Newton novom dinamikom na jednakim osnovnim matematičkim načelima objasnio mehanička događanja na nebu i Zemlji. Newton se koristio kvantitativnim deduktivnim izvođenjem prirodne filozofije iz postavljenih aksioma i definicija. Koristio je kvantitativne relacije u geometrijskom obliku, slično kao Galilei i Kepler. Njegova geometrijska interpretacija prirodne filozofije (fizike), napuštena je tek u XVIII. st., kad je matematička analiza našla primjenu i u prirodnoj filozofiji. Taj postupak išao je postupno jer je tek nekolicina znanstvenika uspješno primjenjivala nove analitičke metode i infinitezimalni račun (Leonhard Euler, Jean Baptiste Le Rond d'Alembert, Joseph Louis Lagrange, Pierre-Simon Laplace). Čak se i veliki Ruder Bošković u svojim djelima još uvijek isključivo koristio geometrijskim metodama, premda je uviđao i isticao prednosti novih matematičkih metoda i njihovih primjena, uviđajući njihovu važnost za daljnji razvoj znanosti. Nakon XVIII. st. kontinuirani je razvoj matematike, prirodnih znanosti i tehnike vodio do današnjeg stanja za čije je potpuno razumijevanje nužno spoznati okvire povijesnog razvoja.

1. Osnovna obilježja antičke matematike i geometrijske metode

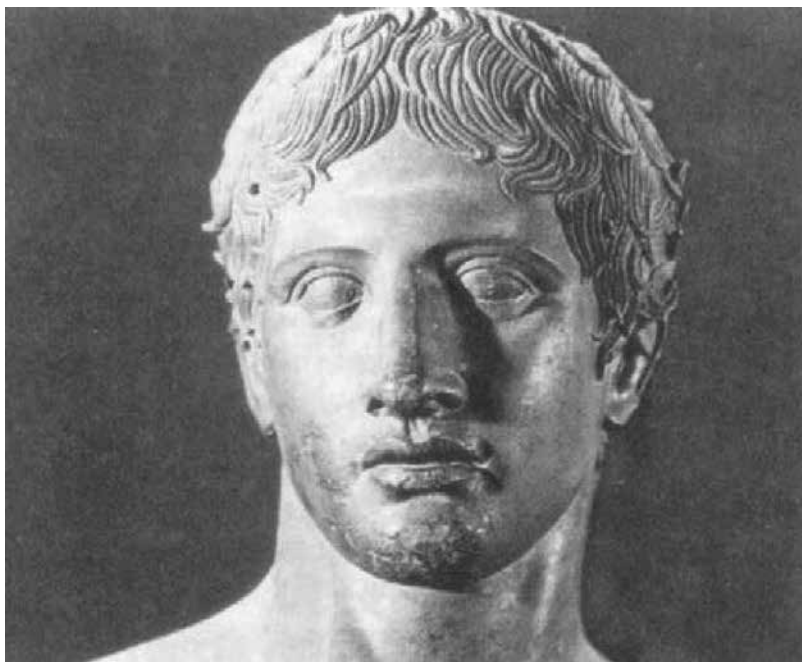
Antika je ključno razdoblje za formiranje kasnije zapadnoeuropske znanosti. Ostavila je dominantan trag u razvoju brojnih znanstvenih područja, pa tako i matematike, prirodnih znanosti i tehnike. Gotovo je nemoguće istinsko razumijevanje i povijesnih i današnjih dostignuća spomenutih područja bez poznavanja njihovih antičkih korijena. Premda se često tvrdi da je najstarija grčka znanost samonikla, postoje određene veze između rane grčke znanosti i znanosti starog Orijenta. Grčki su znanstvenici (Tales, Pitagora i drugi) putovali u te zemlje i preuzimali tamošnja znanja, ali su ih unaprijedili i transformirali teorijski, konceptijski i strukturno.¹

Oblikovana tim korjenitim promjenama, matematika u antici postaje znaošću u zapadnoeuropskom smislu. Jedna od važnijih promjena bilo je postupno uvođenje potpune apstrakcije matematičkih pojmova (Tales, Pitagora, VII./VI. st. pr. Kr.). Pitagorejsko učenje utjecalo je na Platonovu matematičku i prirodnu filozofiju. On je još radikalnije shvaćao apstraktne matematičke pojmove. Svijet ideja stvaran je i stalan, dok su iskustveni objekti samo pojavnost. Matematički pojmovi nalaze se u području između iskustvenog svijeta i svijeta ideja, a imaju ulogu posrednika među tim svjetovima. Apstraktni, idealni pojmovi, ne dobivaju se generalizacijom koja polazi od iskustava, a samo oni omogućuju točnu definiciju. Ne spoznaju se intuitivno, nego je ta spoznaja rezultat određene reminiscencije. Ti su pojmovi predmet neposrednog opažanja, prije njezine refleksije u iskustvenom svijetu.

Prema Platonu, matematika omogućuje da se shvati prava istina iz svijeta ideja jer svojim karakterom potiče um da shvati apstraktne pojmove i odnose te tako omogućuje sagledavanje svijeta izvan iskustva. Platon naglašava važnost matematičkog aspekta opažanja svijeta u cjelini jer smatra da se cijeli svemir ponaša u skladu s matematičkim zakonima. Stoga se zalaže za razvitak adekvatnih matematičkih sustava kojima bi se teorijski uskladile prividne nepravilnosti motrenja s postojećim modelima². Aristotelu je Platonova matematička i prirodna filozofija poslužila kao određeno ishodište u izgradnji vlastitog filozofskog

¹Opširnije o tome piše Ž. Dadić, *Povijest ideja i metoda u matematici i fizici*, Školska knjiga, Zagreb, 1992., str. 19–26. U civilizacijama Babilona i Egipta, unatoč konkretnom poimanju matematičkih objekata i postupaka, rješavani su mnogi matematički problemi koji i nisu bili jednostavni. Prikupljena su određena matematička znanja i postupci te na konkretan način shvaćani brojni likovi i tijela, što je bilo temelj razvitka matematike u Grčkoj.

²Odraz tih nastojanja očituje se u razvijenim astronomskim sustavima Hiparha i Ptolomeja, koji predstavljaju vrhunac antičke znanosti, a snažno su utjecali na istraživače još stoljećima kasnije, da bi bili snažna inspiracija renesansnim znanstvenicima za nastanak ne samo nove astronomske slike svemira, nego i sveukupne slike svijeta, odnosa prema svijetu i spoznaji zbilje koja je otvorila vrata novovjekovnoj znanosti.



Slika 1.: Apolonije iz Perge (III. st. pr. Kr.), grčki matematičar, poznat po teoriji čunjosječnica. U predočavanju rješenja problema koristio se uglavnom geometrijskom sintezom, a ponekad je navodio i geometrijsku analizu problema.

sustava. Smatra strogost matematičkih izvođenja idealom dokazne znanosti. Pod utjecajem Aristotelovih stajališta o neprekinutosti i beskonačnosti, razdvajaju se aritmetika i geometrija, kao matematička područja koja se bave objektima potpuno različitih svojstava.³

Aristotel je dao golem doprinos postavljanju temelja strogog aksiomatskog deduktivnog sustava. Istaknuo je temeljne tvrdnje od kojih mora polaziti takav sustav

³Ključnu ulogu u tom procesu odvajanja imala je Aristotelova kritika nedjeljivih crta, površina i tijela. Zastupao je stajalište da crta ne može nastati iz nedjeljivih dijelova ili nedjeljivih točaka. Budući da nedjeljivo nema dijelova, nema ni krajnje dijelove, pa se spajanjem dviju takvih točaka ili nedjeljivih dijelova ne dobiva nikakva protežnost, jer točke se preklapaju, odnosno padaju zajedno. Nedjeljive dijelove nemoguće je spojiti jer ne sadrže dijelove, pa ni zajedničku granicu koja bi ih spajala. "Aristotel je smatrao da je bit neprekinutosti crte, ili bilo čega drugog, u tome što dijelovi koji se nastavljaju neposredno jedni na druge imaju zajedničku granicu. To nije moguće ako su krajnje granice dvaju dijelova dvije, nego tek onda kada padnu zajedno. Tada su ti dijelovi spojeni u jedno. Drugim riječima, razdijeli li se crta točkom na dva dijela, ta je točka kraj prvoga, a početak drugoga, ali brojem je jedno. Ta točka drži tako obje polovice zajedno, ali ih u isto vrijeme i dijeli.", isto, str. 38. Na tomu Aristotel temelji zaključak da je sve što je neprekinuto (to mogu biti crte, površine, tijela, geometrijski objekti), djeljivo u beskonačnost, ali ne aktualno, nego potencijalno beskonačno, kao nešto što neprestano nastaje. Nasuprot tomu, brojevi shvaćeni kao skupovi jedinica kao aritmetički objekti su diskretni, mogu se potencijalno beskonačno nastavljati, ali se mogu dijeliti samo do jedinice.

i razradio načela dokazivanja u znanosti.⁴ Na tim je Aristotelovim teorijskim temeljima nastalo jedno od najznačajnijih antičkih matematičkih djela, Euklidovi *Elementi*. Presudno je utjecalo na razvoj matematike iduća dva tisućljeća. Potječe iz IV. st. pr. Kr., a bilo je zamišljeno kao sinteza dotadašnje antičke elementarne matematike (aritmetika, sintetička geometrija i algebra), a značajno je i po tome što je u njemu izložen prvi strogi aksiomatski deduktivni matematički sustav⁵.

2. Metode analize i sinteze

Aristotel je dao teorijski okvir te razvio sustav i temeljne metodološke pretpostavke za razvoj znanosti, pa tako i za razvoj matematičkih koncepcija i ideja, za koje je posebno značajan početak korištenja metoda analize i sinteze. Premda su analiza i sinteza pojmovno izniknule iz grčke filozofije, razvijale su se u tom razdoblju upravo u području geometrije. Pojam geometrijske analize bio je prvi pojam analize uopće u matematici, iz kojeg su se poslije razvile druge vrste matematičke analize.⁶ Geometrijska je konstrukcija bila sinteza, dok je analiza bila geometrijska analiza u kojoj su se tražene veličine uzimale kao da su poznate, geometrijski im se na crtežu pridavala neka neodređena veličina, koja je mogla predočiti bilo koju odgovarajuću geometrijsku veličinu, pa se onda na temelju crteža zaključivalo o vezama između zadanih i traženih veličina. Zaključak dobiven analizom koristio se zatim kao nalog za provođenje sinteze. Metoda sinteze polazi od zadanih veličina te ide prema nepoznatim veličinama koje se traže direktnim putem. Karakteristično je za sintetičku metodu, koja se u geometriji provodila kao konstrukcija, da je svaka veličina koja se dobivala u nizu veličina između danih i traženih mjerno potpuno odgovarala zadanim veličinama, odnosno dobivena u svojoj pravoj geometrijskoj veličini. Jednostavniji problemi realiziraju se postupkom jednostavne konstrukcije, ali kod zahtjevnijih problema konstrukcija je složena i sam postupak se lakše pronalazi ako se prethodno razmisli o odnosu između zadanih i traženih veličina.⁷

⁴Teoriju je izložio u djelu *Analitica posteriora* gdje, uz ostalo, objašnjava i tumači svojstva aksioma, postulata, pojmova i definicija. Aksiomi su temeljne tvrdnje koje vrijede za sve znanosti, dok postulati kao temeljne tvrdnje vrijede samo u pojedinačnim znanostima i ne moraju se dokazivati. Definicije ne potvrđuju egzistenciju ili neegzistenciju matematičkog pojma. One omogućuju da matematički pojmovi budu shvaćeni. Ne mora se dokazivati samo egzistencija temeljnih pojmova (u aritmetici jedinica i veličina, u geometriji točka i crta), ali ih je potrebno definirati. Egzistencija matematičkih pojmova dokazuje se konstrukcijom.

⁵Stošić, Domagoj, *O aksiomatskom zasnivanju u matematici*, objavljeno u: *Razgovori o matematici*, Školska knjiga, Zagreb, 1971., str. 55–66.

⁶Posebno je značajan utjecaj grčke geometrijske analize na nastanak algebarske analize. Metodološki pristup matematici u antičkoj Grčkoj opisan je u knjizi Ž. Dadić, *Razvoj matematike*, Školska knjiga, Zagreb, 1975., str. 66–75.

⁷Smatra se da su i grčki matematičari tako otkrivali postupak složenih konstrukcija, ali uglavnom nisu zapisivali put zaključivanja i raščlanjivanja kojim su do njega došli.

Taj skriveni postupak pronalaženja konstrukcije zapravo je postupak analiziranja problema i pronalaženje veza između zadanih i traženih veličina. Aristotel je utjecao na to da se zaključivanje i logičko raščlanjivanje koristi i u matematici te je tako potaknuo korištenje matematičke analize problema. U djelima *Analitica priora* i *Analitica posteriora* govori općenito o analizi te zaključivanju kao dijelu logike.⁸

U grčkoj matematici dominirala je geometrijska metoda, pa je čak i algebra bila interpretirana geometrijski. Koncem I. st. u radovima Herona iz Aleksandrije, jednog od najvažnijih matematičara i fizičara tog doba, nastupaju transformacije stroge geometrijske metode. Heronove transformacije svoje podrijetlo imaju u grčkoj logistici kojom se obilno koristio Arhimed, ali i u egipatskoj i babilonskoj matematici. Postupak transformacije unaprijedio je Diofant iz Aleksandrije u prvoj pol. III. st., koji je proveo i metodološku transformaciju uporabe brojeva. U glavnom djelu *Aritmetika* osim aritmetičkih problema obuhvatio je i algebarske pa je time algebra iz područja geometrije prešla u aritmetičko.⁹

3. Karakter matematike kroz srednji vijek i do konca renesanse

Znanstveni rezultati i događanja u srednjem vijeku, uspoređeni s visokim doprinosima antike, bili su oskudni, ali nezaobilazni i važni zbog kontinuiteta znanosti i transmisije znanja. Značajnije promjene javljaju se nakon što su na latinski u XII. i XIII. st. prevedena izvorna arapska matematička djela. U zapadnoj se Europi pod utjecajem arapskog shvaćanja matematike tijekom XIV., XV. i XVI. st. neprestano usavršavala matematika, a to se postupno odražavalo i na istraživanja u području prirodne filozofije (fizike).¹⁰

Tako su u XIV. st. na Oxfordu i Merton Collegeu razmatrani problemi od kojih su neki bili matematičke prirode, npr. kvantifikacija kvalitete.¹¹ Posebne

⁸Ž. Dadić, *Povijest ideja i metoda u matematici i fizici*, Školska knjiga, Zagreb, 1992., str. 46.

⁹Ž. Dadić, *Razvoj matematike*, Školska knjiga, Zagreb, 1975., str. 8 – 88.

¹⁰Roger Bacon zagovarao je primjenu matematike. Značajka je njegova pristupa znanosti kombiniranje fizičke stvarnosti s vjerom u moć matematike. Služio se je jednostavnim, ali relevantnim geometrijskim argumentima, primjerenim optičkim promatranjima i neformalnim eksperimentima. Njegov rad nije znatnije odjeknuo u stoljeću u kojem je živio, niti je izravno utjecalo na nastanak novih matematičkih djela. Međutim, taj rad, pod utjecajem neoplatonizma, reflektirao se i u određenoj mjeri bio prihvaćen u kasnijim vremenima te ponekad interpretiran u analogiji s radom znanstvenika na Merton Collegeu i njihovim doprinosom kvantifikaciji kvalitete. Kasnija srednjovjekovna znanost dala je još jedan značajan doprinos koji se odrazio u matematici i uopće. U istraživanja se uvodi pojam kvantitativnih promjena. Premda su i antički Grci istraživali promjene s obzirom na gibanje, promatrali su ih kao kvalitetu, a ne kao kvantitetu koju bi mogli predočiti geometrijski ili numerički. Takvog je karaktera bila i antička matematika, statična analiza oblika, a ne promjene.

¹¹Jens Høyrup u vezi s tim kaže: "I tako je četrnaesto stoljeće proizvelo onu aristotelovsku matematiku koja je izostala u trinaestom." (objavljeno u: *Filozofija: slučaj, epifenomen ili sinergijski uzrok promjena trendova u matematici*, Godišnjak za povijest filozofije, 5 (5), Zagreb, 1987., str. 232.

rezultate na području istraživanja promjena postigao je Richard Swineshead, koji je uveo pojam promjenjive veličine i dokaze provodio dijalektički, formalnologički, na temelju fizikalnog iskustva te je radom utjecao na brojne znanstvenike, pa čak i na samog Newtona.¹² Swineshead je promjenu usporedio s brojevima, koji u njegovo doba predstavljaju diskretan skup. Korak dalje učinio je njegov suvremenik Nicole Oresme koji promjenama ne pristupa dijalektički i aritmetički, nego ih promatra u sklopu neprekinutih geometrijskih objekata, predočivši ih geometrijskim dijagramom (vodoravna crta predočuje vrijeme, a okomita intenzitet promatrane veličine).¹³

Premda ideja kvantifikacije kvalitete asocira na ideju matematizacije prirode, neoplatonističku inspiraciju Rogera Bacona, rad znanstvenika na Merton Collegeu uvelike se razlikuje. Odlikuje se strogim pristupom i primjenom novih metoda matematičke analize gibanja.

Najveći uspjeh postignut je primjenom matematičke analize na istraživanju gibanja, ali su osim toga općenito koristili matematiku, posebno teorije proporcija i proporcionalnosti (Thomas Bradwardine), za istraživanje promjena i drugih kvaliteta.¹⁴

Istraživanja promjena nastavlja Nicole Oresme, poznat po uvođenju geometrijskog prikazivanja, sličnog modernom koordinatnom sustavu, prikazu intenziteta kvaliteta koje podliježu promjeni. U vezi tim razlaže geometrijske kvantitete u beskonačne sume. Oresmeova djela izvorna su i vrlo sofisticirana. Odlikuje ih usko specijaliziran matematički pristup tako da su se pojedini rezultati mogli povremeno koristiti u sljedećim stoljećima. Međutim, rezultati u obliku koherentnih struktura nisu mogli pronaći odjek u ranom modernom dobu.¹⁵ Oresme u djelu *Algorismus proportionum* opisuje osnovna pravila za računanje, ali ne s indijskim brojevima, niti uopće s brojevima, nego s omjerima. Rezultati njegova rada dio su čiste strukturne matematike, a načela kojima podliježu nisu mogla biti shvaćena do XX. stoljeća. Iz svega navedenog, kad je potrebno istaknuti glavna načela i glavne trendove razvoja matematike u XIV. st., može se reći da je Aristotelova filozofija pridonosila evoluciji nove vrste matematike sudjelujući zajedno s društvenom organizacijom znanja. Pojavio se vrlo sofisticiran tip matematike koji će poslije ući u interakciju s filozofijom, ali je istodobno postojao tradicionalni matematički stil, povezan s astronomijom i astrologijom, te bio izvan filozofskih utjecaja, svojevrsan nastavak trendova XII. stoljeća. Društveni razvoj u Italiji poticaj je razvoju računske matematike. Za-

¹²Ž. Dadić, *Povijest ideja i metoda u matematici i fizici*, Zagreb, 1992., str. 75.

¹³Isto, str. 75.

¹⁴Zbog toga se često u literaturi znanstvenike Merton Collegea tumači kao preteče Galileija i njegova pristupa istraživanju prirodnih znanosti.

¹⁵J. Høyrup, *Filozofija: slučaj, epifenomen ili sinergijski uzrok promjena trendova u matematici*, Godišnjak za povijest filozofije, 5 (5), Zagreb, 1987., str. 234.

mjetna je integracija praktične matematike s teorijskom te će tim smjerom ići daljnji razvoj matematike.

Krajem srednjeg vijeka u matematičkim se djelima, uz rješavanje novih problema promjene i kvantitete, primjećuje kontinuirano usavršavanje potaknuto utjecajem arapske matematike. Djela koja nastaju u tom razdoblju donose transformaciju u predočavanju matematičkih tekstova, što je bilo od velike važnosti za korjenitu promjenu u matematičkom shvaćanju i pristupu problemima koji se javljaju krajem XVI. st. Matematičke tekstove kasnog srednjeg vijeka i s početka renesanse karakterizira postupno uvođenje simbola i arapskih brojki koje su omogućile da se retorički zapisi zamijene određenim prikladnijim shemama koje jednostavnije prikazuju matematičke izraze i operacije.

Karakteristično djelo iz tog razdoblja je *Summa de aritmetica* (*Sve o aritmetici*, Venecija, 1494.) i *De divina proportione* (Venecija, 1509.) talijanskog matematičara i najistaknutijeg predstavnika obnove sinkopatske algebre Luce Pacioli (oko 1445. – 1517.). Njegova je matematika pokušaj kombiniranja praktičnog cilja kao svrhe matematike s Euklidovom sistematikom i strukturom, ali na način koji je prilagođen predmetu i iskazan stilom različitim od Euklidova. Matematiku ne povezuje značajnije s filozofijom ili određenim filozofskim sustavom, naprotiv, zahtijeva prvenstvo matematike ispred filozofije. Gledano s filozofskog aspekta, posebno su zanimljivi Paciolijski nematematički komentari, a u kojima se reflektira eklektička koncepcija filozofije starog vijeka.¹⁶

“Matematika je prvenstveno arhitektonska (tj. tehnička znanost), a Arhimed vodeći matematičar te također genijalni geometar i vodeći arhitekt. Njegovo je djelo zaista potrebno svakome tko želi proučavati filozofiju, perspektivu, slikarstvo, kiparstvo, arhitekturu, muziku i ostale vrlo ugodne, fine i zadivljujuće doktrine.”

Pacioli zaključuje iz svojih diskusija da su:

“matematičke znanosti o kojima govori temelj i ljestve kojima čovjek dolazi do znanja bilo koje druge znanosti, kako kaže filozof zahtijevajući da matematičke znanosti budu prvog stupnja sigurnosti, a prirodne znanosti slijede odmah iza njih. Ne poznavajući ih nemoguće je razumjeti bilo koju drugu znanost.”¹⁷

¹⁶Opširnije vidi u članku J. Høyrup, *Filozofija: slučaj, epifenomen ili sinergijski uzrok promjena trendova u matematici*, GPF 5 (5), Zagreb, 1987., str. 242 – 244.

¹⁷U Solomonovoj Knjizi Mudrosti (Mudr. XI, 21) također je napisano da “se sve sastoji u broju, težini i mjeri”, tj. sve što se nalazi u donjem ili gornjem univerzumu po toj je nužnosti podvrgnuto broju, težini ili mjeri.

Tijekom XV. st. algebarski se tekstovi korištenjem kratica, simbola i arapskih brojeva sve više pojednostavnjuju. Retorički tekstovi povećavanjem broja kratica poprimaju sinkopatsku formu, ali s obzirom na pristup problemima, i u XVI. st. još uvijek imaju karakter konkretnosti i iskustvenosti, kao što je bilo i u ranijem razdoblju u Europi.¹⁸

4. Preobrazba matematike u XVII. stoljeću – simbolička algebra i algebarska analiza

Matematičari XVI. st. usprkos stjecanju mnogih novih algebarskih znanja nisu napravili bitan korak koji bi se sastojao u apstrahiranju algebarskih operacija i odvajanju tih operacija od njihovih objekata. Smatralo se da operacije i objekt tvore nedjeljivu cjelinu. Matematički objekt bio je konkretan, prelazilo se s jednog konkretnog problema na drugi, pa upravo zbog toga nije moglo doći do pojma formule.¹⁹

Velika promjena u karakteru matematike nastupa kad François Viète (1540. – 1603.) uvodi opće veličine (*species*) koje se jednako mogu primijeniti i na brojeve i na geometrijske objekte. Algebra koja radi s tim općim veličinama umjesto s brojevima čista je i opća algebra, a može se primijeniti i na brojeve i na geometrijske objekte. Takva se algebra razlikuje od one koja je u Grčkoj bila geometrijska i od one koja je u Arapa bila numerička.²⁰ Računanje sa *species* (*logistice speciosa*) omogućilo je novu interpretaciju dotadašnjih matematičkih rezultata. Korištenjem općih veličina (koje se odnose i na brojeve i na geometrijske objekte), preinačuje se grčka geometrijska analiza i sinteza, tako da se provodi algebarski u sklopu opće algebre. U algebarskoj analizi tok analize jednak je kao i u geometrijskoj, ali se neodređeni geometrijski objekti prikazuju u još općenitijem obliku. Kad se ti objekti predoče u algebarskom obliku, dobiju se umjesto geometrijskih veza algebarske veze, odnosno jednadžbe koje sadrže zadane i tražene veličine. Zatim se tako dobivene jednadžbe transformiraju potpuno formalno, neovisno o geometrijskom polazištu i svode na konačni (kanonski) oblik, da bi se iz njega izveo zaključak o međusobnom

¹⁸Ž. Dadić, *Povijest ideja i metoda u matematici i fizici*, Zagreb, 1992., str. 77–78.

¹⁹Opširniji opis karaktera matematike prije njezine preobrazbe u XVII. st. vidi u knjizi Ž. Dadić, *Povijest ideja i metoda u matematici i fizici*, Zagreb, 1992., str. 89–90. Autor tumači kako su matematičari XVI. st. davali samo pravila i primjere kako treba raditi, a njihove postupke uspoređuje s primjerima deklinacije ili konjugacije u gramatici.

²⁰Neposredno nakon što je Viète počeo koristiti algebarsku metodu u matematici, Marin Getaldić se susreo s njim u Parizu. Unatoč tomu što se školovao na djelima grčkih matematičara, Getaldić je vrlo brzo i u potpunosti prihvatio Vièteovu simboličku algebru, i u pristupu problemima, i u obliku, simbolici i načinu izražavanja, shvativši važnost njezine primjene u geometriji.

odnosu danih i traženih veličina. Time je postupak algebarske analize dovršen, a dobiveni zaključak koristi se u sintezi jednako kao što se u njoj koristio i zaključak koji je slijedio iz geometrijske analize. Nastala promjena u shvaćanjima bila je prekretnica u matematičkom shvaćanjima u cjelini. Svi prijašnji geometrijski rezultati reinterpreteriraju se algebarski. Dotadašnji planimetrijski i stereometrijski izvodi i dokazi načinjeni geometrijski postupno se algebriziraju, odnosno zapisuju simbolikom opće algebre. Opći brojevi omogućili su prikazivanje jednadžbi i njihovo rješavanje u općem obliku. Tako, primjerice, više nije bilo potrebno provoditi cijeli postupak rješavanja kvadratne jednadžbe, nego u jednom izvedeno opće rješenje uvrstiti koeficijente iz zadane jednadžbe. Viète-ova algebra omogućila je ne samo reinterpreteraciju dotadašnjih matematičkih rezultata, nego je inicirala pojavu novih matematičkih područja, analitičke geometrije i infinitezimalnog računa.

5. Matematika XVIII. st. – analiza i infinitezimalni račun

Važan korak u razvoju načinjen je uvođenjem pojma funkcije na prijelazu iz XVII. u XVIII. stoljeće. Premda je već Descartes početkom XVII. st. uvođenjem koordinata uspostavio funkcijsku vezu između dviju promjenjivih veličina, ona tad još nije bila prepoznata i rastumačena. Pojam funkcijske veze postupno se spoznao i oblikovao, čemu su posebno pridonijeli Gottfried Wilhelm Leibniz, njegov učenik Johann Bernoulli i Leonhard Euler²¹. Uvođenjem pojma funkcije, u matematici se počinju sustavno koristiti promjenjive veličine.²² To je bio potpuno nov pristup jer se do početka novovjekovlja promjenjiva veličina razmatrala kao kvantitativna promjena pojedinih kvaliteta, uz izostanak bilo kakve algebarske predodžbe. Tek je uvođenjem simboličke algebre stvoren

²¹Detaljnije o nastanku pojma funkcije vidi u Ž. Dadić, *Povijest ideja i metoda u matematici i fizici*, Školska knjiga, Zagreb, 1992., str. 102, 121–122. Leibnitz 1673. prvi put upotrebljava naziv funkcija u djelu *Methodus tangentium inversa seu de functionibus* (*Obrnuta metoda tangenata ili o funkcijama*). Bernoulli je funkcijom promjenjive veličine nazvao veličinu koja je sastavljena na bilo koji način od promjenjive veličine i konstanti. Euler je definirao funkciju kao analitički izraz sastavljen na bilo kakav način od promjenjive veličine i broja ili konstanti. U radu *Institutiones calculi differentialis* (*Pouke diferencijalnog računa*, Berlin, 1755.) zapisao je: “Kad neke veličine tako ovise o drugima da se mijenjanjem drugih i one same podvrgavaju promjeni, te prve se nazivaju funkcijama drugih.” Time je proširio razmatranje pojma funkcije na sve veličine koje bilo kako ovise o drugoj veličini te su njom određene. Funkcijom je uglavnom smatrao analitički izraz koji je simbolima predočava. Takva predodžba ipak može obuhvatiti i funkcije koje se ne mogu iskazati neprekinutom krivuljom, ali se razlikuje od njegova shvaćanja funkcije koje je ograničeno na algebarske i elementarne transcendentne funkcije.

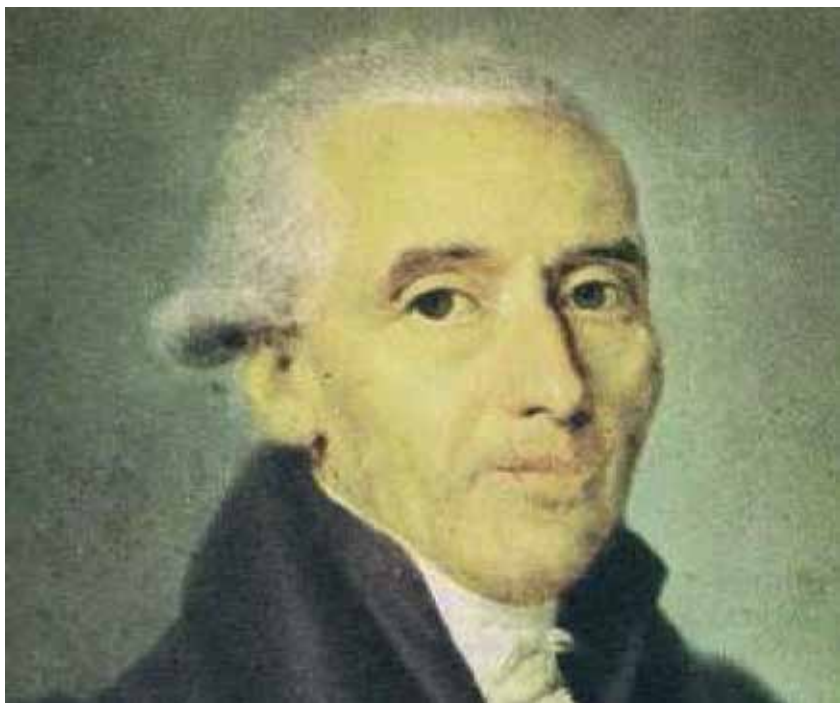
²²Više o pojmu funkcije piše L. Krnić u knjizi: *Razgovori o matematici*, Školska knjiga, Zagreb, 1971., str. 77–86.



Slika 2.: Jean Le Rond d'Alembert

preduvjet algebarskom zapisu koji je omogućio promatranje promjene jedne veličine s pomoću algebarskih simbola. "Koordinatna je metoda omogućila promatranje funkcijske veze između dviju takvih promjenjivih veličina. Analitička metoda omogućila je da se algebarska jednadžba koja uspostavlja tu funkcijsku vezu počne bitno drugačije shvaćati nego u razdoblju prije Descartesa i Fermata. Jednadžba je prije služila samo kao sredstvo za pronalaženje nepoznatog broja, a otada je ona predočavala funkcijsku vezu između pojedinih promjenljivih veličina. Tako je matematika prestala biti statična i promjena je stavljena u temelj matematičkih istraživanja."²³ Ti su rezultati u razvoju matematike imali veliku primjenu i utjecali na ukupan razvoj znanosti i tehnike. Dovedi su do pojave analitičkih metoda i infinitezimalnog računa u XVIII. st., bez kojih bi novija znanost bila nezamisliva. Formalizacija analitičkih metoda i razvoj infinitezimalnog računa inicirali su da dotadašnja teorija mehanike na određeni način postaje novim dijelom analize. Za razliku od Newtona koji je svoju mehaniku interpretirao geometrijski, skupina znanstvenika iz XVIII. st. radom na novim metodama potaknula je postupno napuštanje geometrijske metode. Euler je postavio formalni analitički temelj analitičke metode, a d'Alembert je unaprijedio Eulerov aksiomatski i racionalni značaj istraživanja.

²³Ž. Dadić, *Povijest ideja i metoda u matematici i fizici*, Školska knjiga, Zagreb, 1992., str. 102.



Slika 3.: Joseph-Louis Lagrange

Lagrange je razvitak doveo do vrhunca. Značajno je da nisu samo uveli nove metode u matematiku, nego su i potaknuli njezinu primjenu i reinterpretaciju na dotadašnje rezultate.

Slijedom tih promjena, Newtonovi su geometrijski rezultati prikazivani analitički. Ta se transformacija može usporediti s onom koja je nastupila početkom XVII. st. s pojavom simboličke algebre kad su se algebarskoj reinterpretaciji podvrgnuli svi dotadašnji rezultati istraživanja načinjeni i predloženi geometrijskim metodama. Primjenom novih analitičkih metoda na sva područja mehanike dolazi do potpune promjene njihovu pristupu. Ne razmatraju se više područja neovisno jedna o drugima, nego se postavljaju opća načela iz kojih se izvode svi njezini dijelovi. Postavljaju se opće formule iz kojih se izvode sve ostale jednačbe. Tako je nova mehanika druge pol. XVIII. st. postala analitička mehanika i bila je u potpunosti lišena ostataka geometrijske predodžbe i geometrijskih metoda. Međutim, i nakon uvođenja analitičkih metoda u matematiku i fizikalna istraživanja, osim iznimnih rezultata koji su se postizali, u prvo je vrijeme samo razmjerno mali broj znanstvenika bio vješt u primjeni tih novih metoda. Osim toga, ni nova metoda, koliko god unaprijedila dotadašnju znanost, nije postizala rezultate u svim područjima. Stoga se geometrijska metoda nije prestala u potpunosti koristiti, nego je i dalje imala svoje značenje u

matematici. Pojedini su se znanstvenici i poslije služili njom, razvijali je i postizali dobre rezultate. Među njima je bio i Ruđer Bošković, suvremenik Eulera, d'Alemberta i Lagrangea. Bošković se školovao na isusovačkom kolegiju u Rimu gdje je u to doba (prva pol. XVIII. st.) nastavni plan još uvijek bio osmišljen prema Aristotelovoj peripatetičkoj filozofiji, zastupalo se učenje o mirovanju Zemlje, a matematiku se predavalo na temeljima Euklidove geometrije. Dolaskom u Pariz 1760., kao već renomiran znanstvenik Bošković se prvi put susreće s novim analitičkim metodama. U potpunosti shvaća sve njihove prednosti, ali se ne osjeća spremnim uključiti u tokove nove matematike.²⁴ Stoga se i nakon tog vremena služio isključivo tradicionalnom geometrijskom metodom koju je svladao tijekom školovanja u Rimu i dodatno je usavršio. Bila mu je potrebna za rješavanje složenih problema teorijske astronomije i nebeske mehanike. Njom se uspješno služio u izvođenju i dokazivanju svih svojih astronomskih relacija i kriterija. Međutim, Boškovićeve astronomske metode nisu bile uvijek praktične upravo zbog zastarjelog matematičkog aparata koji su koristile. Izrazi ponekad nisu bili lijepo analitički sređeni, ili su bili i predugi i komplicirani, pa stoga ni njegove vrijedne ideje nisu bile uvijek adekvatno vrednovane ni prihvaćene. O izboru matematičke metode za istraživanje i dokazivanje ponekad je ovisio ne samo konačan rezultat, nego i njegovo razumijevanje i prihvaćanje od znanstvenika i uglednih znanstvenih institucija tog vremena. Jednom je prilikom, suprotno uobičajenom, upravo geometrijska metoda donijela Boškoviću prednost. Švicarski znanstvenik Daniel Bernoulli rješavao je problem plime i oseke mora analitičkim metodama. Budući da je bila riječ o kompleksnom problemu, morao se prikloniti brojnim aproksimacijama. Bošković je problem zorno sagledao i riješio ga geometrijski, bez aproksimacija, na vrlo elegantan način.²⁵ To je samo izdvojen primjer i može se reći da je Boškoviću njegova tad zastarjela metoda uglavnom donijela više teškoća nego koristi. Tako je bilo i u slučaju istraživanja problema perturbacija planeta Jupitera i Saturna.

²⁴O tome svjedoče dva pisma. Prvo je Bošković iz Pariza napisao bratu Baru početkom 1760. godine. Premda su ga u Parizu dobro primali (sam veli "čak i bolje nego zaslužuje"), osjećao je nelagodu suočen u Francuskoj s velikim promjenama koje su nastupile u matematici, posebno kad je u Akademiji bio upoznat s istraživanjima d'Alemberta i Lagrangea, koji su unapređivali analizu i infinitezimalni račun te tako nastavili Eulerov rad. Vidjevši metode koje su razvijali tamošnji matematičari zapisao je bratu: "(...) er u velikom kalkulu jes toliko od njih do mene, koliko od mene do ovijeh družijeh Jezuvita; kad govorim od njih, govorim od dva, iliti tri, er nije ni ovdj mnogo velikijeh kalkulatura, a nije ih ni po svijetu, to ti je trudan posao, i valja rano početi, ko jezika naučit." Navedeno prema Marković, Željko, *Ruđe Bošković*, dio prvi, JAZU, Zagreb, 1968., str. 506. Drugo je svjedočanstvo pismo od 15. studenog 1763. koje je Bošković (tad u dobi od 52 godine), uputio svojem učeniku Francescu Puccinelliju. U pismu ga bodri na proučavanje Eulerove analize, prisjećajući se kako je sam bio odgajan u Rimskom kolegiju u duhu tad već zastarjele matematičke metode: "(...) ali tada ne samo da nisam imao vođe, nego nisam imao ni knjiga, niti sam imao pojma o njima, a sada više nisam u stanju da to savladam." Navedeno prema Marković, Željko, *Ruđe Bošković*, dio prvi, JAZU, Zagreb, 1968., str. 62.

²⁵Dadić, Žarko, *Bošković*, Školska knjiga, Zagreb, 1987., str. 177.

U vezi s tim problemom Akademija u Parizu raspisala je 1748. natječaj i ponovila ga 1750. te 1752. jer nije bio do kraja riješen. Na natječaj se javio i Bošković, ali je nagrada dodijeljena Euleru. Zbog složenosti Boškovićeve metode i kompliciranog računa, njegove ideje nisu ni u tom slučaju bile pomno razmotrene i adekvatno ocijenjene. Karakteristike Boškovićevih matematičkih metoda opisao je i engleski matematičar Henry Englefield koji je iznimno cijenio Boškovićev rad. U sažetom prijevodu Boškovićeve glavnog djela o metodi određivanja staza kometa na engleski jezik iz 1793. godine, zapisao je kako je Boškovićeva ideja tako skrivena u dugim i kompliciranim računima da se samo uz velik napor može pratiti.²⁶

Literatura

- [1] Busard, H. L. L., *François Viète*, u: *Dictionary of Scientific Biography*, vol. 14, New York, 1981., str. 18–25.
- [2] Dadić, Žarko, *Razvoj matematike*, Školska knjiga, Zagreb, 1975.
- [3] Dadić, Žarko, *Bošković*, Školska knjiga, Zagreb, 1987.
- [4] Dadić, Žarko, *Povijest ideja i metoda u matematici i fizici*, Školska knjiga, Zagreb, 1992.
- [5] Dadić, Žarko, *Radovi Ruđera Boškovića u teorijskoj astronomiji i nebeskoj mehanici*, Izvori, Zagreb, 2014.
- [6] Høyrup, Jens, *Platonizam ili arhimedizam: O ideologiji i samonametnutom modelu renesansnih matematičara (1400-1600)*, Godišnjak za povijest filozofije 8 (8), Zagreb, 1990., str. 114–149.
- [7] Høyrup, Jens, *Filozofija: slučaj, epifenomen ili sinergijski uzrok*, GPF 5 (5), Zagreb, 1987., str. 210–284.
- [7] Krnić, Luka, *O pojmu funkcije*, u: *Razgovori o matematici*, Školska knjiga, 1971., str. 77–86.
- [8] Marković, Željko, *Ruđer Bošković*, dio prvi, JAZU, Zagreb, 1968.
- [9] Stošić, Domagoj, *O aksiomatskom zasnivanju u matematici*, u: *Razgovori o matematici*, Školska knjiga 1971., str. 55–66.

²⁶Navedeno prema Dadić, Žarko, *Bošković*, Školska knjiga, Zagreb, 1987., str. 69–70.

The Development of Mathematical Methods and their Application in Natural and Technical Sciences

Marijana Borić

Abstract: The development of science and technology, that has enabled the application of mathematics in early modern history, has intensified in the 18th and 19th centuries, and accelerated from then to the present day. Such development imposes upon us the need to examine when, why and for what reason this happened. After the Renaissance mathematics gradually becomes less a part of philosophy and develops into an autonomous science with its own laws and methodology. Although its development was not solely driven by internal transformations, certain changes were initiated by the influence and needs of other science and technology. Therefore, for the purposes of this topic a comparison between the most significant changes that have occurred in mathematics and their impact on development in other sciences in which mathematics finds its application is made. Featured are the key moments and stages in the development of mathematical science that triggered major changes not only in the mathematical sciences but also those changes which reflect on the overall development of the natural sciences and engineering. Since all the great results in mathematics and science that occurred up to the 18th century were mostly interpreted geometrically, due to the formalization of analytical methods and calculus in the first half of the 18th century, it was necessary to reinterpret the results in accordance with the new methods. Thus, Newton's and other valuable results from this time were shown analytically. This transformation was similar to algebraic reinterpretation of geometrically presented mathematical theorems stimulated by the symbolic algebra and algebraic analysis of the early 17th century.

Keywords: mathematics, science, technology, applications of mathematics, geometrical methods, symbolic algebra, analytical methods, calculus

Marijana Borić

Frane Petrić (Franciscus Patricius) i njegovo poimanje matematike

Sažetak: Frane Petrić jedan je od najvećih hrvatskih znanstvenika, renesansni filozof, polihistor i erudit. Svojim se značajem, ugledom, plodnošću i europskom reputacijom ističe u nizu hrvatskih renesansnih znanstvenika koji su dali dragocjen doprinos razvoju zapadnoeuropske znanosti i filozofije. Frane Petrić bio je posljednji veliki neoplatonist svojeg doba. Neoplatonizam je u XVI. st. imao ključnu ulogu u isticanju matematike kao prve znanosti. To se odrazilo ne samo na razvoj matematike, nego je dovelo do potpuno novog poimanja prirodnih znanosti. Napisao je velik broj djela kojima je dao prinos različitim područjima, a poseban je značaj davao matematici. Bavio se teorijskim aspektima matematike i odbacio mnoga ustaljena vjerovanja koja su bila smetnja daljnjem razvitku egzaktnih znanosti. Utjecao je na stvaranje nove astronomske slike svijeta i pridonio prihvaćanju Kopernikova shvaćanja o gibanju Zemlje, koje se u to vrijeme odbacivalo i smatralo samo hipotetičkim matematičkim modelom Sunčeva sustava. Petrić je svojim tvrdnjama i koncepcijama stvorio temelje za daljnji razvoj znanosti. Njegovo djelo bilo je nužna spona u razvitku i napretku znanosti, što se reflektira i nastavlja u koncepcijama Giordana Bruna, Galileja Galileija, Johannesesa Keplera, Renéea Descartesa, Gottfrieda Wilhelma Leibniza i Isaaca Newtona. Premda je fokus Petrićeva rada bio u filozofiji, bavio se znanošću i praktičnim aspektima njezine primjene. Razmatrao je tako i hidrološke probleme, npr. navodnjavanje i agromelioraciju.

Ključne riječi: Frane Petrić, matematika, filozofija, renesansa, novovjekovne prirodnoznanstvene koncepcije

Uvod

Frane Petrić svojim se značajem, ugledom, plodnošću i europskom reputacijom ističe u nizu hrvatskih renesansnih znanstvenika koji su dali dragocjen doprinos razvoju zapadnoeuropske znanosti i filozofije. Bio je posljednji veliki neoplatonist svojeg doba. Neoplatonizam je u XVI. st. imao ključnu ulogu u isticanju matematike kao prve znanosti. To se odrazilo ne samo na razvoj matematike, nego je dovelo do potpuno novog poimanja prirodnih znanosti.

Napisao je velik broj djela kojima je dao prinos različitim područjima, posebno matematici, te odbacio mnoga ustaljena vjerovanja koja su bila smetnja daljnjem razvitku egzaktnih znanosti. Utjecao je na stvaranje nove astronomske slike svijeta i pridonio prihvaćanju Kopernikova shvaćanja o gibanju Zemlje, koje se u to vrijeme odbacivalo i smatralo samo hipotetičkim matematičkim modelom Sunčeva sustava. Njegovo djelo bilo je nužna spona u razvitku i napretku znanosti, što se reflektira i nastavlja u koncepcijama Giordana Bruna, Galilea Galileija, Johannesa Keplera, Renéa Descartesa, Gottfrieda Wilhelma Leibniza i Isaaca Newtona.



Slika 1.: Portret Frane Petrića

1. Petrićevo školovanje

Frane Petrić (Franjo Petriš, lat. *Franciscus Patricius*, *Patritius*, tal. *Francesco Patrizio*, *Patrici*, *Patrizzi*, *Patricio*, *Patritio*) rođen je 25. travnja 1529. u Cresu koji je tad bio pod vlašću Mletačke Republike. Otac mu je bio Stjepan Petrić (umro 1551.), a majka Marija Lupetina, sestra franjevca konventualca Balda Lupetine koji je u Mlecima bio osuđen i ubijen zbog luteranstva. Upravo zbog te rodbinske veze i pod sumnjom da se priklonio luteranstvu, Petrićev je otac bio protjeran s Cresa. Frane Petrić s devet se godina sa stricem Ivanom Jurjem otisnuo na more i sudjelovao u bitki protiv Osmanlija.

Od 1542. do 1544. boravio je u Mlecima gdje je pohađao trgovačku školu. Zahvaljujući znamenitom rođaku Matiji Vlačiću Iliriku, hrvatskom protestantskom teologu, erudit, povjesničaru i Lutherovu suradniku, Petrić je boravio od 1545. do 1546. Ingolstadtu gdje je stekao prva znanja iz grčkog jezika. Potom je u Padovi studirao prvo medicinu, a zatim filozofiju (od 1547. do 1554. godine). Ondje je slušao predavanja o Platonovoj filozofiji te počeo čitati znamenito djelo talijanskog liječnika i filozofa Marsilija Ficina (1433. – 1499.) *Theologia platonica*. Po tim je uzorima formulirao svoju filozofsku misao kojoj je ostao vjeran do kraja života.

2. Nastanak prvih djela i prve službe

Petrić se kao vrlo mlad uključuje u znanstveni i filozofski rad. Već 1553. godine u Veneciji objavio svoje prvo djelo *La città felice (Sretan grad)* u kojem govori o mogućnostima postizanja kvalitete življenja u savršenoj ljudskoj zajednici.¹ Potom je zbog smrti oca i parnice za baštinu boravio u rodnom Cresu od 1555. do 1557. godine. Napušta potom zavičaj i od 1557. do 1560. putuje po Italiji pišući i dopunjavajući svoja znanja (Ancona, Rim, Bologna, Ferrara, Venecija). Petrić je u tom razdoblju izučavao i povijest kojoj se u renesansi pridavalo posebno značenje, te je 1560. u Veneciji objavio djelo *Della historia diece dialoghi (Deset dijaloga o povijesti)*.

Usporedno s pisanjem, znanstvenim i filozofskim radom, Petrić se za egzistenciju morao baviti raznim poslovima. Tako je kao tridesetogodišnjak boravio na Cipru od 1561. do 1568. te kao upravitelj imanja bio u službi grofa Giorgia Contarini-Zaffa, a potom i ciparskog nadbiskupa Filipa Moceniga. Na Cipru je prikupio i dao prevesti zbirku grčkih kodeksa. U Veneciji je 1562. objavio djelo *Della retorica dieci dialoghi (Deset dijaloga o retorici)*. Napušta Cipar i u Veneciju se vraća 1568. godine gdje se neuspješno bavi trgovinom, a zatim putuje i boravi u Padovi, Genovi i Barceloni.

Petrić nastavlja filozofski i znanstveni rad te 1571. u Veneciji objavljuje prvi svezak utjecajnog djela *Discussionum peripateticarum T. I (Peripatetičke rasprave)*. Djelo je kritika Aristotelove filozofije a, među ostalim, bavi se pitanjem što je matematika i rješava problem njezina položaja u općoj klasifikaciji

¹Da pridonese intelektualnom, moralnom i fizičkom usavršavanju čovjeka, Petrić daje upute o izgradnji grada, geografske, klimatsko-topografske, strateške, ekonomske i urbanističke, te istražuje oblike vladavina, zakonodavstva, sredstava uspostave i održavanja mira, problema demografije, ekologije, zdravstva i higijene, odnosa crkve i države i mnoga druga. U nizu radova srodne tematike nastalih u XVI. st., Petrićevo djelo ističe se bogatstvom značenja pa se može svrstati u red najznačajnijih, zajedno s *Utopijom* Th. Morea, *Gradom Sunca* T. Campanelle, *O principu* A. Niphusa i *O vladanju* F. Sansovina.

znanosti i filozofije.² Godine 1572., zbog financijskih problema prodao je svoju zbirku grčkih kodeksa knjižnici španjolskog kralja Filipa II. (1527. – 1598.) u Escorialu. Nastavlja putovanja te je 1577. boravio u Modeni gdje je napisao djelo *L' amorosa filosofia* (*Ljubavna filozofija*). Zahvaljujući filozofu Antoniju Montecatiniju dobio je 1577. katedru za Platonovu filozofiju na Sveučilištu u Ferrari gdje je ostao do početka 1592. godine. Petrić je u tom vrlo plodnom razdoblju tiskao nekoliko djela. Tako je 1581. u Baselu objavio *Discussionum peripateticarum T. IV*, zatim latinske prijevode *Breves [...] expositiones in omnes XIII Aristotelis libros, quae vocantur methaphysici* (Pseudo)Filipona i *Elementa theologica* L. Prokla koje je 1583. objavio u Ferrari. Tri godine poslije u Ferrari je objavio *Della poetica... La Deca Disputata* i *Della Poetica... La Deca Istoriale*. Postigavši velik ugled postaje član nekoliko talijanskih akademija. Na poziv bivših kolega s padovanskog sveučilišta, Nicole Sfrondatija, tadašnjeg pape Grgura XIV. (1590. – 1591.) i Ippolita Aldobrandinija, tad kardinala, a potom pape Klementa VIII. (1592. – 1605.), Petrić preuzima 1592. katedru za Platonovu filozofiju na uglednom rimskom sveučilištu Sapienza.

3. Na Indeksu zabranjenih knjiga

Petrić je svoje kapitalno djelo *Nova de universis philosophia* (*Nova sveopća filozofija*) objavio 1591. u Ferrari (drugo je izdanje tiskao 1593. u Veneciji) i posvetio ga papi Grguru XIV. te svim ostalim papama. Međutim, u vezi s djelom uskoro nastupaju problemi s kojima će se Petrić pokušavati nositi nekoliko godina. Naime, nedugo nakon preseljenja u Rim u drugoj polovini 1592. i preuzimanju za njega otvorene katedre za Platonovu filozofiju na Sveučilištu Sapienza, pozvan je 7. studenog 1592. u Kongregaciju Indeksa gdje je Juan Pedro de Saragozza smatrao da se *Nova sveopća filozofija* treba staviti na Indeks zabranjenih knjiga. Petrić je predložio neke izmjene koje bi njegovo djelo učinilo

²Zasebno objavljen prvi svezak *Peripatetičkih rasprava* prvi je veći Petrićev filozofski rad koji je objavio za života. Petrić tek deset godina potom u Baselu objavljuje izdanje prošireno trima idućim svescima. *Peripatetičke rasprave* pripadaju filozofskom žanru *comparatio* (usporedba) koji je bio popularan u antici, a ožvijen je u renesansnom razdoblju. Za taj filozofski žanr karakteristična je usporedba filozofa ili filozofskih škola u njihovu odnosu prema određenim filozofskim problemima. Takve su se usporedbe često činile radi usklađivanja dviju naizgled suprotstavljenih škola ili filozofa kako bi se pokazalo da ispod površinskog mimoilaženja zapravo stoji temeljno slaganje oko glavnih filozofskih istina. U renesansi je najpoznatiji predstavnik takve koncilijantne tendencije bio Giovanni Pico della Mirandola koji je išao za tim da pomiri različitosti između Platona i Aristotela. Za razliku od njega, Petrić u *Peripatetičkim raspravama* ima sasvim drugu namjeru: napada onodobnu *službenu* aristotelovsku filozofiju te uspoređuje Aristotelovu filozofiju s Platonovom i platonističkom tradicijom radi toga da pokaže inferiornost Aristotela i na Aristotelu utemeljene tradicije u usporedbi s platonizmom. Upravo u toj konfrontaciji Petrić izlaže svoje razumijevanje temeljnih filozofskih i znanstvenih pojmova koje je poslije iskoristio u *Novoj sveopćoj filozofiji*.

prihvatljivim te je zbog toga napisao dva spisa: *Emendatio Francisci Patricii in libros suae novae philosophiae, Apologia ad censuram, Declarationes in quaedam novae suae philosophiae loca obscuriora*. Petrić je za života uživao velik ugled i bio aktivan u talijanskim kulturnim i znanstvenim krugovima. Tako je za vrijeme boravka u Ferrari vodio polemike s pjesnikom Torquatom Tassom (1544. – 1595.), filozofom Jacopom Mazzoniem (1548. – 1598.) i Teodorom Angeluccijem (1540. – 1600.)³. Petrić je u Ferrari upoznao poznatu pjevačicu i pjesnikinju Tarkviniju Molzu kojoj je posvetio treći svezak svojih *Peripatetičkih rasprava*:⁴

“Kome bih od svih ljudi mogao pohvalnije posvetiti svoja noćna istraživanja, nego tebi najučenijoj od svih žena koliko ih je, koliko ih je bilo i koliko će ih biti. [...] Vedrim licem i duhom primi ovaj treći svezak mojih *Rasprava* koji iz zahvalnosti zbog tvojih zasluga prema meni, tebi dajem, darujem i posvećujem [...]”⁵

Usprkos Petrićeve ugledu i njegovim nastojanjima, djelo *Nova sveopća filozofija* konačno je 27. ožujka 1596. stavljeno na Indeks zabranjenih knjiga. Shrvan, povlači se iz javnog života. Te je godine primljen za člana Hrvatske bratovštine sv. Jeronima u Rimu, gdje će provesti posljednje dane.

Umro je u Rimu 7. veljače 1597. godine. Pokopan je u crkvi sv. Onofrija u grobnici pjesnika Torquata Tassa s kojim je polemizirao tijekom života.

4. Razvoj zapadnoeuropske matematičke tradicije do Petrićeva doba

Antika je bila ključno razdoblje u formiranju zapadnoeuropske znanosti. Njom su se inspirirali brojni znanstvenici i filozofi u doba renesanse tražeći

³Angelucci je protiv Petrićevih *Peripatetičkih rasprava* napisao dva spisa: *Quod metaphysica sunt eadem quae physica, nova Theodori Angelutii sententia* objavljen u Veneciji 1584. godine, na koji mu je Petrić odgovorio spisom *Apologia contra calumnias Theodori Angelutii eiusque novae sententiae quod metaphysica eadem sint. qua physica eversio* koje je objavio u Ferrari 1584. godine, i *Exercitationum Theodori Angelutii cum Francisco Patritio liber Primus* koji je objavljen također u Veneciji 1585. godine. Na drugi spis Angelucciju je odgovorio Franciscus Mutus spisom *Francisci Muti Consentini Disceptationum libri V contra calumnias Theodori Angelutii in maximum philosophum Franciscum Patricium* objavljenom u Ferrari 1588. godine.

⁴Na latinskom je izvorniku to djelo tiskano tripot: jednom samo prvi svezak, a dvaput sva četiri sveska. Dosad je cjelovita knjiga prevedena samo na hrvatski, i to drugi (2013.), treći (2009.) i četvrti (2012.) svezak, koji su objavljeni u izdanju Instituta za filozofiju u dvojezičnom latinsko-hrvatskom izdanju s uvodima i bilješkama.

⁵*Discussionum peripateticarum tomus tertius / Peripatetičke rasprave svezak treći*, s latinskog preveli Tomislav Čepulić i Mihaela Girardi-Karšulin, Girardi-Karšulin, Mihaela i Perić, Olga (ur.), Institut za filozofiju, Zagreb, 2009., str. 7, 9.

nove putove znanja, među njima i Frane Petrić. Uz filozofiju, posebno je bio važan utjecaj antičke matematičke tradicije, te se matematika u renesansi ističe kao ideal dokazne znanosti, a njezina se metodologija postupno nastoji primijeniti i na druga područja. Antička tradicija ostavila je dominantan trag u sveukupnom razvoju brojnih znanstvenih područja, kao i matematike, prirodnih znanosti i tehnike. Gotovo je nemoguće istinsko razumijevanje dostignuća spomenutih područja bez poznavanja njihovih antičkih korijena.

Matematika je znanost koja vuče svoje korijene i prije antike, još od II. tisućljeća pr. Kr., kad se razvijala u drevnim civilizacijama Babilona i Egipta. Veliku transformaciju doživljava kod starih Grka, koji su dijelom preuzeli matematičko naslijeđe prethodnika, ali su ga teorijski i strukturno preoblikovali. Grci su dali znanstvene temelje i okvire matematičari. Uveli su apstraktne matematičke pojmove, matematički dokaz, aksiomatski deduktivni sustav, razdvojili aritmetiku i geometriju, čime su zacrtali glavne tokove i smjernice budućeg razvoja.

Znanstveni rezultati u srednjem vijeku, uspoređeni s visokim doprinosima antike, bili su oskudni, ali nezaobilazni i važni zbog kontinuiteta znanosti i prenošenja znanja. Značajnije promjene nastaju nakon što su načinjeni prvi latinski prijevodi arapskih izvornih matematičkih djela u XII. i XIII. stoljeću. U zapadnoj se Europi pod utjecajem arapskih shvaćanja tijekom XIV., XV. i XVI. st. neprestano usavršavala matematika, što se postupno odražavalo i na istraživanja u području prirodne filozofije (fizike).⁶ Kad bi u osnovnim značajkama trebalo istaknuti glavne trendove razvoja matematike u XIV. st., može se reći da je Aristotelova filozofija pridonosila evoluciji nove vrste matematike sudjelujući zajedno s društvenom organizacijom znanja. Pojavio se vrlo sofisticiran tip matematike koji će poslije ući u interakciju s filozofijom, ali je istodobno postojao tradicionalni matematički stil, povezan s astronomijom i astrologijom, te bio izvan filozofskih utjecaja, kao svojevrsan nastavak trendova XIII. stoljeća. Društveni razvoj u Italiji poticaj je razvoju računske matematike. Zamjetna je integracija praktične matematike s teorijskom te će tim smjerom ići daljnji razvoj matematike.

⁶Roger Bacon zagovarao je korištenje matematike. Značajka je njegova pristupa znanosti kombiniranje fizičke realnosti s vjerom u moć matematike. Koristio je jednostavne, ali relevantne geometrijske argumente primjerene optičkim promatranjima i neformalnim eksperimentima. Njegovo djelovanje nije imalo znatnijeg odjeka u vlastitom stoljeću, niti je izravno utjecalo na nastanak novih matematičkih djela. Međutim, njegov rad, koji sadrži utjecaje neoplatonizma, reflektirao se i u određenoj mjeri bio prihvaćen u kasnijim vremenima, te je ponekad interpretiran u analogiji s radom znanstvenika na Merton Collegeu i njihovim doprinosom "kvantifikaciji kvalitete". Srednjovjekovna znanost dala je još jedan značajan doprinos koji se odrazio u matematičari i uopće. U istraživanja se uvodi pojam kvantitativnih promjena. Premda su i stari Grci istraživali promjene s obzirom na gibanje, promatrali su ih kao kvalitetu, a ne kao kvantitetu koju bi mogli predočiti geometrijski ili numerički. Takvog je karaktera bila i antička matematika, statična analiza oblika, a ne promjene.

Krajem srednjeg vijeka u matematičkim se djelima uz rješavanje novih problema promjene i kvantitete primjećuje kontinuirano usavršavanje potaknuto utjecajem arapske matematike. Djela koja tad nastaju donose promjenu u predočavanju matematičkih tekstova, što je bilo od velike važnosti za korjenitu promjenu u matematičkom shvaćanju i pristupu problemima koji se javljaju krajem XVI. stoljeća. Matematičke tekstove kasnog srednjeg vijeka i početka renesanse karakterizira postupno uvođenje simbola i arapskih brojki, koje su omogućile da se retorički zapisi zamijene određenim prikladnijim shemama koje na jednostavniji način prikazuju matematičke izraze i operacije.⁷

Karakteristična su djela tog razdoblja *Summa de aritmetica* (Sve o aritmetici, Venecija, 1494.) i *De divina proportione* (Venecija, 1509.), talijanskog matematičara i najistaknutijeg predstavnika obnove sinkopatske algebre Luce Pacioli (oko 1445. – 1517.). Njegova je matematika pokušaj kombiniranja praktičnog cilja kao svrhe matematike s Euklidovom sistematikom i strukturom, ali na način koji je prilagođen predmetu i iskazano stilom drukčijim od Euklidova. On svoju matematiku ne povezuje značajnije s filozofijom ili određenim filozofskim sustavom, naprotiv, zahtijeva prvenstvo matematike ispred filozofije. Gledano s filozofskog aspekta posebno su zanimljivi nematematički komentari koje daje Pacioli, a u kojima se reflektira eklektička koncepcija filozofije starog vijeka.⁸

“Matematika je prvenstveno arhitektonska (tj. tehnička znanost), a Arhimed vodeći matematičar te također genijalni geometar i vodeći arhitekt. Njegovo je djelo zaista potrebno svakome tko želi proučavati filozofiju, perspektivu, slikarstvo, kiparstvo, arhitekturu, muziku i ostale vrlo ugodne, fine i zadirujuće doktrine.”

Pacioli zaključuje iz svojih diskusija da su: “matematičke znanosti o kojima govori temelj i ljestve kojima čovjek dolazi do znanja bilo koje druge znanosti” kako kaže filozof zahtijevajući da “matematičke znanosti budu prvog stupnja sigurnosti, a prirodne znanosti slijede odmah iza njih”. Ne poznavajući ih nemoguće je razumjeti bilo koju drugu znanost.⁹

Tijekom XV. st. algebarski se tekstovi korištenjem kratica, simbola i arapskih brojki sve više pojednostavnjuju. Retorički tekstovi povećavanjem broja kratica poprimaju sinkopatsku formu, ali s obzirom na pristup problemima, i u

⁷Opširnije o tome piše Žarko Dadić, *Povijest ideja i metoda u matematici i fizici*, Školska knjiga, Zagreb, 1992., str. 88–91.

⁸Opširnije vidi u članku J. Høyrup: *Filozofija: slučaj, epifenomen ili sinergijski uzrok promjena trendova u matematici*, GPF 5 (5), Zagreb, 1987., str. 242–244.

⁹U Solomonovoj Knjizi Mudrosti (Mudr. XI, 21) također je napisano da “se sve sastoji u broju, težini i mjeri”, tj. sve što se nalazi u donjem ili gornjem univerzumu po toj je nužnosti podvrgnuto broju, težini ili mjeri.

XVI. st. još uvijek imaju karakter konkretnosti i iskustvenosti, kao što je bilo i u ranijem razdoblju u Europi.¹⁰

5. O novoj geometriji

Petrić je matematici pridavao veliku važnost i o njoj je pisao. U skladu sa svojom matematičkom filozofijom u djelu *Della nuova geometria (O novoj geometriji)* koje je objavio 1587. u Ferrari, stvara geometrijski sustav u kojem je prostor fundamentalni pojam. Od prostora kao nedefiniranog pojma, neovisne egzistencije, izvodi geometrijske pojmove i njihove definicije. Unatoč tomu što u tom djelu nije uspio izgraditi aksiomatsku deduktivnu geometriju u kojoj bi bili dokazivani geometrijski poučci kao kod Euklida, ono ima veliku važnost. U njemu pronalazimo prve nedefinirane geometrijske pojmove, potrebne u izgradnji logičkog sustava, što se kod Euklida tek može naslućivati, a matematička filozofija na kojoj se djelo temelji utjecala je na najveće znanstvenike Petrićeve doba i kasnijih razdoblja.¹¹

6. Petrićev pristup matematici

Petrićeva je zaokupljenost matematikom vidljiva i u djelu *Discussionum peripateticarum T. I* (Venecija, 1571.), nastalom kao kritika Aristotelove filozofije. Među raznim temama, među ostalim, u njemu Petrić razmatra bit i značaj matematike. Daje odgovor na pitanje što je matematika i rješava problem položaja matematike u općoj klasifikaciji znanosti i filozofije. Vezu matematike s realnim svijetom, jedno od ključnih pitanja u svakom filozofskom sustavu, nije nigdje eksplicitno razradio, ali ona se može interpretirati na temelju drugih njegovih djela, npr. iz rasprave o brojevima u djelu *Discussionum peripateticarum*. Prema Petriću prostor je jedno od načela koja proizvode realni svijet, pa tako matematika kojoj je prostor predmet također sudjeluje u realnom svijetu. U razmatranjima taj prostor povezuje sa svjetlošću, toplinom i fluorom. Zaključuje da na taj način matematika određuje zakonitosti realnog svijeta, što je zastupao i Platon, ali je veza matematike s realnim svijetom mnogo argumentiranja u Petrićevoj prirodnoj filozofiji nego u Platonovoj. Premda s polazištem u filozofiji, njegova neoplatonistička razmišljanja bila su važna karika u daljnjem

¹⁰Ž. Dadić, *Povijest ideja i metoda u matematici i fizici*, Zagreb 1992., str. 77–78.

¹¹Opširnije o djelu *O novoj geometriji* i Petrićevoj matematičkoj filozofiji vidi u knjizi Žarko Dadić, *Franjo Petriš – Franciscus Patricius*, Školska knjiga Zagreb, 2000., str. 156–162, 164–170 i 172–177.

razvoju egzaktnih znanosti. Općenito, neoplatonizam je u XV. i XVI. st. imao vrlo značajnu ulogu u formiranju novih znanstvenih koncepcija, što se odrazilo i na stvaranje novih gledišta u području matematičke filozofije. Petrić je kao neoplatonist podržavao postojanje *nedjeljivih dijelova* u fizici i matematici. To je gledište pogodovalo obnovi atomizma u fizici i u inzistiranju na nedjeljivim dijelovima u matematici, kojima se željela objasniti struktura svijeta i matematičkih objekata. U dotadašnjoj zapadnoeuropskoj tradiciji dominiralo je Aristotelovo gledište i njegov dokaz protiv mogućnosti postojanja pojma nedjeljivih dijelova. Frane Petrić i Giordano Bruno neovisno su dali interpretaciju koja obezvređuje Aristotelov dokaz. Aristotel je smatrao da se ne može prihvatiti pojam nedjeljivog dijela jer u takvu prihvaćanju postoji kontradikcija. Odnosno: ako nedjeljivi dio nema dijelova, onda se ni dva dijela ne mogu dodirivati jer bi se dodirivala u jednom dijelu nedjeljivog dijela, a tog dijela nema. Prema Petriću, točka nije dio prostora, pa tako ni dužine, nego samo postoji u prostoru. Ona, dakle, nije dio nedjeljivog dijela, pa se nedjeljivi ne dodiruju u dijelu nedjeljivog dijela, nego samo imaju zajedničku granicu tih nedjeljivih dijelova. Iz takve interpretacije slijedi da ne postoji nikakva kontradikcija u postojanju nedjeljivih dijelova te se mogu slobodno upotrebljavati u tumačenju matematičkih objekata i strukturi svijeta. Petrić je također smatrao da je nedjeljivi dio dužine opet dužina, a nedjeljivi dio površine opet površina. Nedjeljivi su se dijelovi tad upotrebljavali i shvaćali ponekad kao točke, a ponekad kao nedjeljive dužine, ako su bili posrijedi nedjeljivi dijelovi crte. Aktualizacija pojma nedjeljivih dijelova (geometrijskih objekata i fizikalnih veličina) bila je vrlo značajna te su je do sredine XVII. st. prihvatili mnogi matematičari i fizičari i koristili ih u dokazima (Galileo Galilei, Johannes Kepler i dr.). Upravo su Petrićevi plodonosni stavovi bili značajna karika u lancu daljnjeg razvoja znanstvene misli. Matematičar Bonaventura Cavalieri (1598. – 1647.) stavlja nedjeljive dijelove u temelj svojih istraživanja i za njih uvodi pojam *indivizibila*, kojima je označavao infinitezimalne elemente. Tijekom XVII. st. daljnjom aritmetizacijom indivizibila i doprinosima Pascala, Leibniza, Fermata, Descartesa i Newtona postupno je došlo do pojave infinitezimalnog računa. Tek se Newton u zreloj fazi svojeg rada oslobodio pojma indivizibila i primijenio granični postupak.

7. Petrićeva kozmologija i njegovo viđenje astronomije

Najznačajnije Petrićevo djelo *Nova de universis philosophia* sinteza je duha svojeg vremena, snažno obilježenog neoplatonizmom, koji je tijekom XVI. st.

mijenjao peripatetičku sliku svijeta i uvodio posve nova gledišta. Pod njihovim utjecajem postupno se stvarala nova prirodoznanstvena i prirodnofilozofska slika svijeta. Pišući u duhu neoplatonističke renesansne tradicije, Petrić se kritički suprotstavlja Aristotelovoj peripatetičkoj filozofiji i uspijeva istodobno biti izvoran, preobražavajući preuzete ideje u novi teorijski oblik i dajući im značenje u skladu s vremenom u kojem je stvarao. U tom smislu Petrić izvornošću i iznimnim poznavanjem ukupne dotadašnje filozofije nadvisuje suvremenike, a njegovo djelo nosi smjernice daljnjeg kretanja znanosti prema novovjekim

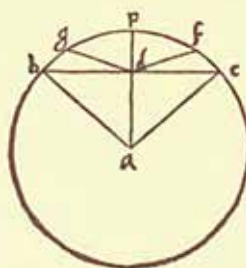
Petrišev crtež kojim dokazuje da voda ne čini kuglu, *Pancosmia*, list 129v

Petriš's drawing showing that water does not make up a sphere, *Pancosmia*, fol. 129v

Petrišev crtež kojim dokazuje da zemlja i voda nisu okrugle, *Pancosmia*, list 132v

Petriš's drawing demonstrating that earth and water are not round, *Pancosmia*, fol. 132v

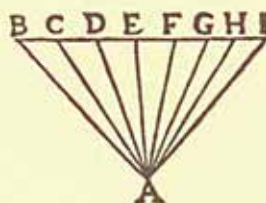
cus. Quam vero ambo figuratam proponunt demonstrationem, magno æquiuoco, & fallacia laborat. Ea est huiusmodi.



Inquiunt. Lineam A, D, minorem esse reliquis tribus ab eodem centro ad circumferentiā ductis. Quia D. sit centro vicinior, & ideo declinior. Igitur per axioma, aqua ad declinem locū tā diu fluat, quousq; ad E assurgat, vt ipsis B, C, fiat equalis. Vt hoc alibi cōcedatur, in mari magno atque Oceano nō cōcedetur. At nec cōcedetur alibi,

Inquiunt. Lineam A, D, minorem esse reliquis tribus ab eodem centro ad circumferentiā ductis. Quia D. sit centro vicinior, & ideo declinior. Igitur per axioma, aqua ad declinem locū tā diu fluat,

dunt, neque descendunt. Neque se se de loco trudent, neque in decliue fluunt, nisi pars inferior vi e suo loco abstrahatur. Exemplo a



Clauio, alia in causa proposito id sit manifestum. Nā si vnum tantum est centrum A. terræ aut vel aquæ partes in plano constitutæ. B. C. D. E. F. G. H. I. omnesque ad ipsum vergant, & inclinationem habeant, neque a suis abibunt locis. Et si summota pars inferior fuerit, suo quæque itinere, non autem omnes ad

Clauio, alia in causa proposito id sit manifestum. Nā si vnum tantum est centrum A. terræ aut vel aquæ partes in plano constitutæ. B. C. D. E. F. G. H. I. omnesque ad ipsum vergant, & inclinationem habeant, neque a suis abibunt locis. Et si summota pars inferior fuerit, suo quæque itinere, non autem omnes ad

Slika 2.: Petrićev crtež kojim dokazuje da zemlja i voda nisu okrugle, *Pancosmia*, list 132v

strujama. U djelu *Nova de universis philosophia* u cijelosti je raskinuo s astronomskim pogledima kakve je imala većina njegovih suvremenika te je odbacio mnoga vjerovanja koja su bila smetnja daljnjem razvitku astronomske slike svijeta. Djelo je strukturirano u četiri posebne tematske cjeline. S obzirom na sadržaj koji je u njima obrađen, dao im je grčke nazive: *Panaugia* (Svesvjetlost), *Panarchia* (Svepočelo), *Pampsyhia* (Sveduša), *Pancosmia* (Svesvijet).

U cjelini *Panaugia*, sastavljenoj od deset poglavlja (tzv. knjiga) Petrić izlaže svoju metafiziku svjetla, raspravlajući o pojmovima svjetla i svjetlosti, zrakama, prozirnomo i mračnom, o nebeskom i nadnebeskom svjetlu i na kraju o izvoru svjetlosti. Svoju teoriju Petrić gradi nasuprot Aristotelovoj, a u tezama Platona, Plotina, Parmenida, Filona, Zaratustre i Hermesa Trismegistosa pronalazi polazišta za svoje izvorne teze.¹²

U cjelini *Panarchia* razrađuje učenje o početlu svega. Izlaže ideju prassvjetla kao jedinstvenog pranačela sveukupne zbilje i njezina mnoštva. Raspravlja o početlima svega postojećeg i kritički se osvrće na Aristotelovo učenje, a kao ispravne navodi teze Platona, Parmenida i Anaksagore. Donosi svoj sustav hijerarhije svih bića, koja izviru iz jednog prapočela: jedinstvo, bit, život, inteligencija, duša, priroda, kvaliteta, oblik i tijelo. Prva četiri bića predstavljaju ona nerazoriva i netjelesna, a zadnja četiri preko duše kao vječnog i jedinog pokretača predstavljaju razvojna i tjelesna bića. Na temelju izložene hijerarhije Petrić izvodi teze o prapočetlu i dokazuje njegovo jedinstvo.¹³

Treća tematska cjelina razrađuje učenje o praduši i sveduši, tj. obrazlaže teoriju o univerzalnoj duši svijeta. Petrić tu raspravlja o dušama svijeta, nebesa, sfera, zvijezda, pratvari, ljudi, životinja, biljaka i svega ostalog. Prema Petriću, priroda je odraz božanskog prassjaja, ali kako on dijeli tjelesno od duhovnog, koji ne mogu imati međusobnog dodira, potreban je posredni agens koji osigurava vezu tih dvaju područja. To je svjetlo i toplina s jedne strane i duša s druge. Oni sudjeluju u duhovnom načelu, ali mogu se udružiti s tvari i tako joj

¹²U *Panaugiji*, napisanoj aristotelovskom metodom, Petrić donosi ljestvicu devet rodova bića koja su poredana redom nastanka, počevši od prvog i najvišeg bića, a to je Jedno (*Unum*) tj. Bog. Sve je sadržano u Jednom i sve je stvoreno od njega. Devet rodova bića može se podijeliti u dvije osnovne grupe: tjelesna i netjelesna bića. Duša je jedina koja je i tjelesna i netjelesna, ona posjeduje oba svojstva. Budući da je duša i tjelesna i netjelesna, ona prevladava jaz koji postoji između tjelesnih i netjelesnih bića, dakle duša ima posredničku ulogu. Osim devet rodova bića Petrić, koristi i sljedeća četiri počela: prostor (*spacium*), svjetlost (*lumen*), toplina (*calor*) i fluid (*fluor*).

¹³U *Panarchiji*, koju je napisao vlastitom metodom, bavi se promišljanjem prvih počela, Trojstva te razumom i razumima. Prvo počelo određuje kao Jedno, koje u skladu s kršćanstvom promatra kao trojedno počelo. Petrić smatra kako se učenje o trojednom početlu može pronaći već i kod Hermesa Trismegistosa, Zaratustre i Kaldejaca. Nadalje, iz trojednog načela izvode se ostali stupnjevi bića: jedinstva – jednoće (*unitates*) ili ideje, bit (*essentia*), život (*vita*), razum (*intellectus*), duša (*anima*), priroda (*natura*), svojstvo (*qualitas*), oblik (*forma*) i tijelo (*corpus*).

omogućiti aktivnost. Iskonski božanski prasjaj poprima materijalni oblik u svjetlosti i toplini Sunca i zvijezda i to je glavni pokretač u prirodi.

Najopširnija je zadnja cjelina, u kojoj autor tematizira posljednja četiri stupnja bića: prirodu, svojstvo, oblik i tijelo. U podnaslovu najavljuje da će se koristiti platonovskom metodom. Unutar trideset dva poglavlja, u okvirima vlastitog prirodnofilozofskog sustava, utemeljenog na Platonovoj teoriji, te postignućima suvremenika kao što su Nikola Kuzanski, Bernardin Telezije, Nikola Kopernik, Tycho Brahe i drugi, Petrić obrađuje velik broj tema i temeljnih problema s područja matematike, fizike, astronomije, prirodne filozofije, oceanografije i meteorologije. Raspravlja i o mnogim aktualnim problemima onodobne fizike te razmišlja o početlu i ustrojstvu tjelesnog svijeta, prije svega problemima vezanim uz astronomiju. Tako smatra kako je Zemlja okrugla oblika i nema središte jer je to nemoguće zbog nepravilnosti na njoj. Ona se nalazi u središtu svemira, ali s obzirom na to da sama nema središte, ne može se poklapati središte Zemlje i središte svemira.

Kopernik je svoj heliocentrični sustav nastojao pomiriti s Aristotelovom prirodnom filozofijom uvođenjem nekih platonističkih gledišta. Međutim, pri tom je zadržao bitne postavke Aristotelove prirodne filozofije, posebno jednoliko gibanje planeta po kružnici i postojanje sfere zvijezda stajačica. Upravo zato nije mogao dovoljno opravdati novi sustav. Da bi se dobio posve novi sustav svijeta, bilo je potrebno odbaciti te pretpostavke, a to je načinio upravo Frane Petrić. Važno je naglasiti da su mnogobrojne Petrićeve ideje i gledišta izneseni u tom djelu našli odraza i u djelima drugih istaknutih znanstvenika kao što su: Giordano Bruno, Galileo Galilei, Johannes Kepler, Tommaso Campanella, Pierre Gassendi, René Descartes, Gottfried Wilhelm Leibniz i Isaac Newton.¹⁴

¹⁴Stavove i ideje Frane Petrića u svojim djelima spominju znameniti filozofi i mislioci: isusovac Antonio Possevino, humanist Justus Lipsius, filozof Marko Antun de Dominis, filozof i državnik Francis Bacon, matematičar i astronom Johannes Kepler, filozof i astronom Pierre Gassendi i drugi.

Literatura

- [1] Dadić, Žarko, *Povijest ideja i metoda u matematici i fizici*, Školska knjiga, Zagreb, 1992.
- [2] Dadić, Žarko, *Franjo Petriš / Franciscus Patricius*, Školska knjiga, Zagreb, 2000.
- [3] Girardi-Karšulin, Mihaela, *Filozofska misao Frane Petrića*, Odjel za povijest filozofije Instituta za povijesne znanosti Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1988.
- [4] Høyrup, Jens, *Filozofija: slučaj, epifenomen ili sinergijski uzrok promjena trendova u matematici*, GPF 5 (5), Zagreb, 1987.
- [5] Patricius, Franciscus / Petrić, Frane, *Nova de universis philosophia / Nova sveopća filozofija*, preveli Tomislav Ladan i Serafin Hrkać, Sveučilišna naklada Liber, Zagreb, 1979.
- [6] Patricius, Franciscus / Petrić, Frane, *Discussionum peripateticarum tomus tertius / Peripatetičke rasprave, svezak treći*, s latinskog preveli Tomislav Čepulić i Mihaela Girardi-Karšulin, Girardi-Karšulin, Mihaela i Perić, Olga (ur.), Institut za filozofiju, Zagreb, 2009.
- [7] Patricius, Franciscus / Petrić, Frane, *Discussionum peripateticarum tomus quartus (Liber I–V) / Peripatetičke rasprave svezak četvrti (Knjiga I.–V.)*, s latinskog prevela Mihaela Girardi-Karšulin i Ivan Kapec, Mihaela Girardi-Karšulin, Ivica Martinović, Olga Perić (ur.), Institut za filozofiju, Zagreb, 2012.
- [8] Patricius, Franciscus / Petrić, Frane, *Discussionum peripateticarum tomus quartus (Liber VI–X) / Peripatetičke rasprave svezak četvrti (Knjiga VI.–X.)*, s latinskog prevela Mihaela Girardi-Karšulin, Mihaela Girardi-Karšulin, Ivica Martinović, Olga Perić (ur.), Institut za filozofiju, Zagreb, 2012.
- [9] Patricius, Franciscus / Petrić, Frane, *Discussionum peripateticarum tomus secundus (Liber I–IV) / Peripatetičke rasprave svezak drugi (Knjiga I.–IV.)*, s latinskog preveo Luka Boršić, Erna Banić-Pajnić, Luka Boršić, Mihaela Girardi-Karšulin (ur.), Institut za filozofiju, Zagreb, 2013.
- [10] Patricius, Franciscus / Petrić, Frane, *Discussionum peripateticarum tomus secundus (Liber V–VIII) / Peripatetičke rasprave, svezak drugi (Knjiga V.–VIII.)*, s latinskog preveo Luka Boršić, Erna Banić-Pajnić, Luka Boršić, Mihaela Girardi-Karšulin (ur.), Institut za filozofiju, Zagreb, 2013.

Franciscus Patricius and his Understanding of Mathematics

Marijana Borić

Abstract: Franciscus Patricius was one of the most important Croatian scientists. He was a typical Renaissance philosopher, polymath and erudite. Thanks to his scientific status, fame, productivity and reputation he was among the greatest Croatian Renaissance scientists who contributed to the Western science and philosophy at most. Franciscus Patricius was the last Neoplatonist of his age. During the 16th century, Neoplatonism played a decisive role in instituting mathematics as a leading science, which influenced not only the future development of mathematics but also brought about a completely new understanding of natural sciences. Patricius wrote many works which contributed to the various scientific fields. He was mainly interested in mathematics, especially in its theoretical aspects. He condemned many traditional scientific views which represented a great obstacle to the further development of exact sciences. He influenced the new astronomical picture of the world and contributed to the acceptance of the theory of the Earth's motion formulated by Nicolaus Copernicus. As a matter of fact, in this period Copernicus' theory was rejected as a pure hypothetical mathematical model of the solar system. Patricius' works were indispensable for the further development of sciences. This fact is corroborated by the scientific conceptions of Giordano Bruno, Galileo Galilei, Johannes Kepler, René Descartes, Gottfried Wilhelm Leibniz and Isaac Newton. Although Patricius was mainly focused on philosophy, he was engaged in the theoretical and practical aspects of sciences as well. He thus considered hydrological problems as well as the questions of irrigation and agromelioration.

Key words: Franciscus Patricius, mathematics, philosophy, Renaissance, early modern natural sciences

Marijana Borić

Osobitosti Vrančićevih tehničkih konstrukcija u vezi s razvojem matematike i njezine primjene u znanosti i tehnici

Sažetak: Faust Vrančić (Šibenik, 1551. – Venecija, 1617.), jedan je od najsvestranijih hrvatskih humanista polihistora koji je svojom znanstvenom, intelektualnom i diplomatsko-političkom aktivnošću na prijelazu iz XVI. u XVII. st. ostavio neizbrisiv trag ne samo u hrvatskoj, nego i u europskoj znanosti i kulturi. Budući da njegov opus uključuje filozofska, lingvistička, povijesna, hagiografska i prirodosnanstvena djela na latinskom i hrvatskom jeziku, predmet je istraživanja širokog kruga stručnjaka iz različitih znanstvenih disciplina. U radu se s više aspekata prikazuje najpoznatije Vrančićevo djelo, tehnički priručnik *Machinae novae*, te se znanstveno relevantno propituje njegov značaj za razvoj tehnike i doprinos europskoj intelektualnoj kulturi tog vremena. Objašnjava se Vrančićevo školovanje i stasanje u jednog od najistaknutijih tehničkih pisaca tog doba te po važnim značajkama analizira struktura i sadržaj djela *Machinae novae* kojim je postigao svjetsku slavu. Zbog svojeg se značaja djelo metodološki i sadržajno uspoređuje sa zapadno-europskom renesansnom znanstvenom i tehničkom literaturom i tradicijom.

Ključne riječi: Faust Vrančić (Faustus Verantius), hrvatska znanstvena baština, renesansa, povijest tehnike, izumi, *Machinae novae*

Uvod

Obljetnica tiskanja djela *Machinae novae* (Venecija, 1615./1616.), prvog tehničkog priručnika hrvatskog autora Fausta Vrančića, prilika je da se ukaže na specifičnosti njegova rada, istaknu vrijednost i osobitosti njegovih konstrukcija,

i da se njegov rad protumači u kontekstu razvoja zapadnoeuropske renesansne znanosti. Tehnički problemi kojima su se bavili konstruktori XVI. st. bili su u uskoj vezi s fizikom, ali još se uvijek nije moglo primijeniti postignuta fizikalna znanja i rezultate u rješavanju tehničkih problema tog doba. Naime, u XVI. st. dolazi do novih fizikalnih saznanja, obnovljen je heliocentrični sustav, uvodi se fizika na temelju Arhimedove i Platonove tradicije, ali još nije bila u potpunosti izgrađena simbolička algebra, koja se pojavljuje koncem tog stoljeća, a čija je afirmacija, zajedno s razvojem matematičkih metoda, bila potrebna da se ispune svi uvjeti potrebni za pojavu nove fizike i novih područja matematike.¹

U nizu istaknutih hrvatskih renesansnih mislilaca koji su pridonijeli razvoju zapadnoeuropske znanosti posebno mjesto zauzima Faust Vrančić. Djelovao je kao izumitelj, konstruktor, tehnički pisac, jezikoslovac, filozof, teolog te pisac književnih i povijesnih djela. Napisao je više djela među kojima se posebno ističu petojezični *Dictionarium* (Venecija, 1595.), prvi hrvatski rječnik u kojem je uvrstio dalmatinski (hrvatski) jezik u društvo pet najizvrsnijih europskih jezika, te tehničko djelo *Machinae novae* (Venecija, 1615./1616.), koje je zbog svojeg značaja i u novije doba doživjelo nekoliko izdanja: njemačko (Heinz Moos Verlag München, 1965.), talijansko (ur. Umberto Forti, Ferro, Milano, 1968.), mađarsko (Magveto Könyvkiadó, Budapest, 1985.) i hrvatsko (Novi Liber – Zagreb, Gradska knjižnica “Juraj Šižgorić”, Šibenik, 1993.).

Obljetnica velikog djela *Machinae novae* povod je da se podsjetimo Vrančićevih osobitosti i sagledamo njegove raznolike i sveobuhvatne doprinose. Dao je prinose u različitim područjima i aspektima ljudskog življenja. Premda nije pisao matematička djela, zanimala ga je matematika. Proučavao je Euklidove *Elemente* (IV. st. pr. Kr.), jedno od najutjecajnijih djela antičke tradicije. Euklid, koji se smatra začetnikom aksiomatike, tim je djelom presudno utjecao na matematiku u sljedećih dvadeset stoljeća. Koncem renesanse *Elementi* postaju temeljem daljnjeg razvoja matematike. To je Euklidovo djelo u svojem integralnom obliku bilo nepoznato zapadnoeuropskim matematičarima većim dijelom srednjovjekovlja. Srednjovjekovni matematičari, po uzoru na Severina Boetija (480. – 524./525.), najistaknutijeg matematičara tog doba, koristili su se samo iskazima pojedinih teorema i poučaka, bez upotrebe dokaza i strogog aksiomatskog deduktivnog sustava, koji je bit Euklidova djela.²

¹Razvoj egzaktnih znanosti u doba renesanse opisan je u knjizi Žarka Dadića *Povijest ideja i metoda u matematici i fizici*, Školska knjiga, Zagreb, 1992., str. 79–83 i 88–92.

²O značenju Euklidovih *Elementa* za razvoj zapadnoeuropske matematike vidi u knjizi Žarka Dadića *Povijest ideja i metoda u matematici i fizici*, Školska knjiga, Zagreb, 1992., str. 38–45.



Slika 1.: *Machinae Novae*, naslovna strana

Prvi prijevodi integralnog djela s arapskog na latinski jezik nastaju u XII. stoljeću.³ U renesansi se tiskaju prva latinska izdanja Euklidovih *Elemenata*, te djelo postaje ponešto dostupnije u znanstvenim i matematičkim krugovima. Zanimljivo je da se u franjevačkom samostanu u Šibeniku, koji posjeduje vrijednu zbirku inkunabula, čuva i primjerak inkunabule Euklidovih *Elemenata* (Venecija, 1482.), kojim se služio sam Faust Vrančić. Sačuvani primjerak iz XV. st. sadrži njegovu rukom dopisanu bilješku i kratku dopunu, vjerojatno dijelom preuzetu iz nekog kasnijeg izdanja Euklidovih *Elemenata*. Sačuvana inkunabula iz franjevačkog samostana u Šibeniku dragocjeno je svjedočanstvo Faustova interesa i poznavanja matematike, s obzirom na to da je u formalnom obrazovanju, prema željama strica Antuna Vrančića koji se skrbio o njegovu školovanju, bio usmjeren prema humanističkim znanostima.

³Brojni izvornici značajnih djela grčke znanosti s vremenom su se zagubili, ali su djela ostala sačuvana u arapskim prijevodima. S arapskim prodorom na europsko tlo prenose se i zagubljena djela te počinje u XII. st. sustavno prevođenje u prevoditeljskim središtima na jugu Europe. Prvi prijevod Euklidovih *Elemenata* s arapskog na latinski načinio je Adelard iz Batha. Euklidovi *Elementi* utjecali su na razvoj zapadnoeuropske matematike gotovo dvije tisuće godina nakon nastanka. Značajnu ulogu u nastanku revizije prvog prijevoda s arapskog na latinski jezik Euklidovih *Elemenata* imao je prvi veliki hrvatski znanstvenik i prevoditelj Herman Dalmatin. O Hermanovu radu na reviziji prijevoda Euklidovih *Elemenata* te radu na matematičkim problemima i primjeni matematike piše Žarko Dadić u monografiji: *Herman Dalmatin*, Školska knjiga, 1996., str. 170–185., i u knjizi: *Na razmeđu civilizacija*, Izvori, Zagreb, 2013., str. 115–128.

1. Patricijska obitelj Vrančić

Faust Vrančić rođen je 1. siječnja 1551. u Šibeniku, od oca Mihovila Vrančića i majke Katarine, rođene Dobrojević, u uglednoj šibenskoj plemićkoj obitelji koja je rodbinskim vezama bila povezana s istaknutim velikašima. Smatra se da je obitelj pripadala bosanskom plemstvu te je u XIV. st. pred Turcima doselila u Šibenik. Prvi put spominje se 1360. godine u dokumentima grada Šibenika, kad je u spisima zabilježeno ime Nikole Vrančića. Tijekom vremena obitelj Vrančić rodbinski se povezala s nekoliko istaknutih plemićkih obitelji. Među njima isticale su se obitelji Divnić, Statilić i Berislavić. Tako se Frane Vrančić, praunuk Nikole Vrančića, oženio Margaretom Statilić, sestrom šibenskog i erdeljskog biskupa Ivana Statilića (1472. – 1528)⁴. Osim toga, Margareta teta Mandaljena Statilić bila je majka hrvatskog bana, diplomata, tajnika hrvatsko-ugarskog kralja i vesprinskog biskupa Petra Berislavića. Dio tradicije obitelji Vrančić bilo je pomaganje u obrazovanju nadarenim članovima. Velik se društveni značaj pridavao naobrazbi mladih. Tako su se biskup Ivan Statilić i ban Petar Berislavić skrbili o školovanju Faustova oca Mihovila i strica Antuna Vrančića, dvojice sinova od ukupno desetero djece Faustova djeda Frane Vrančića. Nastavivši obiteljsku tradiciju uzajamnog pomaganja, Antun Vrančić skrbio se za školovanje nekolicine štićenika, među kojima se isticao Faust Vrančić, sin njegova mlađeg brata Mihovila u čiji je odgoj i obrazovanje uložio najviše ljubavi i truda. Prema sačuvanoj prepisci između Mihovila i Antuna Vrančića vidljivo je da su braća cijelog života bila vrlo privržena i privatno i poslovno te su Fausta podizali kao zajedničkog sina.

2. Školovanje Fausta Vrančića

Vrančić je početno humanističko obrazovanje stekao u Ugarskoj, kamo je iz rodnog Šibenika stigao u dobi od oko deset godina, na poziv strica Antuna, crkvenog dostojanstvenika, cijenjenog diplomata, državnika, nadbiskupa ostrogonškog i primasa Kraljevine Ugarske⁵. Antun Vrančić u Vatikanu je uživao takav ugled da ga je pred sam kraj života papa Grgur XIII. planirao imenovati kardinalom priznajući mu znatne zasluge za kršćanski svijet u vremenima kad su se vodile žestoke borbe za obranu od Turaka. Antun Vrančić se prema obiteljskoj tradiciji skrbio za Faustovo školovanje. Nakon Ugarske, Faust u dobi

⁴Vladimir Muljević, *Faust Vrančić prvi hrvatski izumitelj*, Hrvatska zajednica tehničke kulture, Zagreb 1998., str. 11–13.

⁵Katlin Varga, *Verancsics Faustus, a humanista tudós*, u: *Verancsics Faustus, Machinae novae és más muvei*, Budapest, 1985., str. 366–367.

od osamnaest odlazi na studij prava i filozofije u Padovu, a pokazivao je interes i za područja prirodnih znanosti. Nakon studija dopunjavao je znanja iz različitih izvora. Zanimale su ga tehnika i konstrukcije, a poznavao je i prirodne znanosti svojeg doba. U Rimu je 1. siječnja 1575. primljen u članstvo Hrvatske bratovštine sv. Jeronima,⁶ a nakon toga vraća se u Ugarsku.

U literaturi o Vrančiću zabilježeno je da je u Ugarskoj proučavao djela poznatog engleskog filozofa Rogera Bacona (1214. – 1294.), promicatelja induktivne metode u znanosti, te velikog vizionara tehničkog razvitka.⁷ Međutim, do trenutka zaključenja teksta nisam našla dokument koji bi sa sigurnošću potvrdio taj navod. Prvi je to zapisao ugledni povjesničar i arhivist Emil Laszowski u leksikonu *Znameniti i zaslužni Hrvati te pomena vrijedna lica u hrvatskoj povijesti od 925. do 1925.* U dijelu teksta posvećenom Vrančiću, Laszowski navodi kako je proučavao Bacona, Descartesa, Hofmanna i Galileija.⁸ Budući da Baconu ne navodi ime, nije jasno je li riječ o Rogeru Baconu ili Francisu Baconu. Autori koji su prema Laszowskom prenosili taj navod očito su bili skloniji mišljenju da je riječ o Rogeru Baconu, te se njegovo ime kao Vrančićeva uzora prenosilo u kasnijoj literaturi.⁹

Vjerojatno također prema Laszowskom, kad se spominju Vrančićevi uzori u novijoj se literaturi o Vrančiću navodi kako su Fausta zanimala djela i pokuši znamenitog Galilea Galileija (1564. – 1642.).¹⁰ Međutim, među Vrančićevim spisima nema sačuvanih dokumenata koji bi nas upućivali na takav zaključak.

U svojim djelima Galilei je promicao razvoj matematičkih metoda i njihovu primjenu u prirodnim znanostima te sustavno korištenje pokusa kao osmišljenog i metodički osvijestjenog postupka, kojim postavljamo pitanja i dolazimo do istinskog znanja o prirodi i pojavama u svijetu oko nas. Međutim, ni u Vrančićevim objavljenim djelima, ni u sačuvanim spisima ili dokumentima nema teksta koji bi potvrdio da je Vrančić poznavao i pratio radove Galilea Galileija. Štoviše, uvidom u Vrančićev priručnik *Machinae novae* vidljivo je da se koncepcija komentara na projekte u djelu ne oslanja na matematička, bilo geometrijska ili numerička kvantitativna tumačenja, nego su opisi fenomenološki, a tumačenja kvalitativna. Premda Vrančić ponešto koristi fizikalna znanja svojeg vremena s kojima raspolaže, ona su u većoj mjeri empirijska, a manje

⁶Krsto Stošić, *Galerija uglednih Šibenčana*, Šibenik, 1936., str. 12.

⁷V. Muljević, isto, str. 18.

⁸*Znameniti i zaslužni Hrvati te pomena vrijedna lica u hrvatskoj povijesti od 925. do 1925.*, (ur. Emil Laszowski), Zagreb 1925., str. 280.

⁹V. Muljević, isto, str. 18.

¹⁰V. Muljević, Vladimir, isto, str. 18. Suprotno navodima iz literature o Vrančiću, danas nema nikakve potvrde o tome da je Vrančić imao poticaje u radovima Galileija, koji je njegov mladi suvremenik. Galilei je bio profesor matematike na Sveučilištu u Padovi, ali nakon vremena Vrančićeva studija.

teorijska, dok matematički ili numerički pristup nije prisutan u izloženim projektima. Tek se ponegdje mogu pronaći u pokojem projektu samo tragovi, ali svedeni su na elementarni opis ili odnos te nipošto nisu sustavno i metodološki korišteni. Galilei je promicao zamisao da je knjiga prirode napisana jezikom brojeva, a Faust Vrančić svoj je tehnički opus dovršio upravo u vrijeme kad se ta plodonosna zamisao tek počela afirmirati, prvo u znanosti, a tek potom u tehnici. Stoga je Vrančić kao i mnogi drugi njegovi suvremenici, inženjeri i konstruktori, svoje tehničko projekte u djelu *Machinae novae* opisivao samo fenomenološki te ih gledano iz aspekta renesansne primjene matematike i matematičkih metoda koncipirao na potpuno drukčijem metodološkom pristupu od onog koji je zastupao Galilei.¹¹

Premda školovan na dotadašnjoj aristotelovskoj tradiciji, Vrančić pokazuje određena odstupanja od tradicionalnog pristupa te pojedini autori navode kako su mu poznata i neka nova fizikalna saznanja, pozivajući se na pojedine projekte iz djela *Machine novae*.¹² Njegovo djelo nastalo je koncem razdoblja u kojem su se još dijelom zastupale stare koncepcije, a nakon toga postupno se afirmirao novi pristup utemeljen na primjeni matematičkih metoda.

Od kasne renesanse fizika se više ne temelji na kvalitativnim razmatranjima koja su bila temeljem Aristotelove fizike (prirodne filozofije), nego se pod utjecajem platonizma zastupa matematička interpretacija prirodnih pojava. Takva matematička interpretacija prirodnih pojava uključivala je i kvantitativna razmatranja prirodnoznanstvenih problema, koja od druge pol. XVI. st. postupno dobivaju sve veću važnost. Aristotelove kvalitete zamjenjuju se Arhimedovim kvantitetama, sa sviješću da se samo čvrstim temeljima matematičke filozofije, nadahnute Arhimedom i Platonom, može utemeljiti nova fizika i matematika,

¹¹O Galileijevu doprinosu zasnivanju moderne znanosti vidi u: Rossi, Paolo, *The Birth of Modern Science*, Blackwell Publishing, 2000., str. 73–98.

¹²Vladimir Muljević, *Faust Vrančić prvi hrvatski izumitelj*, Zagreb 1998., str. 47. Vrančić je odstupanje od tradicionalnog aristotelizma pokazivao i u filozofskom radu. Naime u zrelijoj je dobi pisao i filozofska djela u kojima je vidljivo odstupanje od aristotelovske tradicije koju je usvojio školovanjem u Padovi. Tiskao je pod pseudonimom Justus Verax Sicensus dva filozofska djela: *Logica suis ipsius instrumentis formata* (Venecija, 1608.) i *Ethica christiana* (Rim, 1610.). Godine 1616. u Veneciji objavljuje pod pravim imenom drugo, djelomično dopunjeno i prerađeno izdanje tih dvaju djela pod naslovom: *Logica nova suis ipsius instrumentis formata et recognita. Ethica christiana*. Da se Vrančić u kasnijoj dobi nije doslovno držao Aristotelova učenja prema kojem je bio školovan, svjedoči i sadržaj njegove logike. On sam to ističe u predgovoru svoje knjige. Prema dotadašnjoj tradiciji, filozofi su uglavnom zastupali mišljenje da je određenje logike u tome što daje instrumente za spoznaju nepoznatih znanja. Vrančić nasuprot tomu zastupa mišljenje da logika uči samo načine na koji se izlaže i usustavljuje ono što nam je već poznato, a nije način na koji možemo istražiti nepoznato. O Vrančićevu filozofskom radu vidi u: Šime Jurić, *Nepoznata izdanja "Logike i etike" Fausta Vrančića*, Prilozi za istraživanje hrvatske filozofske baštine, god. IV, br. 7–8, Zagreb, 1978., str. 289–294; Srećko Kovač, *Faust Vrančić i aristotelizam u logici*, Prilozi za istraživanje hrvatske filozofske baštine, god. XIV, br. 27–28, Zagreb, 1988., str. 17–33; Krešo Čvrljak, *Kršćanska etika Fausta Vrančića kao filozofija života*, Zagreb, 1996.

što je onda rezultiralo i njihovom primjenom u tehničkim znanostima. To su bili tek počeci novog pristupa fizici, a posebno novoj mehanici koju je uobličio Galileo Galilei, sintetizirajući sve dotadašnje kritike Aristotelove peripatetičke prirodne filozofije.¹³ Sve te novosti koje nastupaju u znanosti započinju postupno još u vrijeme Vrančićeva života, a njihovo konačno metodološko i konceptualno oblikovanje te afirmacija dovršavaju se krajem Vrančićeva života i nakon njegova doba, tako da se u većoj mjeri ipak ne odražavaju na njegov rad.

3. Karakter matematike i prirodnih znanosti na prijelazu iz XVI. u XVII. stoljeće

Budući da matematika, općenito uzevši, ima visok stupanj primjene u realizaciji različitih tehničkih projekata i konstrukcija, vrijedno je pobliže odrediti karakter matematike Vrančićeva doba te ispitati razinu matematičkih znanja i vještina koje je on posjedovao. Faust Vrančić nije napisao niti jedan rad iz područja matematike, ali proučavao je Euklidovo djelo nastalo u okvirima antičke tradicije. Grčka znanost posebno je istraživana u doba renesanse i bila je svojevrsan uzor i temelj na kojem se uz nove metode pokušavala izgraditi nova znanost. Brojni su matematičari nastojali rekonstruirati i restaurirati dotad zagubljena antička djela. Primjerice, veliki hrvatski matematičar Marin Getaldić (1568. – 1626.) natjecao se s prijateljima Françoisom Vièteom (1540. – 1603.) i Alexanderom Andersonom (1582. – 1620.) u restauraciji zagubljenih djela velikog Apolonija iz Perge (III. st. pr. Kr.), koji se posebno bavio čunjosječnicama. Premda je Faust posjedovao matematička znanja, matematika nije bila u fokusu njegovih interesa. Više su ga zanimali praktični aspekti, tehnika i druga područja u kojima je svojim djelima mogao pridonijeti kvaliteti svakodnevnog života, s ciljem da ljudski život učini lakšim, boljim i dostojnijim. Vrančić se nije bavio znanošću zbog nje same, nego je svojim doprinosom nastojao da se čovjek i njegov svijet razvijaju sukladno idealima kršćanskog humanizma koji je zdušno zagovarao.

Potkraj Vrančićeva života dolazi do velikih promjena u matematici. Matematika se u renesansi smatrala idealom dokazne znanosti. Premda su snažni impulsi promjena započeli već u XII. st. kad nastaju prvi prijevodi s arapskog na latinski jezik izvornih arapskih i zagubljenih antičkih djela, bilo je potrebno nekoliko stoljeća da nastupe konceptualne promjene. Od XII. do XVI. st. uglavnom su se usvajala znanja iz tih dviju tradicija. Postupno su se akumulirala nova

¹³Konceptualne promjene u prirodnim znanostima te matematici i njezinoj primjeni, koje su nastupile na prijelazu iz renesanse u novovjekovlje, opisane su u knjizi Žarka Dadića, *Povijest ideja i metoda u matematici i fizici*, Školska knjiga, Zagreb, 1992., str. 93–97.

znanja i unapređivala zapadnoeuropska znanstvena tradicija. Matematika se dopunjavala i obogaćivala novim poučcima, rješenjima i problemima, ali sve do konca XVI. st. zadržala je konkretan značaj. Dotad još uvijek nije bilo došlo do apstrahiranja algebarskih operacija i odvajanja od njihovih objekata. Smatralo se da operacije i objekt na koji se primjenjuju tvore nedjeljivu cjelinu. Upravo stoga dotad nije ni moglo doći do pojma formule. Matematičari tog doba razmišljali su u sklopu pojedinih problema i primjera pa su s jednog konkretnog problema prelazili na drugi, bez većih uopćavanja. Korjenite promjene nastupaju na prijelazu iz XVI. u XVII. st., kad Viète uvodi novu algebru, odnosno algebarsku analizu i simboličku algebru koja računa s općim brojevima. Simbolička algebra, čijoj je afirmaciji i razvoju pridonio i Marin Getaldić omogućila je reinterpretaciju dotadašnjih matematičkih rezultata te utrla put utemeljenju analitičke geometrije i drugim novim područjima matematike.¹⁴ Općenito, tijekom XVI. st. dolazi do velikih promjena koje su otvorile vrata novovjekovnoj znanosti. Uz obnovljen heliocentrični sustav, formirane su nove neoplatonističke prirodne filozofije koje su utjecale na izgradnju novog pristupa fizici. Nova fizika zajedno s razvojem matematike i novom simboličkom algebrom postaje uvjetom za daljnju pojavu novih fizikalnih teorija, područja i prirodnofilozofskih sustava.

4. Poticaji i predlošci za izradu tehničkih projekata

Premda nije ostao trag u sačuvanim dokumentima, pretpostavlja se da je prve poticaje za oblikovanje tehničkih projekata i rješenja Vrančić dobio već vrlo mlad, kad je 1579. u dobi od dvadeset osam godina obnašao dužnost upravitelja biskupskih imanja u Veszprému. Dvije godine poslije postaje tajnik Rudolfa II. (1552. – 1612.) te seli na praški dvor gdje će niz godina obnašati razne diplomatske i državničke poslove. Nova sredina dala je Vrančiću priliku da produbi tehnička znanja. Na dvoru Rudolfa II. okupljao se kulturni krug istaknutih europskih znanstvenika i inženjera.¹⁵ Dosad nije potvrđeno kakve je znanstvene kontakte Vrančić održavao, ali neposredne uzore mogao je imati u brojnim humanistima i znanstvenicima koji su u to vrijeme također bili u službi na dvoru. Kod Rudolfa II., obrazovanog vladara i pokrovitelja znanosti i umjetnosti, bili su angažirani brojni ugledni predstavnici zapadnoeuropske

¹⁴Matematički rad i doprinos Marina Getaldića transformaciji novovjekovne znanosti detaljnije je obrađen u radovima Marijane Borić, *Getaldić, Descartes i analitička geometrija*, Prilozi za istraživanje hrvatske filozofske baštine, Zagreb, 2012., god XXXVIII. br. 1–2 (75–76), Zagreb, 2012., str. 167–196 i u *Doprinos Marina Getaldića transformaciji novovjekovne znanosti*, HUM – časopis Filozofskog fakulteta u Mostaru, br. 8., Mostar, 2012, str. 269–290.

¹⁵Vladimir Muljević, *Faust Vrančić prvi hrvatski izumitelj*, Zagreb 1998., str. 18–20.

kulture i znanosti, kao danski astronom Tyho Brache (1546. – 1601.), zatim njegov nasljednik na dvoru, autor zakona nebeske mehanike Johannes Kepler (1571. – 1630.), inženjer i graditelj Adriaen de Vries (1556. – 1626.), konstruktor mehanizama i strojeva Jacopo de Strada (1507. – 1588.), filozof i alkemičar John Dee (1527. – 1608.) i mnogi drugi. Praški znanstveni krug vjerojatno je djelovao na Faustov razvoj i oblikovanje u tehničkog pisca. Bogata knjižnica Rudolfa II. zasigurno je sadržavala i brojna tehnička djela za koja je u renesansi znatno povećan interes te je u XV. i XVI. st. nastao iznenađujuće velik broj tehničkih djela.¹⁶

Vrančić u djelu *Machinae novae* nije navodio uzore i predloške te nije poznato je li i koja od tih djela poznao. Među tehničkim djelima koja su nastajala u Vrančićevo doba, *Machinae novae* ne spada u najopsežnija, ali izdvaja se koncepcijom i obiljem novih ideja koje su znatno obogatile dotadašnju tehničku literaturu. Nije poznato kad je Vrančić točno započeo rad na pisanju tehničkog priručnika. Većinu djela dovršavao je za objavljivanje nakon 1605., nakon što je napustio Ugarsku i carske službe te se preselio u Rim. Razmišljao je i o pristupanju isusovačkom redu.¹⁷ Sklapao je prijateljstva s uglednim barnabitima, među kojima je i Giovanni Ambrogio Mazenta (1565. – 1635.), priređivač zbirke tehničkih crteža Leonarda da Vincija (1452. – 1519.). To je prijateljstvo presudno utjecalo na Vrančićev daljnji život i rad. Vrančić se uz Mazentine preporuke odlučuje pridružiti redu sv. Pavla, barnabitima. U novicijat je stupio 1608. godine, u Zagarolu kod Rima, te u njemu boravio do 1609. godine.¹⁸

Pretpostavimo li da je Vrančić prve poticaje za izradu tehničkih projekata dobio još kao mladić za vrijeme službe u Veszprému, te uvažavajući činjenicu da je *Machine novae* tiskao potkraj života, možemo reći kako se za to djelo postupno pripremao gotovo četrdeset godina, te je u njega unio ne samo vlastite ideje, nego i one respektabilne za koje je čuo od prijatelja ili ih je preuzeo vidjevši ih već realizirane u gotovim projektima na koje je nailazio u različitim gradovima Europe u kojima je živio ili kroz koje je putovao. Time se dijelom može objasniti specifična struktura i sadržaj djela *Machine novae* u kojem osim vlastitih ideja u određenoj mjeri prenosi i zamisli svojih prethodnika.

Vrančić se poput mnogih drugih inženjera, konstruktora, umjetnika i znanstvenika u doba renesanse nadahnjivao ne samo suvremenima, nego i djelima antičkih autora kao Filona iz Bizanta III. st. pr. Kr.) ili Herona iz Aleksandrije (I. st.). Posebno se u to vrijeme isticao lik Arhimeda iz Sirakuze (III. st. pr. Kr.), antičkog matematičara, fizičara i konstruktora, a njegovo je učenje dominantno

¹⁶O tome opširnije vidi u: Paolo Rossi, *The Birth of Modern Science*, Blackwell Publishing, Oxford, 2000, str. 29–32.

¹⁷Ivan Tomko Mrnavić, *Govor na pogrebu Fausta Vrančića*, Šibenik, 1993., [27], [37].

¹⁸Giuseppe Boffito, *Scrittori barnabiti, o della congregazione dei chierici regolari di San Paolo* (1533. – 1933.), Firenze, 1933., str. 148–158.

utjecalo na razvoj matematike, prirodnih znanosti i tehnike kroz čitavu renesansu. Uzori su bili i istaknuti srednjovjekovni konstruktori kao Villard de Honecourt (XIII. st), čija su djela stoljećima prenosili mlađi autori. Vrančića su također zanimale konstrukcije njegovih suvremenika, koje on potom obogaćuje vlastitim idejama, zatim ih transformira, i na koncu daje nove, tehnički savršenije projekte.

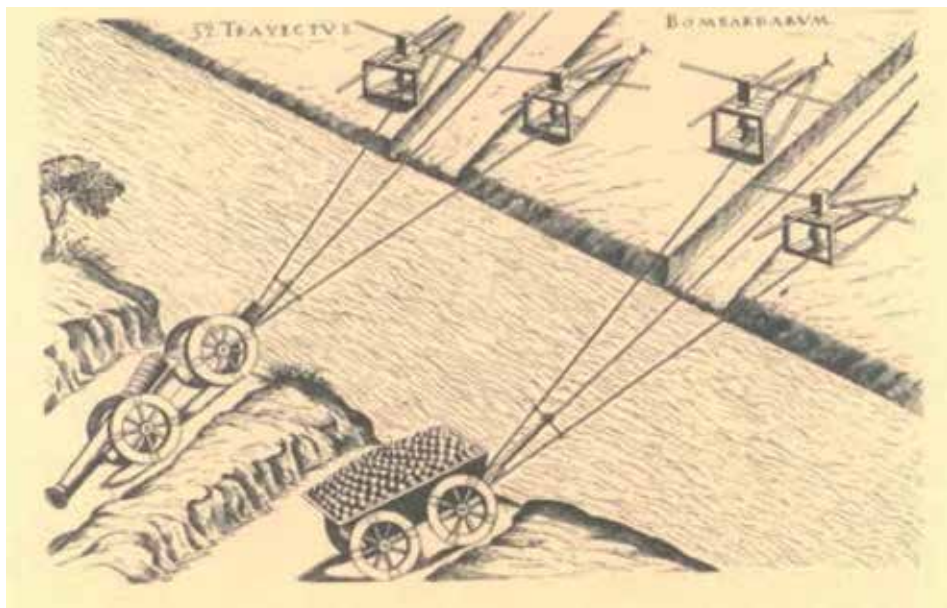
Važno je istaknuti da Vrančić nije bio fokusiran samo na razvoj ideja i naprava, nego je bio zainteresiran za cjelokupan proces: od kreiranja projekta, izrade i na koncu ubiranja novčane naknade za korištenje. O tome svjedoče patentni koje je dobivao tijekom života. Prvi zasad poznat patent Vrančiću je odobrio mletački dužd Pasquale Cicogna za određenu vrstu višenamjenskog mlina još 1590. godine¹⁹, u vrijeme dok je bio u službi Rudolfa II. Za izume u djelu *Machinae novae* Vrančić je tražio patente i dobio ih u obliku privilegija koji mu je 1614. dao francuski kralj Luj XIII. Pravedni te 1615. toskanski vojvoda Cosimo II. Medici.

5. Sadržaj, struktura i glavna obilježja djela *Machinae novae*

Djelo *Machinae novae* sadrži 49 različitih slika velikog formata. Nakon njih, Vrančić je priložio komentare na latinskom, talijanskom, španjolskom, francuskom i njemačkom jeziku, kojima je opisao 56 različitih uređaja i tehničkih konstrukcija.²⁰ Svi ti projekti nisu bili novi, ali su mnogi bili izvorno Vrančićevi i značili veliko obogaćenje dotad poznatih tehničkih oblika i konstrukcija. U djelu Vrančić razmatra različite tehničke probleme: izučava praktične hidrološke probleme, traži uzroke poplava i predlaže kako ih izbjeći, konstruira različite vrste satova, primjenjuje svojstva elastičnosti materijala za akumuliranje mehaničke energije, konstruira mlinove, mostove, razvija ideju i ulogu zamašnjaka kod pogonskih strojeva, bavi se problemima uzvodne plovidbe rijekom i prevlačenjem velikih tereta pri čemu koristi paralelogram sila koji je u to vrijeme bio novost u znanosti (pravilo izvodi Simon Stevin 1586.).

¹⁹Na taj me dokument uputio kolega Danko Zelić kojem ovom prigodom zahvaljujem.

²⁰Na djelu *Machinae novae* nije otisnuta godina izdanja. Međutim, može se zaključiti da je tiskano krajem 1615. ili početkom 1616. godine. Budući da sačuvani primjerci sadrže neke razlike, pretpostavljalo se da je osim spomenutog postojalo i neko izdanje iz 1595. ili 1605. godine. Istaknuti hrvatski povjesničar znanosti Mirko Dražen Grmek pokazao je da su takvi zaključci pogrešni te da postoji samo jedno izdanje, ono iz 1615. ili 1616. godine. O tome vidi u M. D. Grmek, *Faustus Verantius, Dictionary of Scientific Biography*, vol. XIII., Scribner's Sons, New York, 1976., str. 614.



Slika 2.: *Machinae novae*, projekt 37, prevlačenje velikih tereta na drugu stranu

Zanimaju ga tehnološki procesi, organizacija i podjela rada, te projekti rezanja, mlačenja i vršenja žita. Vrančić se u komentarima i tumačenjima projekata ne služi matematičkim aparatom, kao ni njegovi suvremenici. Važno je napomenuti s aspekta razvoja prirodnih i matematičkih znanosti da u doba renesanse matematičke metode nisu bile na takav način razvijene, niti su bili poznati pojedini fizikalni zakoni da bi se uopće mogli primijeniti u razradi projekata, onako kako se konstruira od konca XVII. st. pa sve do danas. Upravo je razvoj matematike i fizike koji je uslijedio nakon renesanse omogućio ubrzan razvoj tehnike novog doba. Stoga Vrančić, kao ni drugi tadašnji autori sličnih djela i projekata, nije mogao riješiti sve probleme kojima se bavio. Za njihovo rješenje bila su potrebna matematička, fizikalna i tehnička znanja koja su upoznata puno kasnije. Tako je, na primjer, u slučaju velikog broja Vrančićevih projekata (mlinovi, mostovi) bilo potrebno poznavati teoriju strujanja zraka i vode, za druge skupine projekata bila su potrebna statička načela i pojedini zakoni do kojih se došlo postupnim razvojem znanosti tek u XVIII. stoljeću. Stoga je važno istaknuti da je Vrančić, kao i drugi autori sličnih djela tog doba, s obzirom na stanje razvoja znanosti mogao svoje tehničke konstrukcije tumačiti i opisivati samo fenomenološki. U tom smislu njegov je rad na tehničkim projektima u potpunosti bio uklobljen u opću metodologiju i pristup tehničkih autora tog doba.

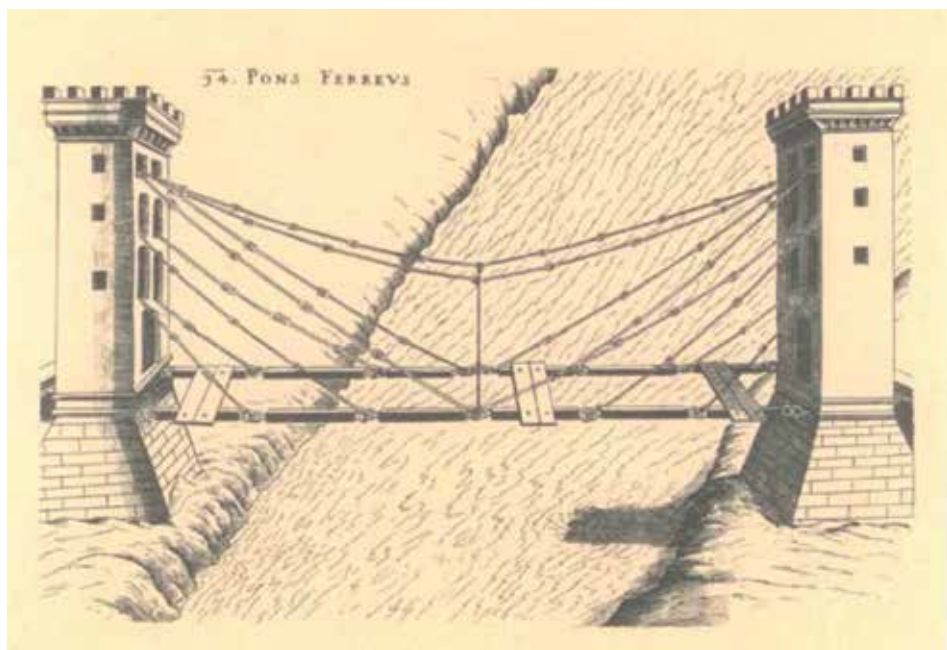
6. Popis vlastitih pronalazaka prema Faustu Vrančiću

Zanimljivo je da Vrančić na kraju djela *Machinae novae* donosi popis vlastitih pronalazaka, vjerojatno potaknut željom da načini jasnu distinkciju između vlastitih ideja i onih koje je preuzeo kao građu za potrebe svojeg tehničkog priručnika. Analizom izloženog sadržaja i komentara vidljivo je da Vrančić u djelu osim svojih pronalazaka ponekad prikazuje i takve o kojima je čitao ili ih je vidio u gradovima u kojima je boravio ili je o njima doznao preko prijatelja s kojima je dijelio zajedničke interese. Unutar poglavlja u kojem donosi popratne komentare za pojedine projekte, često navodi kako je došao do pojedine zamisli.

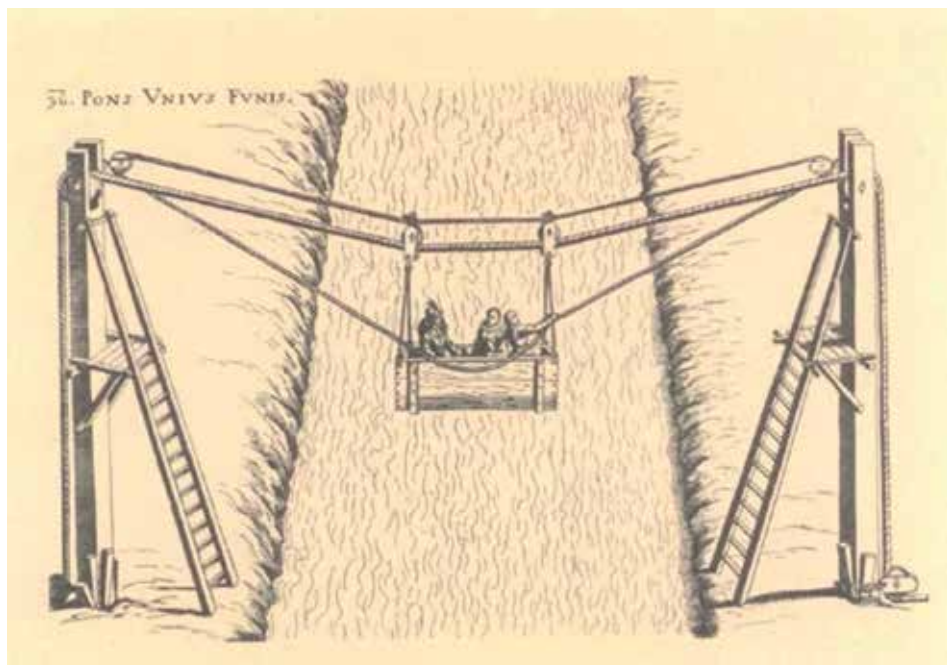
Zbog specifične strukture i sadržaja djela *Machinae novae* postavlja nam se pitanje zašto Vrančić uopće u svoje djelo uključuje tuđe projekte? U pokušaju da se odgovori i rastumači Vrančićev pristup, potrebno je to načiniti upravo u okviru strukture djela *Machinae novae*, koje je svojom koncepcijom zamišljeno kao priručnik te ima praktičnu vrijednost. Vrančić koji je očito bio tipičan primjer uspješnog ostvarenja renesansnog čovjeka poznatog pod nazivom *homo universalis*, bio je podjednako sklon teoriji kao i praktičnim aspektima njezine primjene. U djelo *Machinae novae* uključuje stoga i neke slabije poznate projekte drugih konstruktora. Metodološki, tim postiže da neki projekti zajedno s njegovim vlastitim idejama tvore cjelinu. Čitateljima je takav pristup dragocjen jer daje uvid u razvoj pojedinih konstrukcija. Neosporno su neki projekti drugih autora dali Vrančiću inspiraciju za savršenije zamisli, ali samo djelo *Machinae nove* uz obilje izvornih ideja koje donosi, ima posebnu vrijednost upravo stoga što se jasno prikazuje razvojna komponenta pojedinih značajnih inovacija.

7. Projekti mostova

Vrančić u djelu *Machinae novae* svojim projektima obuhvaća raznolika područja tehnike. Međutim, neke su tematske cjeline zastupljenije od drugih. Skupina projekata u kojima obrađuje mostove jedna je od takvih tema. Unutar grupe projekata mostova koji imaju učvršćujuće grede i lukove, imamo dobar primjer na kojem se može pratiti i misaoni razvitak Vrančićevih ideja, te utvrditi razloge navođenja tuđih starijih projekata. Tako je, na primjer, skupinu projekata mostova započeo s preuzetom konstrukcijom drvenog mosta s dvjema gredama (projekt br. 30). Ta je konstrukcija potaknula Vrančića da na drvenom mostu dvije grede zamijeni lukom, što donosi u projektu br. 31. Vrančić zatim



Slika 3.: *Machinae novae*, projekt 34, željezni most



Slika 4.: *Machinae novae*, projekt 36, most s jednim užetom

unositi neke druge preinake. Poznavajući svojstva materijala, mijenja materijal od kojeg je most građen i prikazuje sličnu konstrukciju mosta, ali načinjenu od kamena i to je most predstavljen u projektu br. 32. Razvijajući i usavršavajući ideju primjenjuje različite materijale te konačno u projektu br. 33. predlaže izvanrednu i smionu zamisao da se takav most izgradi od bronce, što se često navodi kao jedan od njegovih najvažnijih i najvrednijih prijedloga.²¹ Premda izvanredno važan, projekt br. 33., kao i neki drugi Vrančićevi projekti, u to doba nije bio izvediv. Prvi metalni most s takvim lukom izgrađen je 1773. u Engleskoj, ali je prema novovjekovnim graditeljskim načelima izgrađen na temelju prethodno provedenog statičkog proračuna.²²

U skupini konstrukcija mostova vrijedno je istaknuti da Vrančić prvi daje ideju mosta ovješnog o lance u projektu željeznog mosta br. 34., dok se njegova konstrukcija mosta s jednim užetom (projekt br. 36.) smatra pretečom današnje uspinjače.

8. Projekti mlinova

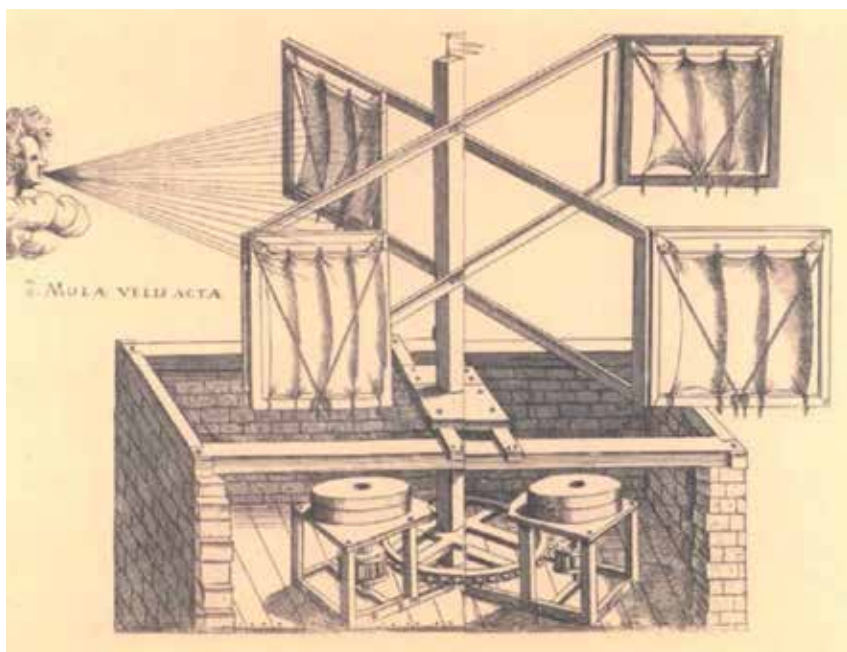
Skupina projekata u kojima Vrančić konstruira različite vrste mlinova tematski je najveća u djelu *Machinae novae*. Opisuje ukupno 18 vrsta mlinova, ali važno je napomenuti da nisu svi izloženi projekti izvorno Vrančićevi pronalasci. Cjelinu Vrančić strukturira tako da prvo opisuje mlinove drugih konstruktora od kojih započinje svoje tehničke kombinacije (projekti 7. i 8., čije ideje pronalazimo kod uglednih konstruktora i inženjera renesanse: Agostina Ramellija, 1588.; Waltera Ryffa, 1547.; J. Bessona, 1578.).²³ Od konstrukcija koje Vrančić preuzima zanimljiv je projekt mlina u četverokutnom tornju s vertikalnom osi koji najvjerojatnije potječe s Orijenta.²⁴ Nastavlja izlagati projekte u kojima daje vlastite ideje. Tako je opisao mlin s trokutastim krilima (projekt br. 9.) i s vertikalnom osovinom, koji je bio potpuno nov u literaturi, a u praksi se pojavljuje tek u XVIII. stoljeću. Sklon poboljšavanju i usavršavanju postojećih ideja, Vrančić je uvidio prednost mlinova s okomitom osovinom jer se time otklanja potreba usmjeravanja lopatičnog kola s horizontalnom osovinom u promjenjivi smjer vjetra. Općenito se može reći za skupinu projekata mlinovi da je

²¹Milan Čalogarić, *Faust Vrančić i Ruđer Bošković, prvi hrvatski statičari*, Vienac, br. 6–10, Zagreb, 1944., str. 51–54.

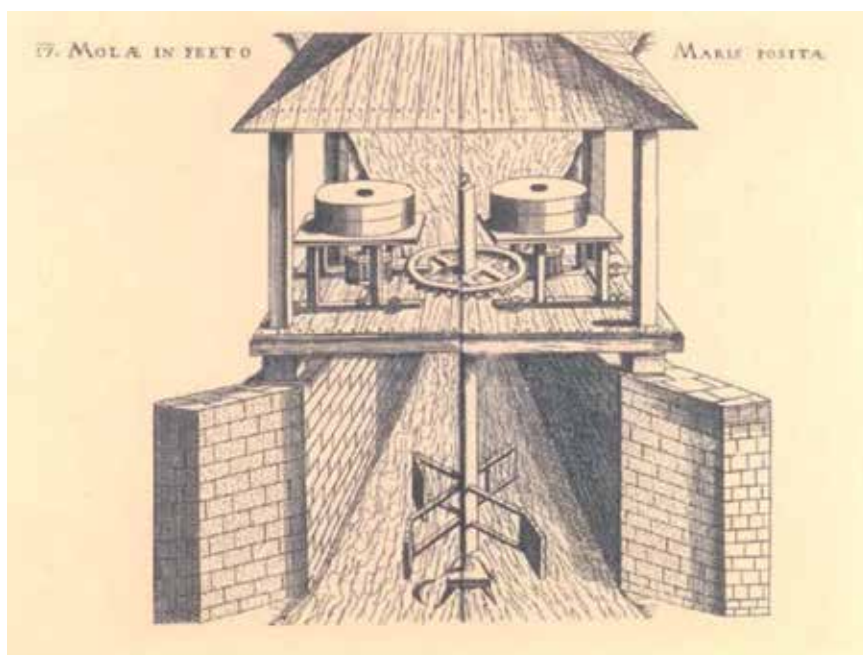
²²Adolf Wissner, *Erläuterung zu den Tafeln*. Objavljeno uz pretisak djela *Machinae novae*, München, 1965. Komentar uz projekt broj 33.

²³Adolf Wissner, *Erläuterung zu den Tafeln*. Komentar uz projekte broj 7. i 8. u pretisku djela *Machinae novae*, München, 1965.

²⁴Adolf Wissner, *Erläuterung zu den Tafeln*. Komentar uz projekt broj 12. u pretisku djela *Machinae novae*, München, 1965.



Slika 5.: *Machinae novae*, projekt 7., mlin tjeran jedrima



Slika 6.: *Machine novae*, projekt 17., mlin postavljen u morskome tjesnacu

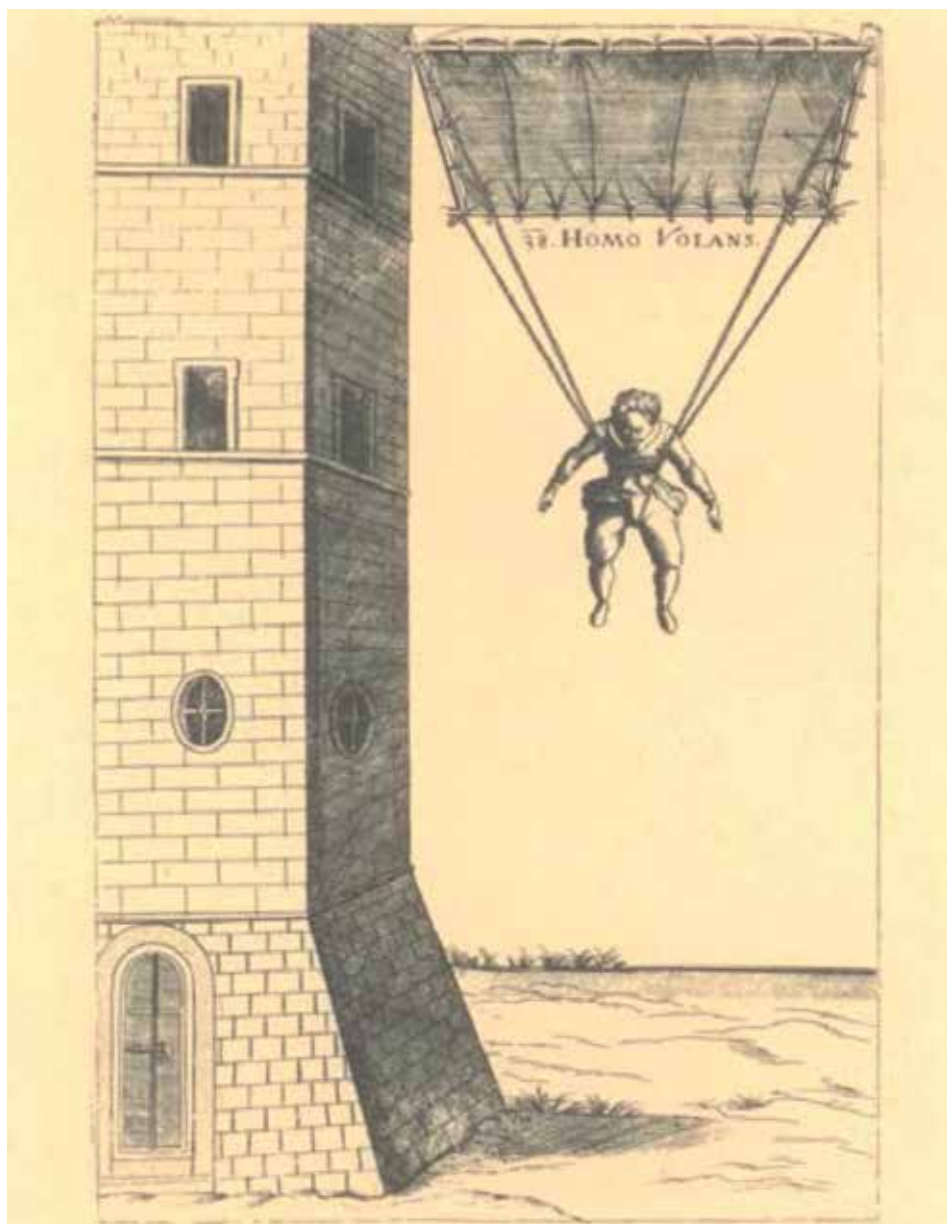
Vrančić, bez obzira na to je li se koristio projektima prethodnika ili ih je konstruirao sam, uvijek nastojao ukazati na najefikasnije i najjednostavnije izvore pogonske energije. To se ogleda u svim izloženim projektima mlinova bez obzira na to jesu li su konstruirani na pogon vjetra, vodene mase, morske struje te na ručni ili životinjski pogon. Postoji još jedna vrijedna komponenta Vrančićevih projekata koju je važno istaknuti. Premda nije poznao zakone strujanja zraka i vode, te kao ni njegovi suvremenici nije mogao na temelju proračuna doći do najpovoljnijeg oblika dijelova strojeva kao što su lopatice mlinova ili krila vjetrenjača, ipak je dao vrlo funkcionalna rješenja i oblike.

Osim navedenog, među brojnim projektima mlinova zastupljenih u djelu *Machinae novae* vrijedno je istaknuti konstrukciju mlina koji koristi plimu i oseku mora (projekt br. 17.). Sam Vrančić navodi da je ideju dijelom preuzeo. Prema tehničkoj literaturi, ideja datira iz 1438. te se kao autor navodi Mariano di Jacopo, uvaženi renesansni inženjer kojeg su po uzoru na Arhimeda iz Sirakuze nazivali Arhimed iz Siene.²⁵ Vrančić polaznu ideju oblikuje i prvi put objavljuje u tisku, što je znatno pridonijelo afirmaciji tog projekta u tehnici. Ideja je zaživjela u literaturi i praksi te se primjenjuje uz modifikacije sve do danas. U projektu mlina koji koristi plimu i oseku mora, izložio je zamisao da se mlin postavi u kanal kojim je spojeno zatvoreno umjetno jezero s morem. Kad se za plime podigne more, to se jezero napuni, a za oseke se prazni i tako se pokreću lopatice mlina. Vrijednost projekta potvrđena je njegovom dugovječnom primjenom jer upravo je ta ideja u svojem temelju posve jednaka koncepciji na kojoj počivaju suvremene električne centrale na atlantskoj obali, gdje se na jednakim načelima koriste velike razlike u visini mora nastale zbog djelovanja plime i oseke.

9. Projekt padobrana – *Homo volans*

Konstrukcija padobrana izložena pod nazivom *Leteći čovjek (Homo volans* – projekt 38.), jedan je od najvažnijih i najpoznatijih Vrančićevih projekata. Poznato je da Vrančić nije bio prvi konstruktor koji se bavio idejom padobrana. Već je Leonardo da Vinci bio skicirao padobran u svojoj zbirci crteža *Codice Atlantico*. Nemamo sigurne potvrde o tome je li Vrančić bio upoznat s Leonardovom idejom padobrana jer to u djelu *Machinae novae* nigdje ne navodi. Premda preuzimanje ideja Vrančić u komentarima uvijek jasno naznačuje, takvih zabilješki vezanih uz padobran nema. Znakovito je i da Vrančić u popisu izvornih

²⁵Adolf Wissner, *Erläuterung zu den Tafeln*. Komentar uz projekt broj 17. u pretisku djela *Machinae novae*, München, 1965.



Slika 7.: *Machinae novae*, projekt 38., *Homo volans* – leteći čovjek

projekata naslovljenom *Naše naprave ili strojevi* navodi projekt padobrana kao vlastiti, ali ga ne naziva imenom padobran, nego ga navodi opisno: “Spustiti se (skočiti) s velike visine i ne ozlijediti se.” Premda nemamo sigurnih potvrda, Vrančić je mogao skicu upoznati preko barnabita Giovannija Ambrogia Mezente

koji je 1587. priredio popis tehničkih crteža Leonarda da Vincija.²⁶ Možda je Vrančić bio potaknut Leonardovom idejom, premda je neobično i suprotno njegovoj praksi da preuzimanje ideje ne navodi. Osim Leonarda i Fausta Vrančića, u renesansi su se i neki drugi konstruktori bavili idejom padobrana. Piero Torriti u monografiji *Francesco di Giorgio Martini* o velikom talijanskom arhitektu, izumitelju i umjetniku, suvremeniku Leonarda da Vincija, zaključuje na temelju dvaju sačuvanih crteža padobrana nepoznatog autora iz XV. st. iz Siene, koji se danas nalaze u Britanskoj knjižnici (*British Library*) u Londonu, da su vjerojatno načinjeni upravo prema Martinijevoj ideji. Navedeni crteži padobranca čuvaju se pod signaturom Ms. Add. 34113, f. 200v. i Ms. Add. 34113, f. 189v. Razlikuju se u ideji i obliku padobrana, jedan je konstrukcijom sličan Leonardovu, ali je stil kojim je crtež načinjen znatno drukčiji.²⁷

Povijest padobrana, odnosno ideja o jednostavnoj napravi koja će omogućiti čovjeku slobodno lebdjenje u prostoru, javlja se još i prije renesanse. Premda o tome ima malo stvarnih podataka, te nedostaju vjerodostojni dokumenti i zapisi, ideja o skoku s visine bez opasnosti za ljudski život, vjerojatno se još stoljećima prije renesanse javljala u raznim dijelovima svijeta. U literaturi o povijesti padobrana nalazi se više zapisa o pokušajima iskušavanja različitih sredstava i pomagala za siguran doskok. U nekim se djelima navode primjeri iz Veda u kojima su navodno korištena posebna odijela u koja je ulazio zrak za ublažavanje pada. Opisuju se i primjeri iz drevne Kine i pokusi skokova s pomagalom nalik velikom krutom suncobranu ili sa svilenim padobranima.²⁸ Stanislav Škoberne u knjizi *Padobran kroz vjekove* govori o doprinosu čuvenog franjevca, filozofa i matematičara Rogera Bacona (1210. – 1293.) tom području. Škoberne navodi da je Bacon u djelu *O tajnoj moći umjetnosti i prirode* (*De mirabili potestate artis et naturae*) iz 1250. opisao svoj padobran te da je iz opisa jasno kako je prilično točno izračunao potrebnu veličinu površine padobrana.²⁹

Ideja padobrana postupno se razvijala, od prvih konstrukcija i ranih pokušaja primjene do konstrukcije koja pruža konačno rješenje, odnosno siguran doskok.

²⁶Mirko Dražen Grmek, *Faustus Verantius, Dictionary of Scientific Biography*, vol. 13, New York, 1981., str. 613.

²⁷Piero Torriti, *Francesco di Giorgio Martini*, Ed. Giunti, 1998., str. 42–43.

²⁸Škoberne, Stanislav, *Padobran kroz vjekove*, Zagreb 1957., str. 5–30.

²⁹Škoberne, S., isto, str. 13. i 40–42. Baconovo djelo koje spominje Škoberne do zaključenja ovog rada nisam uspjela pronaći i teko provjeriti njegove navode o Baconovu padobranu, za koji tvrdi da je nalik padobranu J.-P. Blancharda. Jean-Pierre Blanchard (rođen 1753.) značajno je ime u povijesti zrakoplovstva i nastavljač djela braće Montgolfier. Usavršavao je upravljanje balona za letenje i padobran. Balonom je prešao kanal Kanal, preletjevši iz Dowera u Calais, te je bio prvi letač balonom koji se uspio spasiti padobranom. Naime, prilikom šesnaestog uspona u Gentu, 20. studenog 1784., dogodio mu se kvar na balonu, a spasio se uz pomoć padobrana. Koristio je padobran promjera 7 m načinjen od tafta i oblika kupole koji je bio pričvršćen uz mrežu balona. Vrh padobrana bio je pričvršćen uz balon. U slučaju opasnosti košara s padobranom mogla se odvojiti od balona i sigurno prizemljiti.

Različiti su elementi utjecali na taj razvoj, a prva znanja koja su se primjenjivala bila su empirijska. To su uglavnom bila zapažanja o djelovanju zračne struje na neke predmete, materijale i specifične oblike vidljive u prirodi.

Vrančić se kao i većina humanista nadahnjivao antikom i u njoj pronalazio poticaje te uzore i zamisli koje će dalje razvijati. Znakovito je da komentari djela *Machinae novae* započinju upravo alegorijskom ilustracijom mita o Ikaru i Dedalu, koji ne utjelovljuje samo pradačni ljudski san o slobodnom letenju i spuštanju kroz prostor, nego je usto Dedal i simbol drevnog antičkog izumitelja te mu pripisuju izum naprava kao što su pila, svrdlo, jedra i jarbol. U renesansi Dedal je bio nadahnuće mnogim humanistima, izumiteljima i umjetnicima, pa su njegov lik ovjekovječili znameniti Andrea Pisano i Giotto di Bondone uklesavši ga u kamen firentinske katedrale.³⁰ Usporedno s istraživanjima leta ptica (Leonardo da Vinci: *Codice sul volo degli uccelli*), u renesansi se javlja interes za pronalaženje sredstva za bezopasno spuštanje iz zraka na zemlju. Kad razmatramo izvornost Vrančićeva projekta padobrana, važno je istaknuti da je Leonardova konstrukcija (pa i crteži sačuvani u British Library u Londonu), imala sasvim drukčiji oblik od Vrančićeve te je podsjećala na piramidu.³¹ Vrančić je dao drukčiji oblik padobrana te uz njega priložio tehnički opis, a njegova konstrukcija prvi je tiskani projekt padobrana u povijesti tehničke literature. U opisu padobrana ističe važnost odnosa veličine platna i težine čovjeka. Vrančićev je padobran četverokutno platno na drvenoj konstrukciji, na stranama jako napeto, tako da stvara protutlak koji pri skoku usporava pad. O odjeku Vrančićeva padobrana u znanstvenoj literaturi XVII. st. pisalo je kod nas nekoliko autora, referirajući se na djelo *Mathematical Magick or the Wonders that may be performed by Mechanical Geometry (Part I. Mechanical Powers – Archimedes, Part II. Mechanical Motions – Dedalus)* (London, 1648.) engleskog biskupa, jednog od prvih tajnika i osnivača uglednog Kraljevskog društva (*Royal Society*) Johna Wilkinsa (1614. – 1672.). Navodi se kako Wilkins opisuje Vrančićeve pokuse skoka s venecijanskih kula 1617. godine.³² Međutim, stranice navoda iz Wilkinsonova djela nigdje se ne donose. Tražeći potpuniji podatak o tom Wilkinsonovu zapisu i uvidom u djelo, nisam pronašla odlomak u kojem se eksplicitno spominje Faust Vrančić. Wilkins se u djelu, podijeljenom u dvije knjige, bavi različitim tehničkim problemima. U drugoj

³⁰Škoberne, S., isto, str. 11.

³¹Leonardova skica padobrana sačuvana u rukopisu *Codice Atlantico* ima oblik piramide, s četirima površinama oblika trokuta, spojene u jednom vrhu. Skakač se rukama pridržava za spojene konopce. S. Škoberne u knjizi *Padobran kroz vjekove* na str. 20 navodi da ispod Leonardova crteža piše: "Ako čovjek ima jako škrobjeno šatorsko platno 12 lakata širine, a isto toliko visoko, on se može baciti s bilo koje visine, a da ne izloži sebe bilo kakvoj opasnosti." Ta je površina padobrana bila dovoljna za skokove s kula i zidina, međutim, predložena konstrukcija ipak nije dovoljna zaštita za skokove poput današnjih pri velikim visinama i brzinama.

³²Podatak prvi donosi Škoberne, S., isto, str. 26., zatim V. Muljević, *Faust Vrančić prvi hrvatski izumitelj*, Zagreb, 1998., str. 61., a odatle se podatak prenosio u noviju literaturu.

knjizi, naslovljenoj *Dedalus*,³³ u 6., 7. i 8. poglavlju obrađuje različite teme veza-
ne uz područje naziva *arte volandi* (umjetnost letenja). Daje opća razmatranja,
navodi prve spoznaje i teorije letenja, spominje različite doprinose izumitelja na-
prava i znanstvenika od antike do svojeg doba (Euklid, Bacon, Regiomontanus,
Cardano i dr.). Wilkins opisuje poznate i dotad napravljene pokuse te korištene
naprave, međutim, nema spomena Vrančićeve imena, ni opisa njegove naprave u
obliku četverokutnog padobrana. Jedino navođenje pokusa skoka s venecijanskih
kula na Trgu sv. Marka u knjizi se nalazi na 204. stranici, gdje je taj eksperiment,
načinjen s napravom u obliku krila, Wilkins pripisuje engleskom redovniku El-
merusu.

Je li Vrančić ili netko drugi radio pokuse s Vrančićeve padobranom to zasad
ne možemo sa sigurnošću ni potvrditi, ni osporiti. S obzirom na dimenzije čvrstog
drvenog kostura padobrana načinjenog od četiriju okruglih prečki duljine oko pet
metara, povezanih u četverokut, padobranac nije mogao skakati samostalno s vrha
kule. U novije doba znanstvenici su pokušali isprobati skokove s rekonstrukcija-
ma Leonardova i Faustova padobrana. Zaključak tih istraživanja bio je da Vran-
čićev padobran za razliku od da Vincijeva pruža sigurnu zaštitu skakaču. Može se
zaključiti da je, unatoč tomu što se Leonardo prije bavio idejom padobrana, Vran-
čić dao drukčiju i efikasniju konstrukciju kojom se rješavao istraživani problem.
Premda ne možemo potvrditi da su u to doba doista vršeni pokusi s Vrančićeve
padobranom, njegovu ideju možemo smatrati pretečom jer konstrukcija sadrži sve
elemente od kojih se sastoji suvremeni padobran.³⁴

³³U spomenutoj literaturi u kojoj se opisuju odrazi Vrančićeve pokusa u XVII. st., drugi se dio
Wilkinsonove knjige koju on naziva *Mechanical Motions (Dedalus)*, pogrešno navodi s naslovom
Daedalus, or mechanical motions. Iz autorova uvoda i tumačenja na početku knjige vidljivo je
da je zbog odabranih tema autor prvu knjigu posvetio Arhimedu, a drugu Dedalu kao prvom i
jednom od najpoznatijih i najvještijih izumitelja antike.

³⁴Škoberne, S., isto, str. 36–37. Nakon renesanse intenziviraju se nastojanja za pronalaženje sve
savršenijih i djelotvornijih rješenja te se vrše pokusi s novim konstrukcijama padobrana. Budući
da nema sigurnih saznanja o tome da je Vrančić vršio pokuse sa svojim padobranom koji bi u to
doba potvrdili njegovu uporabljivost, u povijesti tehničke literature, naziv oca uporabljivog pado-
brana dobio je Louis-Sébastien Lenormand (1757. – 1837.), francuski kemičar, fizičar i izumitelj.
Smatra se pionir modernog padobranstva u svijetu zahvaljujući prvom javnom skoku s pado-
branom s opservatorija grada Montpelliera 26. prosinca 1783., pred članovima lionske akademije
i brojnom publikom u kojoj je bio i Joseph Montgolfier. Pokus skoka s visine od 20 metara Le-
normand je izveo gotovo 170 godina nakon što je Vrančić objavio svoj projekt padobrana. Le-
normand je prvo eksperimentirao skačući sa stabla s parom modificiranih kišobrana, a potom je
usavršio model. Drugi njegov padobran imao je oblik stošca te bio krute konstrukcije od tkanine
obljepljene papirom koja se nije mogla sklapati. U donji rub kupole bio je ušiven tvrdi okvir iz
kojeg se spuštalo 36 konopaca na kojima je visjela čvrsta košara od vrbova pruća koja je služila
padobrancu kao sjedalo. Promjer Lenormandova padobrana iznosio je 4,3 m, visina 1,7 m, a
površina 16 m². Lenormandu također pripada zasluga i za osmišljavanje naziva padobran, odno-
sno *parachute*, što je kovanica od latinskog prefiksa *para-* (protiv) i francuske riječi *chute* (pad).
Lenormandov rad na usavršavanju padobrana nastavio je André-Jacques Garnerin (rođen 1769.).
Izradio je prvi padobran u gondoli – košari koja se mogla otkvačiti od balona, a prvi skok s
padobranom imao je u Engleskoj 21. rujna 1802. godine.

Zaključak

Faust Vrančić zbog svojeg je plodnog i raznovrsnog opusa u hrvatskoj znanosti i kulturi označen metaforom renesanse. Načinom promišljanja i djelovanja bio je humanist koji je djelima nastojao unaprijediti ljudski život, obogatiti ga i učiniti dostojnim. Zadivljuje činjenica da i nakon četiri stoljeća pojedini njegovi dugovječni projekti (kao most od metala, most ovješeno o lance, žičara, padobran i drugi), u ponešto modificiranom, suvremenijem obliku još uvijek nalaze široku primjenu diljem svijeta. Pokretan živim intelektom i tehničkim duhom, zamišljao je konstrukcije koje nisu mogle biti realizirane u njegovo doba. Mnoge njegove ideje čekale su stoljeća da ožive u praksi. Vrančićevi najznačajniji projekti izloženi u djelu *Machinae novae* odražavaju njegovo vizionarstvo i anticipiraju daljnji razvoj tehnike, što to djelo čini posebno vrijednim i jednim od kapitalnih u opusu renesansne tehnike.

Literatura

- [1] Dadić, Žarko: *Povijest ideja i metoda u matematici i fizici*, Školska knjiga, Zagreb, 1992.
- [2] Dadić, Žarko: *Hrvati i egzaktne znanosti u osvitu novovjekovlja*, Naprijed, Zagreb, 1994.
- [3] Dadić, Žarko: *Herman Dalmatin*, Školska knjiga, Zagreb, 1996.
- [4] Dadić, Žarko: *Na razmeđu civilizacija*, Izvori, Zagreb, 2013.
- [5] Grmek, M. D.: *Faustus Verantius, Dictionary of Scientific Biography*. vol. XIII., Scribner's Sons, New York, 1976.
- [6] Jurić, Šime: *Nepoznata izdanja "Logike i etike" Fausta Vrančića*, Prilozi za istraživanje hrvatske filozofske baštine, god. IV, br. 7–8, Zagreb, 1978.
- [7] Klemm, F. Wissner, A.: *Fausto Verantio und seine "Machinae novae"*, Heinz Moos Verlag, München, 1965.
- [8] Kovač, Srećko: *Faust Vrančić i aristotelizam u logici*, Prilozi za istraživanje hrvatske filozofske baštine, god. XIV, br. 27–28, Zagreb, 1988.
- [9] Muljević, Vladimir: *Faust Vrančić prvi hrvatski izumitelj*, Hrvatska zajednica tehničke kulture, Zagreb, 1988.
- [10] Muljević, Vladimir: *Water Wheels and Water Supply Projects by Faust Vrančić in XVI Century*, Encyclopaedia Moderna, god. XII, br. 36, Zagreb, 1991.
- [11] Rossi, Paolo: *The Birth of Modern Science*, Blackwell Publishing, Oxford, 2000.
- [12] Stošić, Krsto: *Galerija uglednih Šibenčana*, 1936.
- [13] Škoberne, Stanislav: *Padobran kroz vjekove*, Tehnička knjiga, Zagreb 1957.
- [14] Torriti, Pietro: *Francesco di Giorgio Martini*, Ed. Giunti, 1993.
- [15] Varga, Katalin: *Verancsics Faustus, a humanista tudós*, u: Verancsics Faustus; Machinae novae és más muvei, Budapest, 1985.
- [16] Vrančić, Faust: *Machinae novae Fausti Verantii Siceni*, München, 1968.

- [17] Vrančić, Faust: *Fausto Veranzio, Erfindungen von einst*, Dortmund, 1968.
- [18] Vrančić, Faust: *Verancsics Faustus Machinae novae és más muvei*, Budapest, 1985.
- [19] Vrančić, Faust: *Machinae novae Fausti Verantii Siceni cum declaratione Latina, Italica, Hispanica, Galica et Germanica*, pretisak, ur. Lakić V., Šibenik, 1993.
- [20] Vrančić, Faust: *Dictionarium quinque nobilissimarum europea linguarum, Latinae, Italicae, Germanicae, Dalmaticae et Hungaricae*, <http://db.nsk.hr/HeritageDetails.aspx?id=879>, 1595.
- [21] Wilkins, John: *Mathematical Magick or the Wonders that may be performed by Mechanical Geometry*, London, 1648.

Characteristics of Faust Vrančić's Technical Constructions Related to the Development of Mathematics and their Application in Science and Technics

Marijana Borić

Abstract: Faust Vrančić (Šibenik, 1551 – Venice, 1617) was one of the most versatile Croatian humanists-polymaths who, with his scientific, intellectual and diplomatic-political activities during the transition from the 16th to the 17th century, left an indelible trace not only in Croatian but also European science and culture. Since his opus includes philosophical, linguistic, historical, hagiographical and natural scientific works in Latin and Croatian, he is the subject of research of a wide circle of experts from various scientific disciplines. This article presents, from several aspects, Vrančić's most famous work, the techn(olog)ical manual *Machinae novae* and examines, in a scholarly manner, his importance for the development of technology and contribution to the European intellectual culture of that period. The article also explains Vrančić's education and coming of age into one of the foremost techn(olog)ical writers of that period and analyses the most important characteristics of the structure and contents of *Machinae novae* through which Vrančić acquired worldwide fame. The methodology and content of the work is compared with the Western Renaissance scientific/scholarly and techn(olog)ical tradition.

Key words: Faust Vrančić, Croatian scientific heritage, Renaissance, history of technology, inventions

Marijana Borić

Getaldićev doprinos matematici koji se odrazio na novovjekovnu znanost i tehniku

Sažetak: U radu se razlaže i detaljno analizira matematička metoda koju Getaldić primjenjuje u glavnom djelu *De resolutione et compositione mathematica* i suprotstavlja je metodi koju je primjenjivao u ranijim djelima te je uspoređuje s Descartesovim stajalištima o metodi znanstvenog istraživanja uopće. Usporedbom strogo matematičkog Getaldićeva pristupa i šireg filozofskog, a ne samo matematičkog, Descartesova, zaključuje se da je Getaldiću osim dobivenih izvanrednih matematičkih rezultata upravo nedostajala šira filozofska perspektiva za utemeljenje novog matematičkog područja – analitičke geometrije. U skladu s tim, valoriziran je Getaldićev cjelokupan rad i postavljen u kontekst vremena u kojem je djelovao. Pokazuje se da je nasuprot antičkim temeljima, na Getaldićevo konačno oblikovanje kao matematičara presudan utjecaj imala Vièteova simbolička algebra, pa je kao relevantna izložena u svojim temeljnim načelima. Nakon prvih šest djela pisanih metodama proizišlim iz tradicije antičke matematike, napisao je *De resolutione et compositione mathematica* i potpuno ga bazirao na novoj Vièteovoj algebarskoj metodi. Getaldić tu dosljedno i sasvim općenito razvija i promovira algebarsku metodu, svjestan važnosti odabira metodološkog pristupa kao značajne komponente i pokretača u daljnjem razvoju matematike. Primjena nove metode na različitim problemima i teoremima antičke, u prvom redu euklidske geometrije, omogućila je reinterpretaciju stoljećima prikupljenih matematičkih znanja te je, općenito govoreći, otvorila vrata novim područjima znanosti. Sam Getaldić približio se, ali nije došao do otkrića analitičke geometrije, no u svojem je radu sudjelovao posredno u pripremi i stvaranju te plodonosne sinteze aritmetičkog kontinuuma brojeva i geometrijskog kontinuuma točaka koju je nekoliko godina potom ostvario Descartes u djelu *La géométrie* (1637.).

Ključne riječi: Marin Getaldić, François Viète, René Descartes; razvoj matematike, prirodna filozofija, povijest znanosti, analiza, sinteza, problem metode, simbolička algebra, geometrijska metoda, algebarska metoda, analitička geometrija

Uvod

Cjelokupan razvoj znanosti i razmjeri ovladavanja prirodom koje je omogućila matematika potiču nas da u kontekstu povijesti i razvoja matematičkog mišljenja sagledamo kako je do toga došlo. Kontinuiran razvoj matematike i njezina novovjekovna primjena u fizici vodila je do današnje znanosti. Da bismo je razumjeli, potrebno je spoznati njezin povijesni razvoj, ali ne nužno u sveukupnosti i kontinuitetu, nego barem u prijelomnim točkama. Početak matematike seže dvije tisuće godina prije Krista, a znanošću u europskom smislu postaje u antici, početkom VI. stoljeća prije Krista. Grčka matematika preuzela je nasljeđe Babilona i Egipta, ali znatno ga je transformirala, i teorijski i strukturno. Sljedeća velika transformacija matematike i prijelomna točka njezina razvoja uslijedila je u XVII. st., kad je uvedena simbolička algebra, odnosno



Slika 1.: Portret Marina Getaldića s armilarnom sferom, šestarom, listom papira na kojem je pokazan problem trisekcije kuta i u pozadini na polici njegova objavljena djela. Djelo je nepoznatog autora, a čuva se u Dubrovačkom muzeju.

pronađen takozvani slovni račun, čiji je razvoj doveo do analitičke geometrije i infinitezimalnog računa. To se smatra početkom novije matematičke znanosti koja je prouzročila ubrzan razvoja znanosti i tehnike u XIX. i XX. stoljeću. Značajna promjena u matematici kasne renesanse, koja se snažno odrazila i na druge znanosti, nastala je upravo uvođenjem Vièteove algebarske metode i simboličke algebre koju je među prvim afirmirao i razvijao Marin Getaldić, najznačajniji hrvatski matematičar i fizičar na prijelazu iz XVI. u XVII. stoljeće¹. Objavio je ukupno sedam djela, od kojih je šest matematičkog sadržaja, dok je jedno rano iz područja fizike, naslova *Unaprijeđeni Arhimed ili o uspoređivanju težine i obujma tijela različite vrste* (naslov izvornika: *Promotus Archimedes seu de variis corporum generibus gravitate et magnitudine comparatis*. Romae, Apud Aloysium Zannettum, 1603.). Getaldićevo djelo *Promotus Archimedes* imalo je zapažen odjek još u XVII. st., a zapisi o njemu javljaju se i u idućim stoljećima, sve do danas². Zbog svojeg je značaja utjecalo na rad znanstvenika

¹Marin Getaldić (Marino Ghetaldi, Marinus Ghetaldus), rođen je 2. listopada 1568. u dubrovačkoj plemićkoj obitelji, kojoj se rodoslovlje može pratiti od druge polovine XIII. stoljeća. Školovao se u Dubrovniku. Kao dvadesetogodišnjak primljen je u Veliko vijeće Dubrovačke Republike. Važan preokret u Getaldićevu životu nastaje 1595., kad s Marinom Gučetićem putuje u London da bi pomogao u sređivanju ostavštine Nikole Gučetića. Presudne poticaje za bavljenje znanosti dobio je za vrijeme studijskog boravka u europskim znanstvenim središtima i u susretima sa znanstvenicima (Michiel Coignet u Antwerpenu, François Viète i Alexander Anderson u Parizu, Galileo Galilei u Padovi). Getaldić se u Parizu 1600. upoznaje s Vièteovom algebarskom metodom. Nakon povratka u Dubrovnik 1601. godine nastavlja započeti eksperimentalni rad. U Rimu 1603. tiska prva djela: *Neki stavci o parabolama*, gdje potaknut optičkim pokusima provodi matematičko istraživanje svojstava parabole, i *Prošireni Arhimed*, fizikalno djelo o relativnim omjerima težina, usustavljeno u teoreme, probleme i tablice s rezultatima mjerenja vlastitim hidrostatskom vagom. Smatra matematiku znanosti koja najpreciznije opisuje svijet. Vjeruje u primjenu pokusa, kao praktični aspekt znanosti, koji potom treba matematički provjeriti i dokazati. S Galileijem je izmjenjivao tiskane radove. Dopisivao se s najuglednijim matematičarima iz kruga rimskih isusovaca, Christoforom Claviusom i Christoforom Grienbergerom. Karl Guldin nagovarao ga je da bude priređivač Vièteovih sabranih djela. Obnovitelj je tvrđave Pozvzd, najviše utvrdje u fortifikacijskom sustavu Malog Stona (1604.). Potaknut Vièteovim radom, objavljuje Getaldić restauracije dvaju zagubljenih spisa grčkog matematičara Apolonija iz Perge *O nagibima* i *O dodirima*. Getaldićeva djela imaju bogat odjek u novovjekovnoj prirodnoznanstvenoj literaturi. Njegovim su se doprinosima služili sljedeći znanstvenici: Kaspar Schott, William Oughtred, Pierre Hérigone, John Lawson, Samuel Horsley, Reuben Burrow, Michelangelo Ricci, Alexander Anderson, Marin Mersenne, Jakob Christmann, Clément Cyriaque de Mangin i drugi. Getaldić je svoja najvažnija djela, *Zbirku različitih zadataka* (Venecija, 1607.) i *O matematičkoj analizi i sintezi* (Rim, 1630.), započeo u isto vrijeme s namjerom da u prvom koristi metode antičke matematike, a u drugom simboličku algebru primijenjenu na raznorodnoj građi. Preminuo je 1626. ne dočekavši objavljivanje djela *O matematičkoj analizi i sintezi*, koje je posve inovativno u svojim metodama. Primjenom algebarske metode na geometrijske probleme, Getaldić je ostvario izvanredne rezultate i približio se utemeljenju analitičke geometrije.

²Getaldićevo djelo *Promotus Archimedes* utjecalo je na dva djela iz XVII. stoljeća. To su *Magiae universalis naturae et artis*, koje je godine 1657. (I. i II. dio) i godine 1658. (III. i IV. dio) u Würzburgu objavio Kaspar Schott, te djelo Williama Oughtreda, *Opuscula mathematica hactenus inedita*, posmrtno objavljeno 1677. u Oxfordu. Budući da su ta dva djela bila poznata u svoje doba, preko njih su Getaldićeva istraživanja imala odjeka ne samo u XVII. st. nego i poslije.

koji su nastavili istraživanja u tom području, zabilježeno je u povijesti znanosti, a o njemu je napisan i veći broj znanstvenih radova. Provedena istraživanja baziraju se isključivo na tradicionalnom sagledavanju Getaldića kao čistog matematičara i fizičara pa su dosadašnje analize njegova djela načinjene isključivo unutar područja povijesti znanosti. Osim neosporne vrijednosti Getaldićeva rada u kontekstu razvoja matematike i fizike, postoje pojedini neistraženi aspekti kojima bi se potpunije zaokružio i naglasio značaj njegova doprinosa. Specifične metode kojima se služio u istraživanju i izlaganju građe bile su u to doba nešto novo, što nam ukazuje na mogućnost i potrebu vrednovanja njegova rada iz šireg filozofskog obzora.

1. Problem metode

Getaldićev rad u matematici i fizici potrebno je razmatrati i u surječu renesansnog mišljenja te problema metode kao karakterističnog novovjekovnog filozofskog problema. Čitav njegov opus odražava svijest o važnosti metodološkog pristupa građi. Djelo *Promotus Archimedes* nastalo je tijekom Getaldićeve prve faze rada, utemeljene na grčkoj matematičkoj tradiciji. Time se on priključuje korpusu renesansnih znanstvenika i filozofa koji nadahnuti antičkim izvorima nastoje oživjeti vrhunska dostignuća grčke znanosti.³

³U starijoj se literaturi o Getaldiću zastupalo mišljenje da je napisao i neka djela iz optike za koja se navodilo da su ostala u rukopisu i zatim zagubljena. Getaldić je iste godine kad je izišao *Promotus Archimedes* tiskao još jedno djelo *Neki stavci o parabolama* (*Nonnullae propositiones de parabola*). Eksperimentiranje s parabolničnim zrcalima Getaldića je dovelo do novih matematičkih rezultata. Premda je povod istraživanju bio praktične naravi i optičke prirode, glavni znanstveni rezultat djela njegov je matematički doprinos pa se u literaturi najčešće navodi kao matematičko djelo. Samo ponekad je Getaldićevo djelo *Neki stavci o parabolama* bilo navodeno i kao djelo iz optike. Zapis nizozemskog matematičara Gerharda Johanna Vossa (1577. – 1649.) izazvao je pomutnju u kasnijoj literaturi. U djelu *De universae matheseos et constitutione liber* (*Knjiga o prirodi i ustrojstvu opće matematike*, Amsterdam 1660.) navodio je opisne naslove pa je tako postupio i kod Getaldićeva djela zapisavši ga na stranici 111. kao: *O parabolama i zrcalima kojima se može upaljivati* i usto mu greškom pripisao Dominisovo djelo *O dugi*. Pogreške koje su iz toga nastale detaljno je objasnio Žarko Dadić u radu *Neki stavci o parabolama Marina Getaldića*, u: Ž. Dadić (ur.), Marin Getaldić, *Sabrana djela I*, Institut za povijest prirodnih, matematičkih i medicinskih nauka JAZU, Zagreb, 1972., str. 83 – 84. Dadić zaključuje kako ne postoje izgubljena Getaldićeva djela iz optike i objašnjava genezu pomutnje. Dubrovački povjesničar Serafin Marija Crijević (1686. – 1759.) prenio je navod iz Vossove knjige, a iz Crijevićeva ga je djela početkom XIX. st. preuzeo dubrovački povjesničar Franjo Marija Appendini. Daljnjim prenošenjem tih podataka i njihovim iskrivljavanjem i dopunjavanjem te razdvajanjem naslova, u konačnici se došlo do popisa od čak pet zagubljenih Getaldićevih rukopisa iz područja optike. Rukopise navodi Oton Kučera u radu *O Marinu Getaldiću, patriciju dubrovačkom, znamenitom matematiku i fiziku na početku XVII. vijeka*, Rad JAZU, sv. 117., Zagreb, 1893., str. 38., te Juraj Majcen, *Spis Marina Getaldića Dubrovčanina o parabolama i parabolničkim zrcalima* (g. 1603), Rad JAZU, knj. 223, Zagreb, 1920. str. 2.

Getaldić u djelu *Promotus Archimedes* piše o načinu određivanja odnosa između težina i obujmova raznovrsnih tijela, sedam krutih i pet tekućina: zlata, srebra, bakra, željeza, olova, kositra, žive, vina, vode, voska, ulja i meda. Na kraju djela obrađuje se i poznati problem Hijeronove krune, koji Getaldić domišljato i egzaktno rješava.⁴ Tim problemom, preuzetim iz Arhimedovih istraživanja, bavili su se mnogi znanstvenici nakon Arhimeda, među njima i Getaldićev suvremenik Galileo Galilei. Raspravu je Getaldić bazirao na primjeni Arhimedovih istraživanja i Arhimedova zakona, po kojem svako tijelo uronjeno u neku tekućinu postaje lakše za težinu one količine tekućine koju je uronjeno tijelo svojim obujmom istisnulo. U predgovoru djela napominje da mu je cilj ta istraživanja doraditi jer problem određivanja odnosa između težina i obujmova raznovrsnih tijela nije nigdje opširnije protumačen.⁵ U djelu se nigdje ne spominje izraz specifična težina premda je pojam bio uveden u XIII. st. u pseudoarhimedovu djelu *De insidentibus in humidum* (ili *De ponderibus*), ali se ni u tom djelu ni u Getaldićevo doba nije koristio u značenju koje ima danas.⁶ Ta je specifična težina bila uvijek relativna jer je uzimana uvijek za jedno tijelo u odnosu na neko drugo tijelo jednakog obujma, koje nije bilo uvijek jednako. Getaldić je tom problemu pristupao slično kao i njegovi prethodnici i suvremenici. Nastavljajući tradiciju i služeći se Arhimedovim načelom te hidrostatskim vaganjem, određivao je omjere težina različitih tijela jednakog obujma ili omjere obujmova različitih tijela jednakih težina. Kad se uspoređi vrijednost Getaldićevih rezultata mjerenja sa suvremenim podacima za specifične težine, pokazuju se vrlo mala odstupanja. Može se zaključiti da su Getaldićevi rezultati mjerenja bili iznimno dobri, posebno ako se uspoređuju s rezultatima njegovih suvremenika,⁷ što ukazuje na činjenicu da je bio dobar eksperimentator.

Međutim, ni on nije ničim istaknuo odnos težina različitih tijela prema jednom uvijek istom referentnom tijelu, što bi rezultiralo većom općenitošću i rezultate njegovih mjerenja učinilo znatno sređenijim, nego je određivao

⁴Hijeronov problem temelji se na legendi da je kralj Sirakuze Hijeron, sumnjajući u zlatarovu prijevaru, tražio od Arhimeda da odredi udjel zlata i srebra u njegovoj kruni.

⁵Marin Getaldić, *Sabrana djela I*, Institut za povijest prirodnih, matematičkih i medicinskih nauka JAZU, Zagreb, 1972., str. 17.

⁶Uvođenje i razvoj pojma specifične težine detaljno je opisano u djelu: Marshall Clagett, *The Science of Mechanics in the Middle Ages*, Madison 1961., str. 91–97.

⁷Najpoznatijim istraživačem tih problema u XVI. st. smatran je talijanski znanstvenik Niccolò Fontana Tartaglia. Tri stoljeća nakon objavljivanja spomenutog pseudoarhimedova djela, Tartaglia ga tiska pod naslovom *Jordani Opusculum de ponderositate* (Venezia, 1565.), i pritom mu još dodaje vlastite eksperimentalne rezultate za specifične težine. Međutim, eksperimentalnim radom Tartaglia je dobio znatno lošije rezultate specifičnih težina od onih koje je postigao i objavio Marin Getaldić u djelu *Promotus Archimedes*.

omjere težina različitih tijela jednakog obujma ili omjere obujmova različitih tijela jednakih težina.

Djelo *Promotus Archimedes* sadrži teorijski i praktični dio te tablice, koji nisu sasvim odvojeni, nego se prema sadržaju koji se obrađuje u pojedinim dijelovima knjige metodološki izmjenjuju. Vrijednosti tog djela uz već navedene precizne rezultate eksperimentalnog rada, značajno pridonosi i njegova metodološka koncepcija, odnosno činjenica da je Getaldić na nov način prezentirao fizikalnu građu, na način kako je izložena građa Euklidovih *Elementa*. Tekst je koncipirao u deset poučaka,⁸ devet problema,⁹ deset primjera i sedamnaest tablica s uputama za uporabu. Poučci su u potpunosti formulirani i dokazivani u duhu antičke matematike, s uzorom u Euklidovim *Elementima*, dokazivani ponekad i na dva načina, popraćeni primjerima. Takav je pristup prikazu građe iz područja fizike (prirodne filozofije) bio u to doba novost. Važna je činjenica s metodološkog aspekta da je Getaldić djelo napisao geometrijskim stilom koji će se poslije proširiti u filozofiji XVII. st. i nazvati *geometrijskim načinom*, te postati upravo idealom prezentiranja ne samo prirodne filozofije, nego i općenito filozofske građe.

Premda u djelu *Promotus Archimedes* nema posebnih cjelina u kojima Getaldić eksplicitno tumači važnost uvođenja matematike u fizikalna istraživanja, niti zaključaka što taj korak značajno donosi prirodnoj filozofiji i razvoju spoznaje, on je vrlo svjestan uloge koju ima matematika u razumijevanju svijeta i traženju izvjesnosti nove spoznaje. Shvaćajući pravo značenje matematike za istraživanje prirode, Getaldić smatra geometrijsku metodu najprikladnijom za prezentiranje istražene fizikalne građe. Tvrdnje izložene po uzoru na klasične matematičke formulacije dokazuje potom matematičkim metodama, oslanjajući se upravo na činjenicu da se matematiku smatralo idealom dokazne znanosti. Getaldić se u tom djelu matematičkom metodologijom služi višestruko, ne samo u istraživanju i provjeri pokusa te dokazivanju pretpostavki, nego i u načinu prikazivanja dobivenih zaključaka. Djelo je u cijelosti oblikovano po uzoru na grčka matematička djela. Taj strogi matematički pristup koji utjelovljuju Euklidovi *Elementi*, zadržava Getaldić u svim segmentima djela *Promotus*

⁸Primjeri poučaka iz djela *Promotus Archimedes*:

Istovrsna teška tijela sumjerljivih obujmova imaju isti omjer težina kao i obujmova (poučak 2); I nesumjerljiva tijela iste vrste imaju isti omjer težina kao i obujmova (poučak 3); Tijela iste vrste i težine, teža od vode, imaju u vodi jednaku težinu makar su različita oblika (poučak 8); Težine istovrsnih kugli odnose se među sobom kao kubovi njihovih promjera (poučak 9).

⁹Nekoliko problema iz djela *Promotus Archimedes*:

Uzmimo dva tijela jednakog obujma, od kojih je jedno kruto, a drugo tekuće. Ako je zadana težina krutog tijela, neka se nađe težina tekućeg (problem 1). Ako su zadana dva tijela jednaka obujma, jedno kruto a drugo tekuće, pa ako je zadana težina tekućeg tijela, neka se nađe težina krutog (problem 2). Ako su zadana dva tijela jednake težine, jedno kruto a drugo tekuće, te ako je zadan obujam krutog tijela, treba naći obujam tekućeg tijela (problem 3).

Archimedes. Svjestan potrebe dokazivanja svih iskazanih tvrdnji, on sam kaže na kraju trećeg poučka:

“Ono što smo dokazali u dvama prethodnim poučcima, neki pretpostavljaju kao nešto po sebi poznato, i kao da je to neki sasvim opći aksiom koji su tobože sasvim dobro i mudro sami uvidjeli. Međutim, Euklid bi isto tako mogao pretpostaviti da je 20. stavak njegovih *Elementata* nešto sasvim poznato. Svakome je naime poznatije da je zbroj dviju stranica trokuta veći od treće (to zna svaki magarac), negoli da teška tijela iste vrste imaju jednak omjer težina kao i obujmova, pa ipak Euklid taj stavak dokazuje, a ne pretpostavlja ga. Stoga i ovaj stavak, koji i nije tako jasan, trebalo je dokazati, a ne pretpostavljati.”¹⁰

2. Simbolička algebra i algebarska analiza

Kad se razmatra opus Marina Getaldića u cjelini, može se zaključiti da je filozofija ipak bila izvan horizonta njegova razmatranja i da kao takva nije značajnije utjecala na njegova djela. Međutim, njegovim radom na primjeni matematičkih postupaka i dokaza izvan matematičkih područja, te razvijanju novih matematičkih metoda koje su značajno pridonijele razvoju novih spoznaja u okvirima prirodnih znanosti, sam je Getaldić dao doprinose koji se može tumačiti i šire.

Kasnorenesansna matematička istraživanja i interpretacija prirodne filozofije, odnosno fizike, odrazile su se ne samo na novovjekovnu znanost, nego su i u određenom smislu bile dio onih struja koje su inicirale stvaranje novih filozofija u XVII. stoljeću. Zaključna interpretacija Getaldićeva doprinosa u kontekstu transformacije novovjekovne znanosti obuhvaća različite aspekte njegova rada. U tom smislu treba posebno naglasiti doprinos u razvoju matematičkih metoda, odnosno doprinos afirmaciji simboličke algebre i algebarske metode. Razmatrajući najprestižnije renesansno područje matematike, algebru, čiji je razvoj upravo utjecao na potrebu i svijest novog doba o prerastanju znanosti antike i stvaranju stanovišta da je matematika ključna karika u tom razvoju, uočava se neosporno zamjetan Getaldićev doprinos. Taj snažan napredak renesansne algebre započeo je François Viète uvođenjem simboličke algebre,¹¹ njezinom

¹⁰Isto, str. 21.

¹¹Detaljan prikaz nastanka simboličke algebre dan je u: Busard, H. L. L.; *François Viète*, u: *Dictionary of Scientific Biography*, vol. 14, New York, 1981., str. 18 – 25. Vièteov cjeloviti opus dostupan je u pretisku: Viète, François; *Opera mathematica*, New York, 1970. Od literature na hrvatskom jeziku temeljna načela Vièteove simboličke algebre objašnjava Žarko Dadić u knjizi *Povijest ideja i metoda u matematici*, Školska knjiga, Zagreb, 1992., str. 90 – 92.

afirmacijom nastavio ga je Getaldić, a utemeljenjem analitičke geometrije zao-kružio Descartes¹².

Premda su matematičari kroz XVI. st. uvodili kratice i unaprijedili algebar-ska znanja, još uvijek su matematičke operacije i objekti tvorili cjelinu. Istraži-valo se u sklopu pojedinih problema pa se s jednog prelazilo na drugi konkret-ni problem. Apstrahiranje algebarskih operacija i odvajanje operacija od objekata započinje sa simboličkom algebrama koja računa s općim veličinama pa je jednako primjenjiva i na brojeve i na geometrijske objekte i po tome se razlikuje od antičke geometrijske i arapske numeričke algebre. Upravo zbog navedenog, tek od pojave simboličke algebre dolazi do pojma formule. Viète primjenjuje grčku geometrijsku analizu i sintezu te ih modificira uvođenjem općih veličina i metode provodi algebarski, u sklopu opće algebre. Neposredno nakon što je Viète uveo algebarsku metodu, Getaldić se 1599. susreo s njim u Parizu. Vrlo je brzo shvatio snagu i značenje simboličke algebre te važnost njezine primjene u geometriji. Premda je Getaldić započeo svoj matematički opus pod utjecajem grčke matematike i geometrijske metode, svoje najveće djelo *De resolutione et compositione mathematica* u cijelosti je bazirao na novoj algebarskoj metodi, svjestan važnosti odabira metodološkog pristupa kao zna-čajne komponente i pokretača u daljnjem razvoju matematike.

Nakon prvih šest djela pisanih metodama proizišlim iz tradicije antičke matematike,¹³ djelo *De resolutione et compositione mathematica* (*O matematič-koj analizi i sintezi*) načinjeno je potpuno drukčijim metodološkim pristupom. Započeo ga je istodobno kad i svoje najzrelije djelo iz opusa nastalog geome-

¹²Getaldić je načinio prvi cjeloviti priručnik simboličke algebre *De resolutione et compositione mathematica* (*O matematičkoj analizi i sintezi*), s primjenom algebarske analize na raznorodnu građu te se izvanrednim rezultatima približio pragu utemeljenja nove matematičke discipline – analitičke geometrije. Djelo je posmrtno izašlo u Rimu 1630. godine. Zadnji korak ka utemeljenju analitičke geometrije, kroz povezivanje područja algebre i geometrije, ostvario je sedam godina nakon Getaldića matematičar i filozof René Descartes, što je bilo izvanredno važno za daljnji razvitak matematike. Rezultate tog rada objavio je u djelu *La Géométrie* (1637.), koje je pre-tis-kano u izdanju: Descartes, René: *The Geometry of René Descartes*, Dover Publications, New York, 1954. Dodatni uvid u Descartesov matematički rad i razvojni put daje nam njegovo filo-zofsko djelo Descartes, René: *Rasprava o metodi*, Matica hrvatska, Zagreb, 1951. Upravo to djelo ključ je u tumačenju zašto Getaldić, premda je matematički postigao rezultat sličan Descar-tesovu, ipak nije uspio dati općenitiju interpretaciju i postaviti temelje novom matematičkom području.

¹³Popis starijih Getaldićevih djela iz prve faze njegova rada, u kojoj isključivo primjenjuje grčke matematičke metode i slijedi antičku tradiciju: *Nonnullae propositiones de parabola*, Romae, Apud Aloysium Zannettum, 1603.; *Promotus Archimedes seu de variis corporum generibus gra-vitate et magnitudine comparatis*, Romae, Apud Aloysium Zannettum, 1603.; *Apollonius redivi-vus seu restituta Apollonii Pergaei Inclinationum geometria*, Venetiis, Apud Bernardum Iutam, 1607.; *Supplementum Apollonii Galli seu exsuscitata Apollonii Pergaei Tactionum geometriae pars reliqua*, Venetiis, Apud Vincentium Fiorinam, 1607.; *Variorum problematum collectio*, Venetiis, Apud Vincentium Fiorinam, 1607.; *Apollonius redivivus seu restituta Apollonii Pergaei De Inc-linationibus geometriae, Liber secundus*, Venetiis, Apud Baretium Baretium, 1613.

trijskom metodom, *Variorum problematum collectio*. Usporedbom se uočava da na više mjesta rješava iste probleme kroz oba djela, ali ih tretira metodološki posve različito. Getaldić metode suprotstavlja jednu drugoj, ali u potrazi za rješenjima uvažava i sustavno primjenjuje obje, tako da među njima radi strogu distinkciju i smješta ih u odvojena, metodološki homogena djela. Činjenica da istodobno započinje dva djela metodološki različitih koncepcija pokazuje njegovu veliku usredotočenost upravo na metodu. Premda je zagovornik algebarske metode, geometrijska metoda za njega je i dalje vrijedna. Primjenjuje ju smatrajući da i u sklopu stare metode može ostvariti nove matematičke rezultate.¹⁴ U djelu *De resolutione et compositione mathematica*, opširnijem i cjelovitom priručniku nove algebarske metode, Getaldić prikazuje njezinu snagu na raznorodnoj građi. Algebarsku analizu provodio je s dvostrukim ciljem: da otkrije istinu dokazujući teoreme i istraži konstrukciju rješavajući probleme. U djelu jasno naglašava što se postiže novom algebarskom, a što starom geometrijskom metodom. Djelo je pregledna metodička zbirka problema i teorema rješavanih primjenom algebarske metode na uglavnom geometrijske i u manjoj mjeri fizikalne probleme.

Analizom djela *De resolutione et compositione mathematica* pokazuje se da je glavni doprinos djela upravo u samom razvoju algebarske metode, premda ono sadrži i brojne nove izvorne matematičke rezultate, što se posebno vidi u primjerima problema koje ponavlja iz starijih djela antičke tradicije, gdje obrađuje vlastite geometrijske probleme iz ranijih djela te probleme i teoreme Euklida, Apolonija iz Perge, Viètea, Regiomontanusa (pravim imenom Johannes Müller) i drugih. Računanje s općim veličinama omogućilo mu je novu interpretaciju dotadašnjih matematičkih rezultata. Getaldić preinačuje rezultate geometrijski rješavanih problema i provodi algebarsku analizu u sklopu opće algebre. Može se zapaziti kako se, afirmirajući novu algebarsku metodu, istodobno pokazuje i kao vjeran prenositelj i tumač tradicionalnog pristupa. Međutim, ključna se razlika u odnosu na dotadašnji matematički pristup, utemeljen na divljenju svemu antičkom i pokušajima da se pojedini pojmovi i postupci postojeće matematike *preobuku u antičko ruho*, javlja u novom poimanju matematičkog objekta, odnosno koncepciji općeg broja, čije uvođenje vodi do korjenite reforme ne samo algebre nego i matematike u cjelini. Kao i kod drugih renesansnih matematičara, i Getaldićev se opus dobrim dijelom temelji na djelima grčkih matematičara, među kojima se ističu Euklid, Pap Aleksandrijski i Diofant, a pod utjecajem je i Eudoksove teorije razmjera te Arhimedove

¹⁴ Nakon Getaldića, u XVII. st. znatno je napredovala analitička metoda i prevladavale su njezine pristaše. Ipak, geometrijska je metoda i poslije davala neke nove važne rezultate i vodila u nova matematička područja. Početkom XIX. st. pokazalo se da analitičke metode ne mogu posve ukloniti sintetičke. One su se ponovno pojavile i potvrdile da se mnogi izvorno geometrijski problemi ne mogu riješiti analitičkim putem.

primjene logističke metodologije, odnosno aritmetičke interpretacije geometrije. Oslanjajući se na antičku matematičku tradiciju i potaknut Vièteovom algebarskom metodom, Getaldić integrira međusobno različite tendencije grčke matematike, stroge geometrijske metode i logistike, koja je podrazumijevala rutinu običnog matematičkog računa i dopuštala aproksimativan pristup.

Matematički sadržaj djela *De resolutione et compositione mathematica* grupiran je u pet knjiga. Najzanimljivija je peta, u kojoj rješava četiri skupine problema: fizikalne probleme, nemoguće geometrijske probleme, neodređene geometrijske probleme i probleme koji ne spadaju u algebru. Po metodološkom značenju, u petoj se knjizi izdvajaju dvije grupe problema: nemogući problemi za koje analizom pokazuje da vode do algebarske jednadžbe kojoj je rješenje nemoguće, te grupa koju Getaldić naziva isprazni problemi i zaključuje kako se mogu riješiti na beskonačno mnogo načina, ali ne na svaki. Getaldić je uvođenjem općih veličina geometrijske objekte prikazivao u općenitijem algebarskom obliku i postavljao između njih algebarske veze umjesto geometrijskih, odnosno formirao je jednadžbe koje sadrže zadane i tražene veličine. Njih je zatim transformirao potpuno formalno do kanonskog oblika (ne vodeći računa o geometrijskom polazištu), prema kojem je onda formulirao zaključak o odnosu zadanih i traženih veličina. Zaključak algebarske analize koristio je u sintezi koja se provodila ili geometrijski ili numerički.

Potrebno je istaknuti da se unutar djela *De resolutione et compositione mathematica* najveći Getaldićev metodološki doprinos temelji na shematskom prikazu algebarske analize i sinteze problema. Na kraju prve knjige slijedi grupa problema koji se svode na jednadžbe prvog reda s jednom nepoznicom. Na kraju svakog obrađenog problema i provedenog postupka algebarske analize i sinteze, koji se prethodno navode u retoričkom zapisu, Getaldić dodaje *conspectus resolutionis et compositionis*, specifičan, sažet i simbolički zapis provedenih postupaka. Getaldićeva shema posebno je zanimljiva s metodološkog aspekta jer postupkom dodavanja *conspectus*, nakon provedene i retorički zapisane algebarske analize i sinteze problema, ostvaruje specifičan prikaz kojim se na metodički najbolji način prezentira uloga Vièteove algebre u rješavanju geometrijskih problema. *Conspectus* precizno pokazuje i određuje uzajamni odnos analize i sinteze, s izraženom Getaldićevom težnjom da postupke formalizira simbolikom matematike svojeg vremena. Shematski prikazuje algebarski postupak kao dva matematičko-logička procesa koja teku suprotnim smjerovima. *Conspectus* služi za izlaganje dvostrukog lanca zaključivanja, i to tako da se s jedne, lijeve strane tabličnog prikaza, redoslijedom karakterističnim za analizu kao matematičko-logičku metodu, navode pojedinačni matematički koraci, dok je s desne strane izložen sintetički postupak, redoslijedom karakterističnim za sintezu kao matematičko-logičku metodu.

Liber Primus. 21

Conspectus Resolutionis & Compositionis.			
<i>Initium Resolutionis</i>		<i>Finis Compositionis</i>	
R S	A—B A ⊕ B	CD DE GF FA	
ad æqualitatem		ad proportionem	
R in A ⊕ R in B	Sin A—Sin B	hoc est V CD AF ⊕ V CD AB V CD BF	hoc est V DE GF —V DE BG V BE BF
Addatur S in B		auferatur V DE AB seu V DE BG	
R in A ⊕ R in B ⊕ S in B	Sin A	⊕ V DE AB ⊕ V CD AB V CD BF	hoc est V DE BF V HD BF
auferatur R in A		addatur V CD BF	
R in B ⊕ S in B	Sin A—R in A seu quod idem est R ⊕ S in B	⊕ V DE AB hoc est V CD AB V CE AB	—V CD BF hoc est V HD BF V HC BF
ad proportionem		ad æqualitatem	
S—R	K ⊕ S B A	HC	CE AB BF
<i>Finis Resolutionis</i>		<i>Initium Compositionis</i>	

Slika 2.: *Conspectus* za Getaldićev problem III. Marinus Ghetaldus, *De resolutione et compositione mathematica* (Romae: Ex Typographia Reverendae Camerae Apostolicae, 1630), p. 21.

Getaldić se izvanrednim matematičkim rezultatima koje je ostvario u djelu *De resolutione et compositione mathematica* približio otkriću analitičke geometrije. Premda nije utemeljio to novo područje, u svojem je radu sudjelovao posredno u pripremi i stvaranju plodonosne sinteze aritmetičkog kontinuuma brojeva i geometrijskog kontinuuma točaka, koju je nekoliko godina poslije ostvario Descartes u svojem djelu *La géométrie* (1637.). Descartes je radeći na sličnim problemima kao i Getaldić uočio da sva algebarska rješenja leže na jednoj krivulji i dao geometrijsku interpretaciju problema, što je bio početak novog područja, analitičke geometrije. Tom matematičkom disciplinom povezuju se ponovno područja geometrije i algebre, razdvojena još od doba Aristotela. Primjena nove metode na različitim problemima i teoremima antičke, u prvom redu euklidske geometrije, omogućila je matematičarima reinterpetaciju znanja koja su prikupljana stoljećima, te je, općenito govoreći, simbolička algebra utrla put i novim područjima znanosti. Od tog vremena počinju se postupno upotrebljavati promjenjive veličine i funkcijske veze. Prije toga matematika je bila statična, a jednačba je služila samo kao sredstvo za pronalaženje nepoznate veličine. Nakon toga jednačba se shvaća kao funkcijska veza između pojedinih promjenjivih veličina. Matematika prestaje biti statična i promjena postaje objekt matematičkih razmatranja.¹⁵

¹⁵O tome opširnije piše Ž. Dadić, *Povijest ideja i metoda u matematici i fizici*, Školska knjiga, Zagreb, 1992., str. 99 – 102.

Zaključak

Getaldićevo glavno djelo, *De resolutione et compositione mathematica*, kojim je sudjelovao u procesu algebrizacije geometrije, važan je doprinos razvoju i afirmaciji algebarske metode koja je otvorila vrata novim područjima matematike. Nakon Descartesove analitičke geometrije, razvoj matematike krenuo je putem novog tipa analize, Newtonova i Leibnizova infinitezimalnog računa.

Getaldić matematiku smatra ključnom znanošću za razumijevanje svijeta. To se razabire ne samo iz njegova rada na razvoju simboličke algebre, nego i iz odabira metoda, a eksplicitnu poruku moguće je iščitati u uvodu knjige *Promotus Archimedes*, u kojem se Getaldić obraća dobrohotnom čitaocu. Iskazuje divljenje antičkim temeljima kojima želi pridonijeti nešto novo, te je zahvalan na prilici da iskuša svoje snage, vježba radinost i proširuje područje znanosti.¹⁶

Matematika je po Getaldiću ona znanost koja vodi do pravog znanja o svijetu i ključ je našeg spoznavanja ne samo zemaljskih, nego i nebeskih objekata. Smatra da bez poznavanja matematike i njezinih metoda nije moguće pristupiti istraživanju fizikalnih tema.

Poput velikog broja suvremenika matematičara, koristi pristup koji Euklid ima u djelu *Elementi*, ali ga u djelu *Promotus Archimedes* ne primjenjuje na matematičkom tekstu, nego na fizikalnoj građi, što je nagovještaj novog. Unutar samog teksta nije moguće zapaziti neki jasniji filozofski utjecaj, premda Getaldić osporava pojedine peripatetičke tvrdnje, ali one su produkt ciljanog fizikalnog istraživanja, potpomognutog matematičkim metodama i vidljivo je da filozofija nije predmet njegova interesa.

Kad se usporedi Getaldićev pristup i način korištenja matematike u pojedinim prirodno-filozofskim i filozofskim tekstovima XVI. st., može se primijetiti da je prije bilo uglavnom simbolično i figurativno, što se postupno mijenja u XVII. stoljeću. Stoga je u cjelovitoj interpretaciji Getaldićeva doprinosa, koji u sebi sadrži i matematičke i filozofske aspekte, važno uspostaviti poveznicu i naglasiti da je ta nova uloga matematike bila fundamentalna za ranu modernu filozofiju (prirodnu filozofiju), kojoj je postala sastavni dio utemeljenja. U tom je smislu *Promotus Archimedes* izvanredan primjer rane transformacije koja se potom u potpunosti razvija u novovjekovnoj znanosti.

Getaldić koristi matematiku tako da je povezuje sa stvarnim mjerenjima i služi mu za oblikovanje osjetilne realnosti. Koristi se opsežnom matematičkom dedukcijom. Njegov je rad u tom smislu neosporan predznak trenda budućeg razvoja. Rastuće povjerenje u moć matematike rezultiralo je

¹⁶Citat iz Getaldić, Marin; *Sabrana djela I*; Institut za povijest prirodnih, matematičkih i medicinskih nauka JAZU, Zagreb 1972., str. 16.

20 Feb 1608
 Padova
 Molto Vostro
 Signor Galileo Galilei
 Ho ricevuto la sua lettera del 10 di questo mese
 della quale ho avuto gran piacere, e ho visto
 l'Apologia di V. S. di cui ho visto in una
 e in molte altre occasioni come meritava, io mi
 ricordo che quando ero in Padova del 1600 V. S. mi mostrò molte
 operazioni del suo compasso, e quanto a me non ho
 bisogno d'altre prove, se bene mi sono impresse nella
 memoria, che tutte quelle che ha inventate, la ringrazio
 molto, tanto del favore voluto leggermi il mio Apologia
 quanto del favore in mandarmi la sua Apologia, e ogni
 volta che mi farà pervenire delle operazioni del suo
 compasso, il favore obbligo grande in loro per come
 ho non intendo altro che non quella che mi viene
 spedita sotto dal P. S. e questa ricevo per
 buona, e molto, che gli ho più facile per
 che pigliar la penna in mano. E anche
 il libro di V. S. della fabbrica e uso del suo compasso
 perche ho avuto gran piacere che habbia
 già un maestro che non solo d'uso, e
 habbiamo come li ha la
 di Ragusa il 20 di Feb. 1608
 Galileo Galilei

Slika 3.: Getaldićevo pismo koje je 20. veljače 1608. iz Dubrovnika uputio Galileu Galileiju. Pismo opisuje njihov susret u Padovi 1600., a Getaldić priznaje da mu u Dubrovniku nedostaju susreti s matematičarima, te da se "osjeća kao zakopan" (iz knjige E. Stipanica, str. 96., navedeno u lit.). Pohranjeno je u Biblioteca Nazionale di Firenze, Manoscritti Galileiani.

primjenom opće, paradigmatičke *geometrijske metode*, kao savršenije od bilo čega, koja se u XVII. st. u velikoj mjeri javlja u djelima istaknutih znanstvenika, ali i filozofa. Naglašavam da je *Promotus Archimedes* primjer djela pisanog strogo znanstvenom metodologijom, eksperimentalno utemeljenog na stvarnim mjerenjima usporedbi specifičnih težina, a čiji se rezultati u potpunosti prezentiraju geometrijskom metodom i grupiraju u formi propozicija i teorema koji se zatim dokazuju. (Pristup eksperimentalnom dijelu istovjetan je načelima izloženim u Galilejevu djelu *Il Saggiatore*.) Arhimed je istaknut u naslovu djela zato što je koristio matematiku za opisivanje fizikalnih problema i na tom području dao teorijsku podlogu na koju se Getaldicevo djelo nastavlja.

Treba istaknuti da je konstrukcija *more geometrico* samo jedna komponenta Getaldiceva matematiziranog pristupa fizici, dok je drugi važan aspekt eksperimentalna utemeljenost, omogućena stvarnim mjerenjima. Teorijska razmatranja i praktični dio u djelu *Promotus Archimedes* upotpunjeni su detaljnim opisima postupaka eksperimentiranja, a dobiveni rezultati usustavljeno prikazani u preglednim tablicama. Getaldicev eksperiment metodički je planiran zahvat svjestan svojeg cilja. Razmatranu pojavu svodi na jednostavne elemente koje potom podvrgava mjerenju. Zahvaljujući matematici, mjerenja dobivaju određeno značenje primjenjivo u daljnjem istraživanju. Moderan pristup istraživanju koji Getaldić u potpunosti pokazuje već u tom svojem ranom djelu iz 1603., objavljenom nekoliko godina prije Galilejeva djela jednake tematike, rezultirao je tim da se u kontekstu novovjekovnog pristupa znanosti Getaldicevo djelo spominjalo više puta ne samo u prošlosti, nego je prisutno i u novijim radovima iz povijesti i filozofije znanosti.¹⁷

Među znanstvenicima kasne renesanse Getaldić se nalazi u skupini prvih istraživača koji primjenom čiste matematike, njezina znanstvenog aparata i metoda, bez simboličkih spekulacija i metafizičkog ruha mistike brojeva, nastoje raspoloživim metodama dosegnuti istraživani segment prirode. Nastoje ga usto s pomoću matematike razumjeti, objasniti i dokazati iz raspoloživih činjenica. U skladu s tim može se zaključiti da je i njegov cjelokupan rad na razvoju i primjeni matematičkih metoda potaknut sviješću da se tek s nastankom novih metoda za obradu teorijskih i praktičnih problema dolazi do novih činjeničnih uvida na kojima se zatim mogu stvarati nova gledišta i teorije.

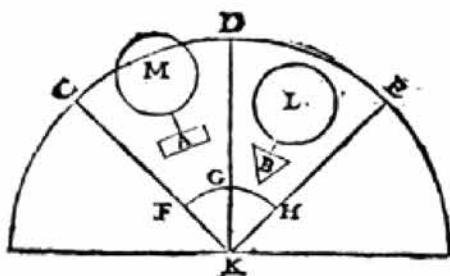
¹⁷Pier Daniele Napolitani, *La geometrizzazione della realtà fisica: il peso specifico in Ghetaldi e in Galileo*, Bolletino di Storia delle Scienze Matematiche, Vol. VIII (1988.) fasc. 2, str. 139 – 236.; Høyrup Jens, *Platonizam ili arhimedizam: O ideologiji i samonametnutom modelu renesansnih matematičara (1400-1600)*, Godišnjak za povijest filozofije 8 (8), Zagreb, 1990., str. 137 – 138.

THEOREMA VIII. PROPOS. XVI.

Corpora eiusdem generis, & grauitatis grauiora quam aqua, et si dissimilia, æqualem in aqua grauitatem habent.

SINT duo eiusdem generis, & grauitatis corpora A, B, grauiora quam aqua, & sint dissimilia, dico ipsa corpora æqualem in aqua grauitatem habere. sit enim si fieri potest corpus A, leuius corpore B, & accipiat aliquod corpus L, leuius quam aqua, ita vt cum ipsi corpori L, appendatur corpus B, & ambo simul demittantur in aqua, sint æque graua atque aqua, neque sursum, neque deorsum ferantur, similiter accipiat alterum corpus M, eiusdem generis cum corpore L, ipsique simile, &

æquale, & corpori M, appendatur corpus A. Deinde intelligatur aqua consistens, & manens, eiusque superficies sphaerica CDE, cuius sphaeræ centrum K, aquæ enim consistentis, atque manentis superficies sphaerica est, cuius sphaeræ centrum idem est, quod centrū



terræ, hoc autem demonstratum est ab Archimede Prop. 2. lib. 1. de ijs, quæ vehuntur in aqua. Intelligantur etiam duæ pyramides coniunctæ, & continuatæ, æquales, & similes KCD, KDE, pro basibus habentes in superficie aquæ parallelogramma, vertices autem punctum K, & corpora L, B, comprehendantur à pyramide KDE, corpora vero M, A, à pyramide KCD, & sub corporibus L, B, describatur quædam alterius sphaeræ superficies FGH, in aqua, circa centrum K, poterit autem huiusmodi superficies sub corporibus L, B, describi, quoniam & si ipsi corpora demerguntur tota, non ideo feruntur deorsum, ponuntur enim æque graua atque aqua. Quoniam igitur eiusdem generis ponuntur corpora M, L, & æqualia, & similia, erunt æque graua, tum in aqua, tum in aere, & quoniam corpus A, leuius est in aqua, corpore B, erunt corpora M, A, simul, in aqua leuiora corporibus L, B, sed corpora L, B, simul, æque graua sunt atque aqua, ergo corpora M, A, simul, leuiora erunt quam aqua; quare corpus M, non demergetur totum, sed aliqua pars ipsius ex aquæ superficie extabit.

Slika 4.: Getaldićev geometrijski dokaz VIII. poučka preuzet iz M. Ghetaldi, *Opera Omnia, Promotus Archimedes*, Zagreb, 1972., str. 37., da sva jednako teška tijela iste tvari, bilo kojeg oblika, u vodi teže jednako. Galilei je poslije, 1612. godine, dokazivao istu tvrdnju, ali je Getaldićev dokaz puno dotjeraniji (lit. Kučera, 1904.).

Literatura

- [1] Busard, H. L. L.: *François Viète*, u: *Dictionary of Scientific Biography*, vol. 14, New York, 1981., str. 18–25.
- [2] Clagett, Marshall: *The Science of Mechanics in the Middle Ages*, Madison, 1961.
- [3] Copleston, Frederick, S. J.: *A History of Philosophy*, Volume III, Late Medieval Renaissance Philosophy, New York, Edition 1993.
- [4] Dadić, Žarko: *Hrvati i egzaktne znanosti u osvit novovjekovlja*, Naprijed, Zagreb, 1994., str. 155–192.
- [5] Dadić, Žarko: *Povijest ideja i metoda u matematici i fizici*, Školska knjiga, Zagreb, 1992.
- [6] Descartes, René: *The Geometry of Rene Descartes*, Dover Publications, New York, 1954.
- [7] Getaldić, Marin: *SABRANA DJELA: Prošireni Arhimed ili O uspoređivanju težine i obujma tijela različite vrste; Neki stavci o paraboli sada prvi put otkriveni i na svjetlo izdani; Zbirka različitih problema; Dopuna Apoloniju Galskom ili Oživjeli preostali dio geometrije dodira Apolonija Pergejskog; Oživljeni Apolonije ili Obnovljena geometrija nagiba Apolonija Pergejca; Oživljeni Apolonije ili Obnovljena geometrija nagiba Apolonija Pergejca*, knjiga druga, Zagreb 1972., (ur.) Žarko Dadić.
- [8] Høyrup, Jens: *Platonizam ili arhimedizam: O ideologiji i samonametnutom modelu renesansnih matematičara (1400–1600)*, Godišnjak za povijest filozofije 8 (8), Zagreb 1990., str. 137–138.
- [9] Kučera, Oton: *Marina Getaldića “Promotus Archimedes”*, Nastavni vjesnik XII, Zagreb 1904.
- [10] Kučera, Oton: *O Marinu Getaldiću, patriciju dubrovačkom, znamenitom matematiku i fiziku na početku XVII vijeka*, Rad JAZU, knj. 117, Zagreb 1893., str. 19–60.
- [11] Majcen, Juraj: *Spis Marina Getaldića Dubrovčanina o paraboli i paraboličnim zrcalima*, Rad JAZU, knj. 223, Zagreb 1920., str. 1–43.
- [12] Napolitani, Pier Daniele: *La geometrizzazione della realtà fisica: il peso specifico in Ghetaldi e in Galileo*, Bolletino di Storia delle Scienze Matematiche, Vol. VIII (1988.) fasc. 2, str. 139–236.
- [13] *Radovi Međunarodnog simpozija Geometrija i algebra početkom XVII stoljeća*, Povodom 400-godišnjice rođenja Marina Getaldića, Zagreb, 1969.
- [14] Stipanić, Ernest: *Marin Getaldić i njegovo mesto u matematici i naučnom svetu*, Zavod za izdavanje udžbenika NR Srbije, Beograd, 1961.

Getaldić Contribution to Mathematics Reflected in Modern Science and Technology

Marijana Borić

Summary: The paper analyzes and expounds on the mathematical method applied by Getaldić in his main work *De resolutione et compositione mathematica*, juxtaposing it with the method applied in his earlier works and comparing it to Descartes's views about the method of scientific research in general. Contrasting the strictly mathematical Getaldić's approach and the broader philosophical (and not solely mathematical) Descartes's approach, one comes to the conclusion that Getaldić, apart from the derived outstanding mathematical results, lacked precisely the broader philosophical perspective required for the creation of a new field of mathematics – analytical geometry. Also this is the way in which we can determine which was Getaldić's contribution to the development of mathematical science. In contrast to the ancient foundations, Getaldić's forming as a mathematician had a crucial influence from another mathematician, Viète and his symbolic algebra. After the first six works written in methods which arise from the tradition of ancient mathematics, Getaldić wrote his most important work *De resolutione et compositione mathematica* which is completely based on the new Viète's algebraic method. He consistently and quite general, develops and promotes an algebraic method, being aware of the importance of choosing a methodological approach, as a major component and driving force in the further development of mathematics. Application of the new method to different problems and theorems of ancient, enabled the reinterpretation of mathematical knowledge and generally opened the door to new fields of science. Getaldić personally approached but did not come to the discovery of analytic geometry, but his work is directly involved in the preparation and creation of the seminal synthesis of arithmetic continuum of numbers and geometrical continuum of points, which was achieved a few years later by Descartes in his work *La géométrie* (1637).

Keywords: Marin Getaldić, development of mathematics, natural philosophy, history of science, analysis, synthesis, problem methods, symbolic algebra, geometric methods, algebraic methods, François Viète

Josip Moser

Laboratorijski dnevnici profesora Josipa Lončara

Sažetak: Profesor Josip Lončar bio je jedan od osnivača nastave elektrotehnike u Hrvatskoj. Odgojio je tijekom pedesetak godina brojne hrvatske i strane inženjere. Tijekom rada vodio je dnevnik u kojem je zapisan njegov doprinos hrvatskoj znanosti i tehnici, posebno elektrotehnici.

Ključne riječi: Josip Lončar, elektrotehnika, dnevnici, predavanja, laboratorijski pokusi, radovi i literatura.

Uvod

Profesor Josip Lončar obilježio je početak nastave elektrotehnike u Hrvatskoj. Postavio je temelj razvoja elektrotehnike od konca Prvog svjetskog rata pa sve do sedamdesetih godina prošlog stoljeća. Taj veliki stručnjak odgojio je niz hrvatskih elektroinženjera. Procjenjuje se da je tijekom punih 50 godina njegova predavanja slušalo više od 6000 studenata. Ali, kako je od njegove smrti prošlo 35 godina, njegov utjecaj slabi i sve je manje onih koji su ga poznavali i koji ga pamte. Sve je manje onih koji su svjesni njegova doprinosa hrvatskoj znanosti i tehnici, posebno elektrotehnici. To je razlog zašto smo izabrali da ovi naši susreti nose naziv Dani profesora Josipa Lončara te da tako podsjetimo na znamenitog profesora.

1. Životopisne bilješke

1.1. Životopis

- 1981. rođen 21. studenog u Đakovu. Otac učitelj.
- 1901. završio osnovnu školu u Brodu na Savi (danas Slavonski Brod).

- 1910. maturirao na Velikoj (klasičnoj) gimnaziji u Vinkovcima te upisao studij fizike i matematike na Mudroslovnom (Filozofskom) fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.
- 1913. upisuje IV. godinu na Faculté des sciences de l'Université de Paris.
- 1915. diplomira u Zagrebu. Postavljen za suplenta na Drugoj realnoj gimnaziji u Zagrebu.
- 1916. nakon ispita stekao naslov profesora fizike i matematike.
- 1920. obranio doktorsku disertaciju na Filozofskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Stekao čast doktora filozofije, doktor fizikalnih nauka. Honorarni asistent novoosnovane Tehničke visoke škole u Zagrebu, Odjel strojarsko-elektrotehničkog smjera.
- 1921. pridijeljeni asistent s pravom predavanja, predmeti Teoretska elektrotehnika, Osnovi elektrotehnike, Električna mjerenja.
- 1923. organizira Laboratorij za električna mjerenja, od 1931. Zavod za osnove elektrotehnike.
- 1931. osnovan Tehnički fakultet na kojem postaje docent.
- 1934. postaje izvanredni, a 1937. redoviti profesor (prvi na Odjelu za elektrotehniku).
- 1962. umirovljen na Elektrotehničkom fakultetu u Zagrebu.
- 1969. povodom tristote obljetnice osnutka Sveučilišta dodijeljen mu je naslov počasnog doktora elektrotehnike.
- 1973. 28. rujna umro u Zagrebu.

1.2. Ostalo djelovanje profesora Lončara

- 1937. dopisni član JAZU (HAZU)
- 1946. redoviti član JAZU (HAZU)
- 1946. – 1973. urednik časopisa Rad Odjela za matematičke, fizičke i tehničke znanosti JAZU
- osnivač Elektrotehničkog društva u Zagrebu i Saveza elektrotehničkih inženjera i tehničara Hrvatske
- osnivač časopisa Elektrotehnika
- objavio 66 znanstvenih odnosno stručnih radova u domaćim i stranim časopisima
- služio se njemačkim, francuskim, engleskim i ruskim jezikom.

1.3. Važne knjige

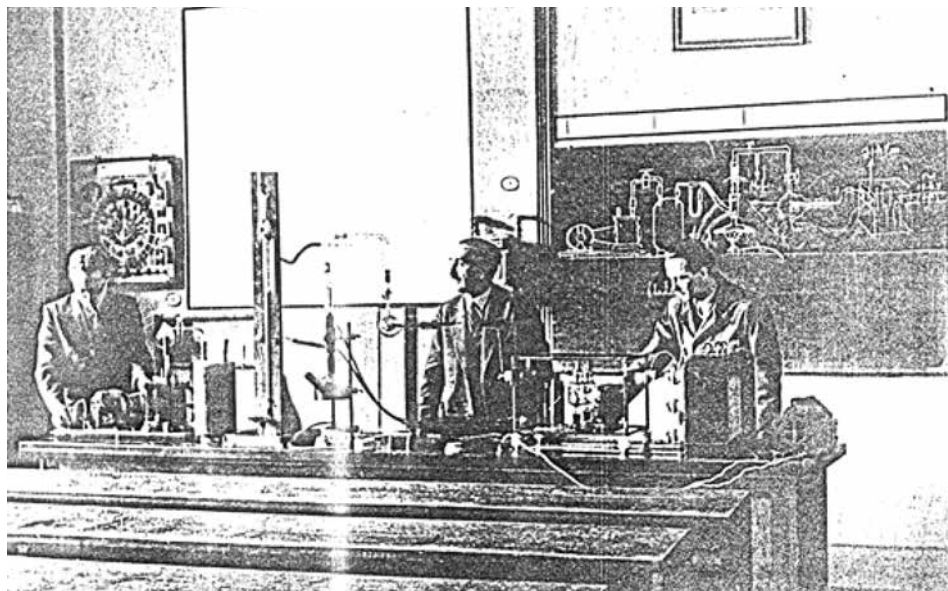
- *Osnovi elektrotehnike*, izdanja 1923., 1932., 1937., 1940. – 1946., 1948., 1956., 1964. i 1965., a 1954. na njemačkom, pretisak izdan 2007.
- *Uvod u električna mjerenja*, sedam izdanja od 1937. do 1972.

1.4. Publikacije

- *Naša rasvjeta*, 1919. (prvo opisivanje električne rasvjete)
- *O sastavu materije*, 1921. (o atomima i molekulama)
- *Iz teorije i prakse katodnih oscilografa*, 1933. (godinu nakon konstrukcije prvog katodnog oscilografa u svijetu)
- *Osnovi suvremene borbe protiv buke*, 1935. (kad problem buke nije bio tako značajan kao danas).

1.5. Rad na području radiotehnike i televizijske tehnike

- *Konstrukcija radiostanica za primanje*, 1927. i 1929., u svrhu proširenja mogućnosti slušanja prve radiostanice na Balkanu, osnovane 1926. u Zagrebu prema njegovim napucima.
- *Radiotehnika*, knjiga i udžbenik, od 1939. do 1969. u pet izdanja.
- Konstruirao je 1930. prvi prijamnik televizijske slike i primio signal Berlina i Londona, fotografirao ga i objavio. Dokazao je da televizijski signal nije strogo usmjeren, kako su vjerovali prvi pronalazači televizije, Nipkow i dr.



Slika 1.: Profesor Lončar tijekom predavanja i izvedbe pokusa

- *O suvremenoj televiziji*, publikacija 1935. i 1937. (osnovni problemi, stanje i smjernice razvoja) u kojima je proročki preorekao ulogu televizije u našem životu.
- 1956. sudjeluje u prvom prijenosu televizijske slike sa Zagrebačkog velelesajma, što je početak televizijskog emitiranja na Balkanu i u istočnoj Europi.

2. Laboratorijski dnevnici

Profesor Lončar vodio je od siječnja 1933. do kolovoza 1954. dnevnik koji čini 12 mapa, bilježnica, umetnutih isječaka, omoćnica s fotografijama i slično. Posebno ga je intenzivno vodio u razdoblju između 1933. i 1936., a koje obuhvaća osam knjiga. Dnevnicu se pomno čuvaju u Zavodu za osnove elektrotehnike, odnosno u Knjižnici FER-a. Donosimo njihov kratki prikaz.

Tablica 1.: Laboratorijski dnevnicu prof. Lončara

svezak	razdoblje
I	siječanj 1933. – prosinac 1933.
II	siječanj 1934. – travanj 1934.
III	svibanj 1934. – kolovoz 1934.
IV	kolovoz 1934. – studeni 1934.
V	studenj 1934. – svibanj 1935.
VI	svibanj 1935. – studeni 1935.
VII	studenj 1935. – travanj 1936.
VIII	travanj 1936. – prosinac 1936.
IX	siječanj 1937. – rujanj 1939.
X	listopad 1939. – travanj 1946.
XI	srpanj 1946. – prosinac 1952.
XII	veljača 1953. – kolovoz 1954.

2.1. Bilješke vezane uz ocjene pri ispitima (imena su izostavljena)

“Ispiti iz OE1 3 studenta:

- a) ... slab, ali bolji od ... b), dobio dovoljan
- b) ... vrlo slab, dobio dovoljan

komentar za oboje: rečeno im je da se imaju iskazati kod OE II malo drugačije! Pripaziti na njih!

- c) ... potjeran s ispita, loši referati i loš odgovor. Potjeran do oktobra.

Ispiti iz OE II 2 studenta:

- a) ... sad je znao dovoljno za strojara: dovoljan 7, bar je znatno bolji od ... b),
- b) ... vrlo slab; nešto zna malo, malo; mašine skoro nikako, radio nika-ko, pa morao doći 18.6.33. na radio opet: onda dobio ocjenu dovoljan, ali mu je rečeno da će kod polaganja 'Elektr. mjerenja [u koliko ne otiđe u vojsku (veli da ide)] polagati, odnosno morati znati i teoriju izmjeničnih struja (i izmjenične mašine uglavnom). Obavješteni sporazuman s tim!"

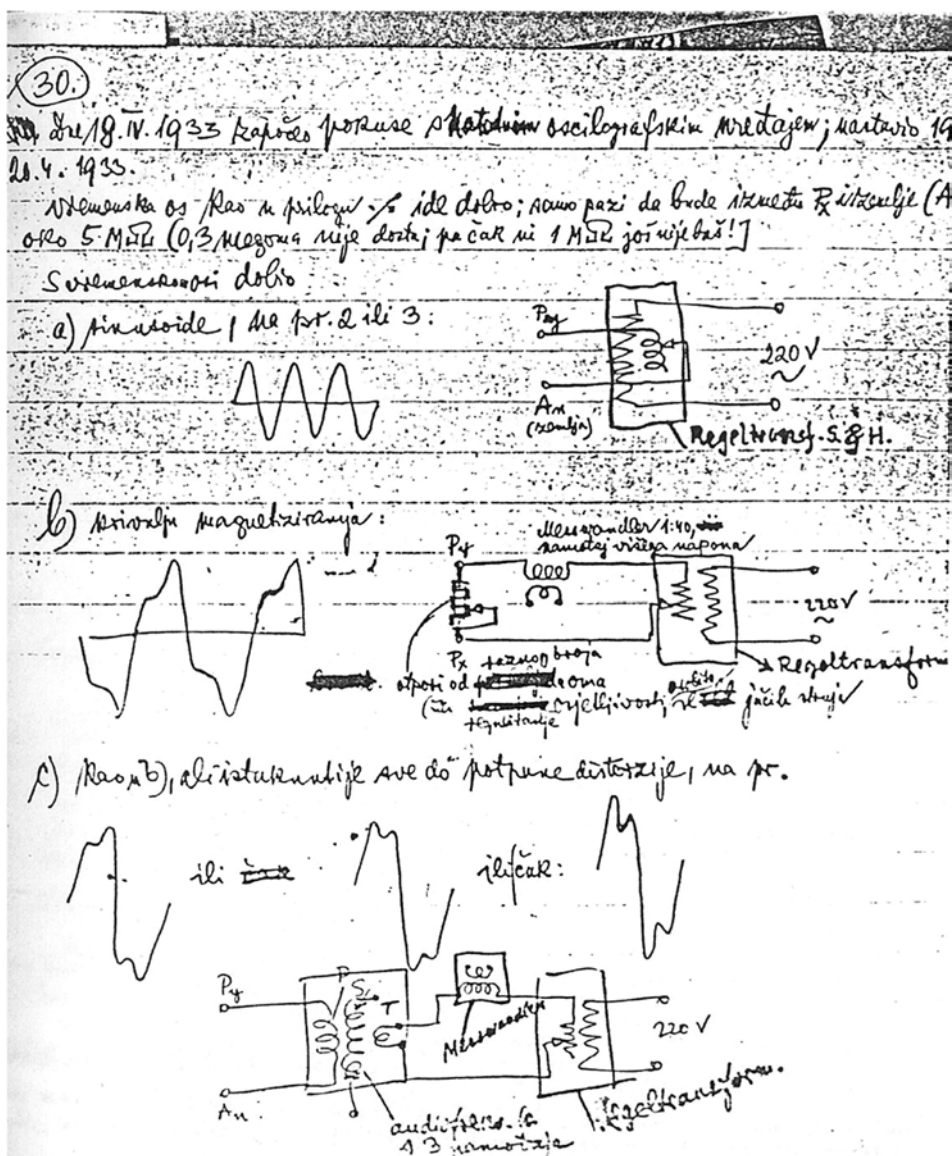
2.2. Knjige koje je čitao, kupovao, recenzirao i slično

"Bilješka za mene lično i zbog eventualne recenzije uz knjigu: Brion-Vieweg, Starkstromtechnik.

- Dr. E. Angerer: Techn. Kunstgriffe bei physic. Untersuchungen, Verl. Vieweg u. Sohn, Brschwg, 1924.
- Čišćenje svijetlom pokvarenih površina ebonite i uputa ima na str. 44 u poglavlju Theoretische Grundlagen od K. W. Wagnera u knjizi: Schering: Die Isolierstoffe der Elektrotechnik von H. Schering, knjiga br. 2856/IX. F.62, knjižnica Tehn. fak. Bilješka br. 30 od 20. 4. 33."

2.3. Bilješke o pokusima

- "Dne 18. IV. 1933 započeo pokuse s katodnim oscilografskim uređajem i nastavio 19. i 20. IV. 1933.
Vremenska os kao u prilogu +/- ide dobro; samo pazi da bude između P_x i zemlje (A_n) oko $5 M\Omega$ (0,3 megma [!] nije dosta; pa čak ni $1 M\Omega$ još nije baš!).
- Dne 2. sept. 1933 radio prvi puta sa rotirajućim filmskim bubnjem (koji sam dao načiniti kod Paspe).
Dobio za cijevne oscilacije $0,1 \mu F + H$ spula (direktno indukcijom preko G spule na otklonske ploče Ardenne cijevi) ove slike; [slijedi prikaz, opis i analiza priloženih fotografija]
Vidmar je prije dvadesetak godina bio Blathiev asistent. Tako on piše sam prigodom Blathijeva jubileja (50 godina rada mislim) na koji je Blathi Vidmara pozvao. Blathi je jedan od izumilaca transformatora, radio je na prenosu električne energije (Frankfurt, 1891), zatim na gradnji velikih generatora (gradio je i generatore za 30 kV) itd. Mnogo se bavio i sportom (početkom devedesetih



Slika 2.: Bilješke profesora Lončara o pokusima s katodnim oscilografom

godina prošlog vijeka, bicikl) i igrao je mnogo i šah i komponirao šahovske probleme. Ima počasni dvostruki doktorat tehničkih znanosti, počasni je član madžarske akademije itd. Sve to piše Vidmar o članku o Blathiju u N. F. Presse od 30 (ili 31) augusta 1933, mislim.

– Problemi slikanja oscilograma i rezultati:

Sjajno! S Gevaert Röntgen papirom ide neočekivano sjajno!!! Ujedno iskušana vremenska os za jednokratni prolaz mrlje lijevo-desno.

Danas sam sistematski istražio omjer osjetljivosti Parix-Roentgen papira Gevaert i Gevaert film 23° i našao omjer.” [Slijede komentari, priložena je omotnica s fotografijama.]”



Slika 3.: Bilješke profesora Lončara o snimanju mikrofonne struje

2.4. Ponekad je naknadno upisivao opaženo

“Naknadno uneseno dne 25. 9. 1933:

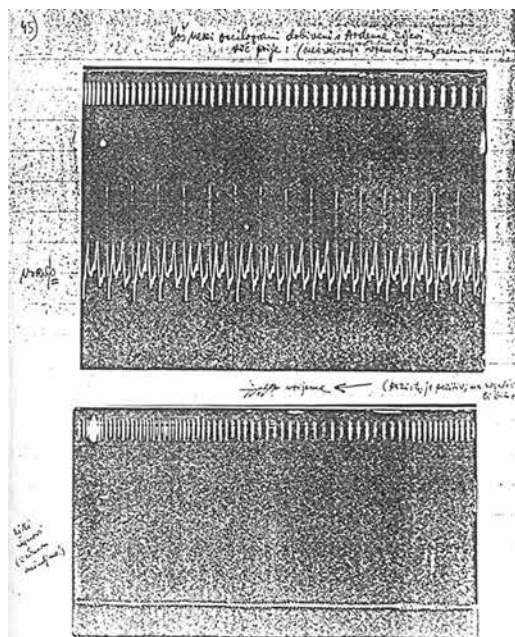
Veliki akumulatori, kada sam se u julu vratio s mora, nakon što su stajali kroz 15 dana prepušteni sami sebi, kod pokusa ispražnjenja dne 1. augusta 1933 dali su još oko 5,4 Ah.”

2.5. Strogo je pratio i bilježio sve što je i gdje objavio ili je o njemu bilo napisano (primjeri):

- “U Physikalische Berichte, Jachrg. IX, 1933, Heft 16 /str 1320/ ima ovaj referat o mojoj radnji u ETZ.
- U H.14 ETZ 1934 str. 356 (5-4-1934) ima među Neuanmeldungen zum Elektrotech. Verien und V. između ostalog stoji: Loncar, Josip, Dr. Universitätsdozent, Zagreb.
- U ETZ 1933. Heft 52, S. 1274/1275 izašla korespondenzija Kind-Loncar koja se nadovezuje na moju radnju Einige Beobachtungen beim Oszilographieren u ETZ 1933, H.22, S.522/523. Moje pismo ima oko 50 štampanih redaka.”
- Isječak članka iz zagrebačkih Novosti od 19.7.34. u kojemu se navodi: “.. Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti u Zagrebu izdala je 249. knjigu Rada s raspravama matematičko-prirodoslovnog razreda: Dr. Josip Lončar: Dalji prilozi grafičkom rješavanju nekih tipova problema izmjenične struje.”
- Priložen članak iz Hrvatskog dnevnika od 27. 6. 1937. o sjednici professorskog vijeća zagrebačkog sveučilišta na kojoj je izabran novi rektor. Na toj je sjednici dr. Josip Lončar izabran za “redovitog profesora tehničkog fakulteta”.
- Isječci iz Novosti i Jutarnjeg lista od 12. 12. 1937. te iz Politike i Pravde od 13. 12. 1937 o imenovanjima i promaknućima, što ih je na prijedlog Ministarstva prosvjete objavilo Kraljevsko Namjesništvo; dr. Lončar imenovan je “redovitim profesorom III položajne grupe 2. stepena.”

2.5.1. I, na kraju, bilješka 930:

- “Od jula do polovice decembra 1937. rad na knjizi: Uvod u električna mjerenja, Prvi dio, Zagreb 1938, Naklada pisca, 124 stranice, 126 slika, Tipografija dd Zagreb, broširano, Din. 40.
- Knjiga je izašla dne 14.12.1937.
- Pregled izašlih recenzija itd. U posebnoj knjižici (nalijepljeni izvadci iz novina).”



- Rečeno im je da se imaju iskazati kod OE II malo drugačije! Pripaziti na njih!
 - potjeran, loši referati i loš odgovor. Potjeran do oktobra.
- OE II < 2 studenta; komentar: >
- vrlo slab; nešto znao malo, malo; mašine skoro nikako, radio nikako, pa morao doći 18.6.33. na radio opet.: onda dobio ocjenu: dovoljan, ali mu je rečeno da će kod polaganja "Elektr. mjerenja", u koliko ne otiđe u vojsku (veli da ide) polagati, odn. morati znati i teoriju izmjeničnih struja (i izmj. mašine uglavnom). Obaviješteni sporazuman s tim!

Bilješka 44 od 19-6-33 *cijevi oscilator, oscilografiranje, isprave*
 Snimio oscilografski oscilacije cijevnog oscilatora laboratorijskoga
 < priloženi: shema i opis pokusa, te fotografije >

Bilješka 45 *Ardenne cijev, oscilogram, isprave, volti, D?*
 Još neki oscilogrami dobiveni s Ardenne cijevi već prije: (markiranje vremena zagonetnim oscilacijama neon cijevi, one male iz Radiotehnike)
 < nekoliko fotografija, od kojih je jedna označena kao oscilogram "vokala O", a druga "konsonanta R (g. Mayer govorio)"; priloženi su i negativ >

Bilješka 46 od 27-6-33 *OE I, OE II, isprave*
 Ispiti dne 27 juna 1933:
 Osnovi elektrotehnike II < 8 studenata >;
 Osnovi elektrotehnike I < 4 kandidata >;
 Za E.M. nije bilo nijednog kandidata.

Bilješka 47 *vokal "I", oscilogram, isprave, oscilogram, isprave*
 Vokal "I" (mikrofonska struja) < fotografija oscilograma >

Bilješka 48 od 2-9-33 *isprave, oscilogram, isprave*
 Dne 2 sept. 1933 radio prvi puta sa rotirajućim filmskim bubnjem (koji sam dao načiniti kod Paspé).
 Dobio za cijevne oscilacije, 0,1 μ F + H spula (direktno indukcijom preko G spule na otklonske ploče Ardenne cijevi), ove slike: < prikaz, opis i analiza priloženih fotografija >

PUČKO SVEUČILIŠTE

Zanimivo predavanje dra Lončara o katodnim cijevima

Katodne cijevi služe za ustanovljenje
diagnoze kod bolesti strojeva – Vel-
ika važnost katodnih cijevi, koje će za-
mijeniti kompas

Zagreb, 28. XI.

U nedjelju održao je docent tehničkog
fakulteta dr. Lončar u Pučkom sveuč.
lištu vrlo zanimivo predavanje pod na-
slovom: 'Elektroni koji bilježe'. To pre-
davanje već je jednom održano, ali se
zbog velikog interesa moralo ponoviti.
Predavač odmah u početku spominje, da
će predavati o elektronima, tim najsit-
nijim električnim česticama, koji su za
modernu tehniku od upravo golemog za-
maštaja. U današnje doba, u vrijeme sil-
nog razvitka tehnike kad je čovjek izu-
mio toliko stvari, koje su se još pred ne-
koliko decenija smatrale upravo neostva-
rivima namienio je i neznatnim elektro-
nima također vrlo važnu zadaću.

Elektroni su atomi negativne elektri-
citate, tako neznatne mase, da ih malo
jače električne sile atave u vrlo brzo
gibanje. Kad se to ostvari govorimo o
'katodnim zrakama'. Te zrake proiz-
vedene u posebnim cijevima (katodne ci-
jevi) pokazuju vanredno interesantna
svojstva. Ta svojstva daju se također
vrlo dobro praktično iskoristiti, pa je
predavač pokazao to raznim primjeri-
ma. Opisao je konstrukciju katodnih ci-
jevi koje možemo svrstati u dva tipa, u
niskonaponske i visokonaponske. Zatim je
predavač prikazao kako se uz pomoć
katodnih zraka mogu registrirati pojave
koje se zbivaju vrlo velikom brzinom.
Ovakove brze registracije obavljaju se
pomoću posebnih sprava, nazvanih os-
cilografi. Katodni oscilografi daleko su
bolji od mehaničkih oscilografa, jer elek-
troni mogu slijediti i takve pojave koje
se zbivaju samo u nekoliko milijardina
sekunda.

Koristi oscilografije i prednosti katod-
nih oscilografa ilustrirao je dr. Lončar
svom diaporitivom. Ti diaporitivi sm-
ljeni su većim dijelom u vlastitom labo-
ratoriju dra Lončara, koji je sam radio
kao istraživač na području oscilografije.
Zatim je predavač pokazao kako je 'ka-
todna cijev' mogla osvijetliti mnoge po-

jave, koje su do sada bile potpuno ne-
razjašnjene. Tako su katodne cijevi vrlo
dobro poslužile kod istraživanja mikro-
fonskih struja, provedenih od raznih
zvukova, kod širenja radiovalova, kod
meteoroloških istraživanja, ispitivanja
magnetskog materijala (vrstnoća željeza)
kod pojava 'proboja električnih izolatora'
i tako dalje.

Zatim je predavač lijepo prikazao
kako se pomoću katodnih cijevi može
istražiti pogriješke kod raznih strojeva.
Katodne cijevi mogu se prema tome
upotrijebiti za ustanovljenje 'diagnoze'
kod bolesti strojeva, isto tako kao što
röntgen služi da se ustanovi 'diagnoza'
kod bolesti čovjeka.

Medjutim katodnu cijev čeka velika
budućnost i na drugom polju. Ona se
neće upotrebljavati samo kao 'sredstvo'
istraživanja, već također i kao pogon-
ska naprava. Dr. Lončar je dao nekoliko
primjera za ovakove primjene katodnih
cijevi.

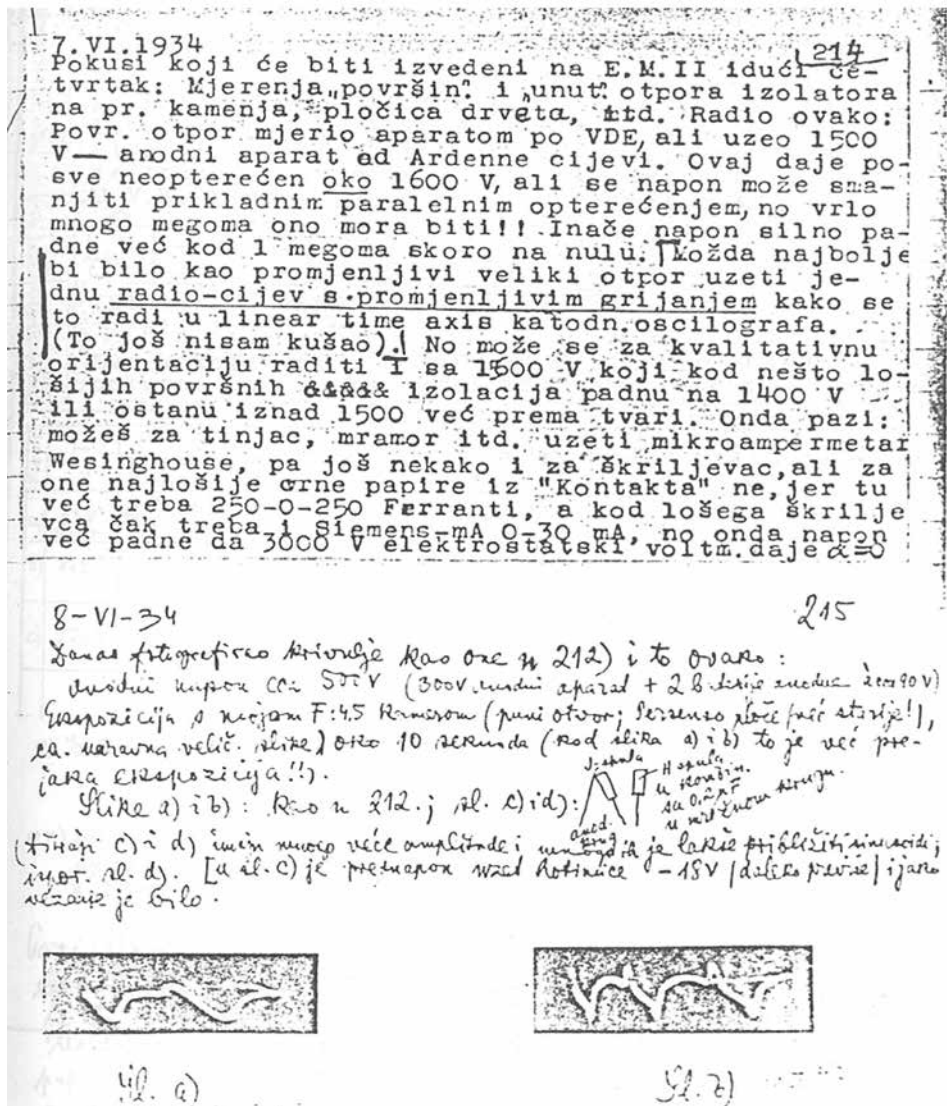
On je u prvom redu eksperimentima
prikazao katodnu cijev kao spravu, koja
trenutačno pokazuje smjer odakle dol-
azi neki električni signal. Praktični služiti
će to u navigaciji za orijentiranje bro-
dova i avijona u magli, pa će katodna
cijev moći zamijeniti sa najvećim uspjeh-
om i brzinom.

U tonfilmu čeka katodne cijevi tako-
djer velika budućnost. Navažnija upo-
treba katodnih cijevi biti će svakako u
televiziji, tako da bi daskora mogli gle-
dati događaje koje se zbivaju u velikim
daljinama u momentu dok se događaju.
Mogli bi tako primjerice gledati tonfilm-
ske scene aparaturom u Zagrebu oda-
slane sa jedne udaljenije stanice, primje-
rice u Berlinu ili u Parizu. Imade se još
usavršiti neke stvari, tako da bi se istom
onda mogli u punom smislu riječi poslu-
žiti sa katodnim cijevima i iskoristiti ih
u praktične svrhe.

Na kraju svog predavanja dr. Lončar
je ponovno spomenuo od kolike su važ-
nosti katodne cijevi za čovječanstvo, a
novim istraživanjima usavršiti će se još
više ovaj važni izum. Publika je saslu-
šala veoma pažljivo ovo predavanje i
nagradila predavača s burnim aplauzom.

Nakon svršetka predavanja predavač
je prisutnima pokazao aparaturu za ana-
lizu zvukova uz pomoć katodnih cijevi.
Pojedini slušači mogli su motriti krivulje
vlastitog glasa kod izgovaranja pojedinih
riječ.

Slika 5.: Preslika zapisa o predavanju profesora Lončara o katodnim cijevima



Slika 6.: Slike i ispravci opisa pokusa iz predavanja predmeta Osnovi elektrotehnike II

Zaključak

Bilješke profesora Lončara prava su dragocjenost, posebno ako se želi proučavati povijest razvoja elektrotehnike u Hrvatskoj i svijetu, stoga je šteta što su po ormarima Zavoda za Osnove elektrotehnike Fakulteta elektrotehnike i računarstva u Zagrebu. Bilo bi vrlo vrijedno da se taj dragocjeni materijal stručno obradi i da se posebno izda kao knjiga odnosno u elektroničkom obliku.

Laboratory Deiries of Professor Josip Lončar

Josip Moser

Abstract: Professor Josip Lončar was one of the founders of electrical engineering courses in Croatia. Over a period of about fifty years he taught many Croatian and foreign engineers. During his work he kept a deiries in which he recorded his contributions to Croatian science and technology, especially electrical engineering.

Key words: Josip Lončar, electrical engineering, deiries, lectures, laboratory experiments, scientific studies and literature

Darko Žubrinić

Antun Lučić – Anthony F. Lucas otac svjetske naftne industrije

Sažetak: Antun Lučić (Anthony F. Lucas, 1855. – 1921.) jedna je od najznačajnijih osoba u povijesti naftne industrije XX. stoljeća. Rođen je u Splitu, u obitelji podrijetlom s otoka Hvara. Njegovo otkriće Lucasove erupcije 1901. godine označuje početak suvremene naftne industrije i potpuno je promijenilo živote ljudi širom svijeta.

Ključne riječi: Antun Lučić, Anthony F. Lucas, nafta, naftna industrija, Spindletop, Lučićeva erupcija, Lučićeva medalja

Uvod

Antun Lučić (Anthony F. Lucas, rođen u Splitu 1855., umro u Washingtonu 1921.), otac je naftne industrije. Otkrio je prvi veliki naftni izvor u Teksasu, gdje je nastala znamenita Lukasova erupcija – *The Lucas gusher*, koja je izbacivala 80 000 do 100 000 barela nafte dnevno. Šiknula je u siječnju 1901., a oko 50 000 ljudi došlo je vidjeti rijeku nafte koja se slijevala prema Meksičkom zaljevu. Nafta je šikljala u dvostrukoj visini bušačeg tornja.

S tim događajem započela je prva masovna eksploatacija nafte u svijetu. Antun Lučić, poznat kao Anthony F. Lucas (srednje ime F. = Francis dobio je po ocu Franji, mornaru i brodograditelju), vjerovao je da se pod Spindletopom kod Beaumonta nalazi veliko naftno jezero.

Njegova kompanija postala je jedna od prvih naftnih kompanija u Teksasu. Antun Lučić bio je rudarski inženjer koji je studije završio na Politehničkom institutu u Grazu gdje je nešto kasnije studirao i Nikola Tesla.

Do kraja 1902. izgrađeno je čak 285 bušotina, a osnovano je više od 600 naftnih kompanija na području Spindletopa (broj stanovnika Spindletopa skočio s 8 000 u 1901. na 60 000 u 1902., tj. samo u jednoj godini!). Lučić je time omogućio SAD-u da nadmaši Rusiju kao vodećeg svjetskog proizvođača nafte. S pojavom Lucasove erupcije započela groznica za crnim zlatom, a lovci na brzu zaradu slijevali su se u Teksas iz cijelog svijeta. Tijekom nekog vremena Houston je postao središte naftne industrije i došao u posjed globalnog naftnog kartela pod britanskom upravom.

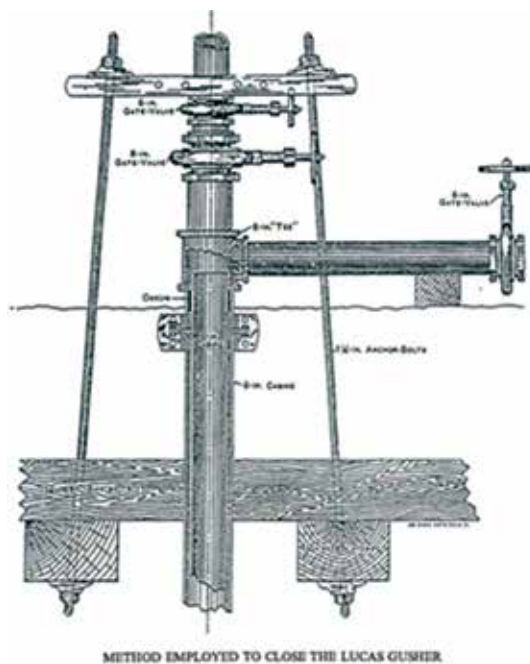
1. Izumi Antuna Lučića

Fotografija na slici 1. nastala je četiri dana nakon što je nafta počela šikljati. Izvor je divljao tijekom deset dana, izbacujući dnevno oko 800 000 barela nafte, nakon čega je, prije no što je Lukas uspio ukrotiti mlaz, nastalo naftno jezero površine oko 100 jutara.

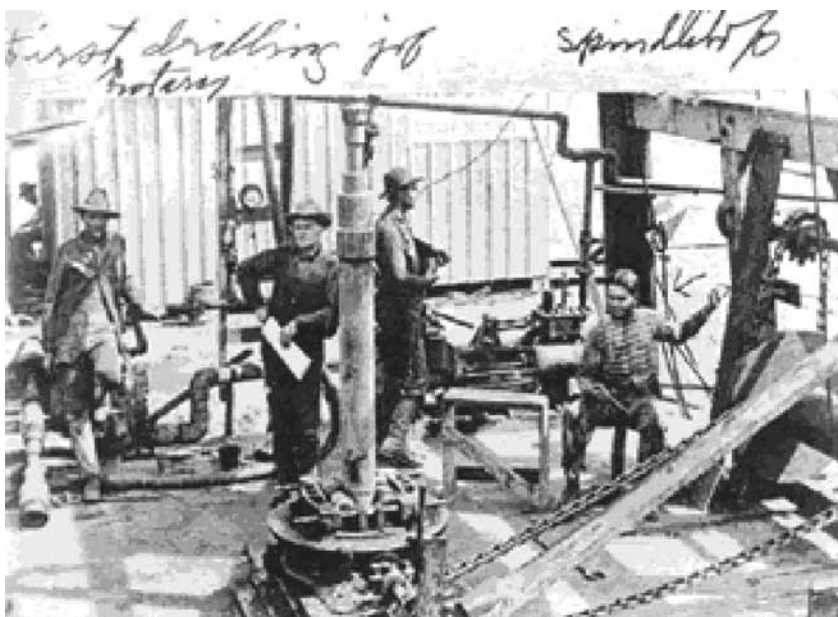
Visina mlaza nafte bila je dvostruko viša od visine bušačkog tornja, tj. oko 30 metara iznad tornja. Velike količine nafte slijevale su se čak do Port Arthura, šesnaest milja nizvodno, na obali Meksičkog zaljeva [Sorić, str. 97], slika 3.



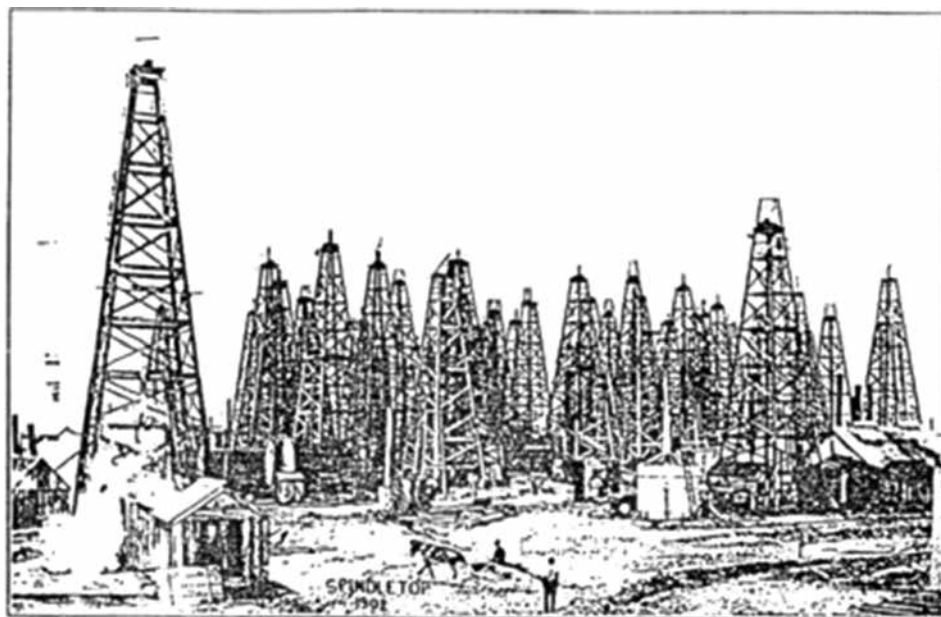
Slika 1.: Antun Lučić izumio je *božićno drvce* (*Christmas tree*), tj. sustav ventila i cijevi postavljenih na izvor kako bi se ukrotio mlaz nafte. Božićno drvce povezano je s naftovodom za prijenos i uskladištenje nafte.



Slika 2.: Božićno drvce koje je Lučić izumio zbog kroćenja mlaza nafte (fotografija iz [McBeth])



Slika 3.: Lučić i njegova posada za bušenje (fotografija iz [Math/Science Nucleus] za djecu).
Antun Lučić je naslonjen na crpku za vađenje nafte.



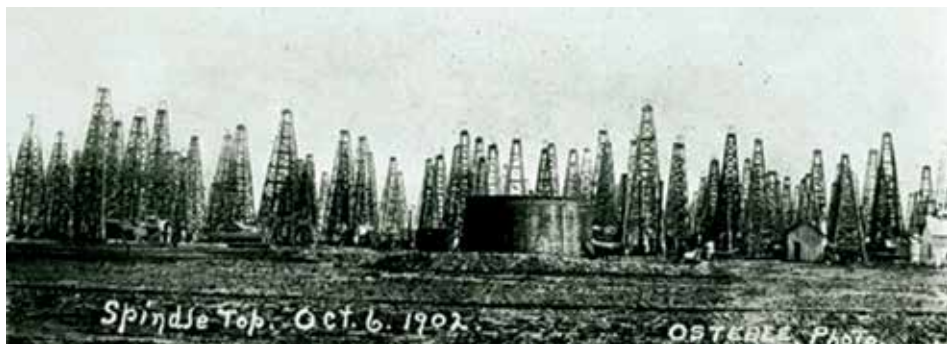
SPINDLE TOP, CONGESTION OF DERRICKS IN 1901-1902

Slika 4.: Brojni bušači tornjevi u Spindletopu 1901./1902. (Fotografija iz [McBeth])

Programom pomorske opskrbe koji je 1901. prihvatila vlada SAD-a određeno je da svi brodovi moraju imati opremu za izgaranje naftnih goriva. Sve veći broj željeznica počeo je koristiti naftno gorivo, a proizvođači su napuštali ugljen i plin. Istodobno je tek počeo razvoj automobilske industrije, a važnost Lučićeva otkrića za daljnji razvoj te grane bila je iznimno velika.



Slika 5.: Antun Lučić (lijevo, fotografija iz [McBeth])



Slika 6.: Spindletop 1902. Šuma tornjeva, kao simbol snage SAD-a, izgrađen oko Lučićeva tornja

Antun Lučić jedan je od izumitelja modernih postupaka za uskladištenje nafte. Bio je i konzultant u SAD-u, Rusiji, Meksiku, Alžiru i Rumunjskoj. Neki od važnijih Lučićevih izuma koji i danas nalaze primjenu:

- nadzemna metoda vađenja soli iz solnih rudnika soli (*overhead method of mining in salt mines*)
- površinsko istraživanje podzemnih naslaga minerala (*surface exploration of underground mineral deposits*)
- primjena hidrauličkog rotacijskog stroja za bušenje naftnih bušotina (*application of hydraulic rotary rig in oil well drilling*)
- konstrukcija i primjena protupovratnog ventila (*construction and application of back pressure valve*)
- uporaba gline za bušaće isplake (*use of clay for drilling fluids*)
- konstrukcija protuerupcijske (*killing*) opreme (*construction of blowout, so called "killing" equipment*)
- projektiranje presjeka bušotine (*designing of well logs*).

2. Priznanja Antunu Lučiću

Lučić je kao stručnjak za rudarstvo bio izabran za doživotnog predsjednika Američkog odbora za naftu i plin (*American Committee for Oil and Gas*, poslije preimenovanog u *Petroleum Division* (vidi <http://www.answers.com/topic/anthony-francis-lucas>). Američki institut za geološka i metalurška istraživanja (*The American Institute for Geological and Metallurgical Investigations*) ustanovio je 1936. godišnju nagradu pod nazivom Zlatna medalja Antuna Lučića, slika 7. (Anthony F. Lucas Gold Medal, vidi <http://www.aimehq.org/awards/viewaward.cfm?TypeID=8>). Medalja se dodjeljuje svake godine, a od 1936. do 2011. primilo ju je 67 osoba.



Slika 7.: Zlatna medalja Antuna Lučića – godišnja nagrada Američkog instituta za geološka i metalurška istraživanja

U čast Antuna Lučića podignut je na mjestu njegova prvog bušačkog tornja u Spindletopu granitni obelisk visine 18 m, slika 8. Ondje je također postavljen i granitni Lučićev spomenik visine 1,5 m s tekstom: “His discovery revolutionarized industry and transport, ... and changed lives of people in the whole world” (u prijevodu: “Njegovo je otkriće revolucionariziralo industriju i



Slika 8.: Granitni obelisk visine 18 m podignut u spomen na Lucasovu erupciju u Spindletopu 1901. godine

transport, ... i promijenilo život ljudi u cijelom svijetu”. U podnožju obeliska od ružičastog tekšaškog granita nalazi se sljedeći tekst:

*On This Spot
on the Tenth Day of the
Twentieth Century
a New Era
in Civilization Began*
(u prijevodu: Na ovom je mjestu
desetog dana
dvadesetog stoljeća
započela nova era
u povijesti civilizacije.)

Nafta je revolucionarizirala industriju i transport; (...) stvorio je neopisivo bogatstvo, izgradio gradove, omogućio zapošljavanje stotina tisuća ljudi, i doprinio milijarde dolara poreza koji su podrprli vladine institucije. Tijekom nekoliko godina on je promijenio čovjekov način života diljem svijeta.

Vidi [Sorić, str. 99]

Spomenik je 1941. dala podignuti udruga Lucas Gusher Monument Association. Godine 1978. prenesen je iz Spindletopa na u Gladys City radi bolje dostupnosti.

Cijelo područje Spindletopa, kao i spomenik, vlada SAD-a proglasila je Nacionalnom povijesnom znamenitosti (*National Historic Landmark*). Stota obljetnica Lucasove erupcije svečano je proslavljena 10. siječnja 2011. godine. Izgrađena je i impresivna replika Lučićeva bušačeg tornja koji za posjetitelje izbacuje vodu umjesto nafte [v. Spindletop Lucas Gusher Re-Creation].

Lučićevio je otkriće nadahnulo i jednog skladatelja na koračnicu nazvanu *Lucas Geyser March Song* (1901). Poslušajte je na [Birth of the Modern Oil Industry].

Lučićev sin i snaha osnovali su 1943. godine dobrotvornu zakladu u njegovo ime.

Ulica i osnovna škola u Beaumontu nose njegovo ime. Evo jednog razmišljanja o njegovu značaju:



Slika 9.: Antun Lučić (Anthony F. Lucas) uvršten je među 200 najzaslužnijih Amerikanaca u povijesti SAD-a

Today we can proudly claim that the father of the oil industry in America, if not in the entire world, was a Croatian immigrant, Captain Anthony F. Lucas (Lucic), and that he has set into motion the modern oil industry, which, to the time of Lucas' discovery of oil, was claimed to be desert land and worthless sand. (vidi [Sorić, p 105])

(u prijevodu: Danas možemo s ponosom tvrditi da je otac naftne industrije Amerike, ako ne i cijelog svijeta, bio hrvatski imigrant kapetan Anthony F. Lucas (Lučić). Pokrenuo je modernu naftnu industriju koja je do njegova otkrića bila smatrana potpuno nekorisnom.

3. Životopisne bilješke

Što se tiče njegove nacionalnosti, često ga se pogrešno naziva Austrijancem, ponekad Nijemcem, pa čak i Talijanom (kao na pr. u *Who is Who in America*, gdje možemo naći još jednu pogrešku – da je rođen u Trstu). Na njegovu grobu u Rock Creeku u Washingtonu piše da je bio ilirskog podrijetla.

Antun Lučić u intervjuu koji je dao nekoliko godine prije smrti izrijekom spominje hrvatski identitet (vidi [Eterovich] u odjeljku *Lucich-Lucas Goes to America*.

Kapetan Franjo Stjepan Lučić, otac Antuna Lučića, bio je brodovlasnik i brodograditelj na Hvaru. Mladost je proveo na otoku, a nakon vjenčanja preselio se sa suprugom Ivanom u Split, gdje je 9. rujna 1855. rođen njihov sin Antun Franjo.

Antun Lučić je osnovnu školu počeo pohađati u Splitu, ali obitelj je potom preselila u Trst gdje je njegov otac službovao u austrougarskoj mornarici. Roditelji su mladog Antuna upisali na studij Politehnike u Grazu gdje je uskoro počeo studirati i od njega godinu mlađi Nikola Tesla.

U prilogu [Anthony Lucas Interview] možete vidjeti intervju koji su u čast Antuna Lučića pripremili učenici jedne američke osnovne škole. Taj bi razgovor mogao biti poticaj i našim osnovnim školama, ali i hrvatskim znanstvenim institucijama, da ime Antuna Lučića dođe na svjetlo dana te da se ispravi neistina da je rođen u Austriji.

U Hrvatskoj, koliko mi je poznato, još nitko nije iscrpno proučavao život Antuna Lučića. Slutim da bi na otoku Hvaru mogli biti dostupni dodatni podaci o njegovoj obitelji. Godine 2011. je u povodu 110. obljetnice Lučićeve naftne erupcije autor ovih redaka objavio članak “Anthony F. Lucas born as Antun Lucic of Split, Croatia, discoverer of the the first major gusher in Texas in 1901”, www.croatia.org/crown/articles/10193/1/. Članku prethodi prilog o Lučiću objavljen u [Žubrinić].

Pretpostavljam da potomci Anuna Lučića – Anthonyja F. Lucasa žive i danas u SAD-u. Postoji li i danas spomenuta Lučićeva dobrotvorna zaklada?

Zaključak

Antun Lučić jedna je od najznačajnijih osoba u povijesti svjetske energetike XX. stoljeća. Njegova su otkrića promijenila živote milijuna ljudi širom svijeta. U Hrvatskoj je ostao, nažalost, gotovo nepoznat. Jedina postojeća monografija o Antunu Lučiću objavljena je u SAD-u još za njegova života, 1918. godine, autora [McBetha]. Po značaju za povijest civilizacije Antun Lučić stoji uz bok Nikoli Tesli. Članak je poziv da se detaljno istraži život Antuna Lučića.

Zahvale

Najljepše zahvaljujem g. Vedranu Josephu Nazoru iz SAD-a na pomoći u prikupljanju podataka o Antunu Lučiću. Zahvaljujem prof. dr. Nediljki Medimurec s Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu na posudbi knjige [Mc Beth], kao i na njezinu hrvatskom prijevodu. Dio nazivlja iz

geologije pomogao mi je na hrvatski prevesti Nikola Zdenković, diplomirani inženjer rudarstva iz Zagreba. G. Adam Eterovich iz SAD-a puno mi je pomogao dopuštenjem da njegov članak [Eterovich] bude objavljen na mojem portalu. Zahvaljujem prof. dr. Zvonku Benčiću na pozivu da bude pripremljen ovaj članak.

Literatura

- [1] Sorić, Boniface (ed.); *Centennial 1847–1947, The life and Work of the Croatian People* (Pittsburgh: Privately printed), The Croatian Historical Research Bureau, Allegheny County, Pennsylvania, 1947
- [2] McBeth, Reid Sayers; *Pioneering the Gulf Coast; a story of the life and accomplishments of Capt. Anthony F. Lucas*, New York 1918; reprinted and revised by INA Naftaplin in Zagreb, 1998., ISBN 953-96949-5-7, translation into Croatian – Antun Lucić, *Zacetak traganja za naftom na obali meksičkog zaljeva*, ISBN 953-96949-4-9
- [3] Eterovich, Adam; *Lucich discovery of oil at Spindletop, Texas, January 10, 1901 at 10:30 AM*, www.croatianhistory.net/etf/lucic.html
- [4] Žubrinić, Darko; *Croatian Science*, www.croatianhistory.net/etf/et22a2.html
- [5] Lucas, Anthony Francis (The Handbook of Texas), www.tsha.utexas.edu/handbook/online/articles/view/LL/flu4.html
- [6] *Who was Anthony F. Lucas?* (for children), <http://library.thinkquest.org/J0112442/lucas.html>
- [7] www.spindletop.org
- [8] Anthony F. Lucas, <http://gladyscity.weebly.com/spindletop-history.html> (Lučić je pogrešno proglašen Austrijancem)
- [9] Spindletop, Texas, <http://www.priweb.org/ed/pgws/history/spindletop/spindletop.html>
- [10] James Anthony Clark and Michel T. Halbouty, *Spindletop*, New York, Random House, 1952
- [11] Everett DeGoyler; *Anthony F. Lucas and Spindletop*, Southwest Review 30, Fall 1945
- [12] *Anthony F. Lucas born as Antun Lucić of Split, Croatia, discoverer of the first major gusher in Texas in 1901*, www.croatia.org/crown/articles/10193/1/
- [13] *Birth of the Modern Oil Industry*; Lucas Geyser March Song (1901); Oil drilling in the salt dome under Spindletop Hill near Beaumont was unsuccessful until the Lucas geyser came in on January 10, 1901. http://www.youtube.com/watch?v=nXgDzrd_2I0&feature=related
- [14] Spindletop Lucas Gusher Re-Creation, <http://www.youtube.com/watch?v=IP-HradCsKNG&feature=related> ili http://www.youtube.com/watch?v=lk5_NlpIyx4 (YouTube)
- [15] Texas Energy Museum Spindletop Drilling Rig, http://www.youtube.com/watch?v=o9U-pWbb_C8&feature=relmfu (YouTube)

- [16] *The site of the Lucas gusher which prompted an oil boom in America back in 1901 in Beaumont, Texas.* Video recorded during the Beaumont CVB Destination Training. <http://www.youtube.com/watch?v=3sVAcKFACZ4> (YouTube)
- [17] Anthony Lucas Interview, http://www.youtube.com/watch?v=4s9SmaP_aDM (YouTube)

Antun Lučić – Anthony F. Lucas Father of the World's Petroleum Industry

Darko Žubrinić

Summary: Antun Lučić (Anthony F. Lucas, 1855.-1921.) is one of the most prominent persons in the history of petroleum industry of the 20th century. He was born in the city of Split, and the family originates from the island of nearby Hvar. His discovery of the Lucas gusher in 1901 represents the beginning of the contemporary petroleum industry, which completely changed the life of people throughout the world.

Key words: Antun Lučić, Anthony F. Lucas, petroleum industry, Spindletop, Lucas gusher, The Lucas Medal

Branko Hanžek, Zvonko Benčić

Profesor Josip Boncelj – rad na području mjeriteljstva i normizacije

Sažetak: U radu su dosad najpotpunije opisani život, rad i djelo prof. ing. Josipa Boncelja. Nakon završenog studija strojarstva i elektrotehnike na Tehničkom fakultetu u Beču, radio je najprije u Austriji i Sloveniji. Od 1927. do 1946. redoviti je profesor na Tehničkom fakultetu u Zagrebu, nastavno i stručno radeći na konstrukciji strojnih dijelova. Od 1949. do 1961. predavao je honorarno na PMF-u u Zagrebu. Posebno je zanimljiv prikaz njegova rada na području mjeriteljstva i normizacije. Dan je i osvrt na dio Bonceljevih objavljenih radova, posebno onih koji se odnose na mjeriteljstvo i normizaciju. Također je načinjen potpuni popis njegovih objavljenih radova.

Ključne riječi: mjeriteljstvo i normizacija, Josip Boncelj, Tehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, autorska bibliografija

1. Napomene o povijesnim vrelima

Iako je o Josipu Boncelju pisano u raznim spomenicama i leksikonima od 1929. pa do 2009. godine, još do danas nije načinjeno sustavno istraživanje njegova života i rada. Naime, o Boncelju se pisalo samo uzgredno, biografije su bile kratke bez preciznijeg isticanja njegova značenja za povijest tehničkih znanosti, a osim toga, dosta je ponavljanih netočnih podataka.

Stoga je cilj ovog rada da se netočnosti isprave, sustavnost uspostavi (makar djelomično navođenjem njegove cjelokupne bibliografije, kao i opisom i vrednovanjem njegovih najznačajnijih radova) i upozori javnost na njegove zasluge.

Boncelj je, jezgrovito rečeno, bio vrlo iskusan i strpljiv mjeritelj, iako ne najstariji, ali je sigurno najstariji znanstvenik koji se s najvećom mogućom aktivnošću bavio normizacijom (u njegovo doba ona se nazivala i normalizacija). Dakle, može se tvrditi da je Boncelj naš najkompletniji normiratelj, jer nije samo bio iskusan mjeritelj, nego i voditelj, odgovorna osoba, pa i nadziratelj cijelog normizacijskog postupka. Tako je imao ključnu ulogu u svim fazama tog složenog postupka.

Osim netočnosti valja navesti i jedno zaboravljanje (ili prešućivanje) Josipa Boncelja. To je podatak da on uopće nije spomenut u Hrvatskom biografskom leksikonu.

U najstarijoj spomenici iz 1929. godine (Spomenica Fakultetskog savjeta Tehničkog fakulteta Sveučilišta Kraljevine Jugoslavije u Zagrebu iz 1929.), točno su navedeni podaci o Bonceljevim prethodnicima, kao i o Zavodu koji je osnovao i predmetima koje je predavao. Kako nema objavljenih biografija o nastavnicima, nema ni netočnih podataka. U Spomenici iz 1943. godine (Tehnički fakultet Hrvatskog sveučilišta u Zagrebu, Spomenica 1942. – 1943., Zagreb, 1943.) krivo je, na str. 105, navedena godina Bonceljeva rođenja. Tamo je navedena 1889. godina, a točna godina je 1884., što se može uvidjeti pregledom preslika i službenih prijepisa dokumenata kao što su izvod iz matice rođenih i domovnica. Ta se pogreška ponavlja (prepisuje) u Monografiji u povodu 75. obljetnice osnutka Tehničke visoke škole u Zagrebu, godine 1994. (na str. 316). Isto tako, ta je pogreška ponovljena u Hrvatskom leksikonu, sv. 1, A-K, Zagreb, 1996. (na str. 124), u Hrvatskoj enciklopediji sv. 2. Be-Da, Zagreb, 2000. (str. 227), u Spomenici Arhitektonsko-Građevinsko-Geodetskog fakulteta, Zagreb, 2000. (str. 229). U Slovenskom biografskom leksikonu (1925. – 1991. (2009.), Elektronska izdaja, Ljubljana: SAZU) naveden je podatak da je Josip Boncelj umro 6. siječnja 1971., dok u hrvatskim enciklopedijama stoji podatak da je umro u Zagrebu 5. siječnja 1971. Stoga je taj podatak pomalo dvojben. Kako je u članku dr. Romana Savnika: Pomembni rojaki iz Selške doline (Zbornik radova *Selška dolina v preteklosti in sedanjosti*, 1973., Muzejsko društvo v Škofji Loki, pododbor Železniki) dano najviše točnih podataka o Bonceljevu životu i radu, smatrat će se njegove tvrdnje o datumu i mjestu smrti J. Boncelja vjerodostojim i točnim. Savnik je napisao da je Boncelj umro 5. siječnja u Celju, a pokopan je u Železnikama.

2. Životopis Josipa Boncelja

Josip Boncelj rođen je i kršten 17. srpnja 1884. u mjestu Železniki (Oberkrain) u Sloveniji. Tad se to mjesto zvalo Eisner Laack an der Zeier. Otac mu je bio Josip, a majka Terezija rođena Gavbe. Srednju školu (realnu gimnaziju)



Slika 1.: Josip Boncelj (17. srpnja 1884. – 5. siječnja 1971.), profesor Tehničkog fakulteta u Zagrebu

završio je 1902. u Ljubljani, a tehniku studirao u Beču, gdje je 1908. položio ispit za strojariskog inženjera, a 1908./1909. za elektrotehničara. Ispite u Beču položio je na Kraljevskoj visokoj školi.

Poslije toga, od 7. lipnja 1909. radi najprije u Odjelu za konstrukciju, a potom u Odjelu za računanje i ispitivanje dinamostrorjeva kod austrijske tvrtke Brown-Boveri d. d. Tad se i počeo baviti normizacijom dinamostrorjeva. Godine 1910. oženio se Milenom Sonc s kojom je imao tri sina: Josipa rođenog 26. siječnja 1911., Marka rođenog 29. svibnja 1913. i Primoža rođenog 10. listopada 1919. Od 15. svibnja 1912. radi najprije kao inženjer za proračunavanje dinamostrorjeva kod njemačke tvrtke Siemens-Schuckert d.d., a poslije kao predstojnik Odjela za mehaničko i elektrotehničko ispitivanje dinamostrorjeva. Od 1. listopada 1918. preuzima kao centralni direktor vodstvo, tad najveće u

državi, tvornice strojeva Strojne tovarne i livarne d. d. u Ljubljani, gdje ostaje sve do 1925., zadnjih godina kao poslovodni član Uprave. Od 13. prosinca 1920. radi na Tehničkom fakultetu Sveučilišta u Ljubljani, najprije kao honorarni nastavnik, a od 16. siječnja 1923. kao docent za strojarstvo. Do 1926. predaje Nauku strojnih elemenata i enciklopedije raznih strojeva, a 1926./1927. predaje Strojogradnju parnih i vodnih strojeva s teorijom. Od 28. listopada 1927. prelazi kao redoviti profesor na Tehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, gdje osniva Zavod za konstrukciju strojnih dijelova, a osim toga i Laboratorij za ispitivanje toplinskih izolacija. Sastavni dijelovi Zavoda bili su: Zbirka strojnih dijelova, Zbirka nacrti, Knjižnica, Laboratorij za strojne dijelove, dvorane za konstruiranje ili crtaonice, stolica za prenosila i dizala. Predavao je Konstrukciju strojnih dijelova, Prenosila i dizala, Građevno strojarstvo. Iz svoje struke objelodanio je nekoliko rasprava u Tehničkom listu.

Kako se od 1909. bavio pitanjem normizacije, surađuje i u Zagrebu kod ondašnjih neslužbenih odbora za normizaciju, u kojima su surađivali Društvo inženjera, Inženjerska komora i Trgovinska industrijska i obrtna komora. Istodobno je predstavnik inženjerske komore u Komitetu za normizaciju. Godine 1941. postaje jedan od glavnih osnivača Savjetodavnog odbora za normizaciju, kojoj je posvetio cijelu svoju opću djelatnost. Također je od 21. studenog 1941. godine vršio nadzor godinu dana nad Odjelom za normizaciju pri Ministarstvu za obrt, veleobrt i trgovinu. U Savjetodavnom odboru za normizaciju je potpredsjednik i poslovodeći član Uprave, a osim toga, urednik stručnog glasila Savjetodavnog odbora za normizaciju HN-viesti.

Umirovljen je rješenjem ministra industrije i rudarstva br. 399/46 od 28. siječnja 1946. No, ni tad Boncelj ne miruje. Od akad. godine 1948./1949. (ljetni semestar) predaje kao honorarni nastavnik predmet Crtanje dijelova fizičkih instrumenata dva sata na tjedan slušačima 4. semestra Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu, struke fizika, i to sve do akad. god. 1960./1961. Njega je te školske godine zamijenio inženjer Marijan Kudelić s jednakim brojem sati tjedno (u zimskom i ljetnom semestru).

Boncelj je u međuvremenu 4. travnja 1956. pred Društvom matematičara i fizičara N. R. Hrvatske održao kolokvij (predavanje) Mjerenje toplinske vodljivosti tehničkog materijala. U tom predavanju naglašava da su teorijsku osnovu tog područja dali Newton, Fourier i Stefan, dok su eksperimentalna istraživanja obavljali Fourier, Tyndall, Stefan i Lees. Najvažnija stvar za obavljanje eksperimenata bila je posjedovanje točnih instrumenata za mjerenje temperature i električne energije koja se (mjerenjem protoka stalne električne struje, uz određeni napon i u određenom vremenu), pretvara u toplinu. Instrumenti su: kugla od Nusselta, cijevni aparat od Rinsuma i pločasti aparat od Poensgena. Poslije su razvijeni i novi uređaji za mjerenje količine topline koja prolazi kroz stijenske, a koje je poboljšao i sam predavač. Novija istraživanja daju nove metode

VII. D J E C A						
Tisk. broj	Ime	(Datum) rođenja			Zanimanje	Sviđetak oženja, udaja i druge
		dan	mjesec	godina		
1	Josip	26.	I.	1911.	dr. med.	stariji
2	Marija	29.	V.	1913.	učiteljica	
3	Primorč	10.	X.	1919.	student	

Slika 2.: Ilustracija rukopisa profesora Josipa Boncelja

mjerjenja promjene temperature u ovisnosti o vremenu, istaknuo je predavač, i zaključio da metode koje su tek u početnom stadiju imaju za svrhu da se trajanje pokusa znatno smanji.

Josip Boncelj umro je u Celju 5. siječnja 1971. u 77-oj godini života. Pokopan je u Železnikama.

3. Boncelj kao mjeritelj i normiratelj

Ipak, najbolje ćemo se odužiti Boncelju ako iznesemo najvažnije rezultate njegova znanstvenog istraživanja i rada gdje se on ističe kao mjeritelj i normiratelj. Ako se pak pomno prouče sva njegova djela (vidi njegovu bibliografiju!), korist koja se iz njih bude izvukla bit će sigurno najveća, a uspomena na njega najsvjetlija.

3.1. Bonceljev prvi članak

Boncelj je svoj prvi članak iz 1934. pod naslovom *Laboratorij za toplinske izolacije na Tehničkom fakultetu u Zagrebu* započeo povijesnim osvrtom. Istaknuo je da se toplinska izolacija za cijevne vodove upotrebljava već oko 30 godina, a da usavršena tehnika tih izolacija nije starija od 10 godina. Materijal od kojeg se radi izolacija ne izrađuje se na osnovi tradicije specijalističkih tvrtki, nego se koristi znanstveni pristup koji se oslanja na fizikalnu veličinu toplinske vodljivosti, te se tako i naručilac i dobavljač i proizvođač oslanjaju na mjerenje. I to zahvaljujući mjernim uređajima koji s jednakom točnošću mjere i u laboratoriju i na licu mjesta.

Boncelj dalje u članku navodi da su na teoriji problematike toplinske izolacije radili Fourier i Peclet, ali su tek 1909. godine eksperimentalna istraživanja

u Münchenu kod prof. Knoublaucha dala značajan napredak. Utemeljeni su čak i instituti za toplinsku izolaciju od kojih je vodeći onaj u Münchenu. Uz njih postoje i mnogi laboratoriji koji kontroliraju vlastite proizvode, kao i školski laboratoriji.

Na Tehničkom fakultetu u Zagrebu osnovan je Laboratorij za toplinske izolacije u svrhu nastave, ispitivanja i kontrole materijala proizvedenog u industriji, ali i u svrhu znanstveno-egzaktnog proučavanja. Taj je laboratorij pripojen Zavodu za konstrukciju strojevnih dijelova. Električne centrale grada Zagreba potpomažu materijalom i strojevima navedeni Zavod. Dobavljena aparatura i baždareni instrumenti slične su ili jednake konstrukcije kao i oni u svijetu. Tako je omogućeno međunarodno uspoređivanje rezultata istraživanja, što je sa znanstvene strane velika prednost. Boncelj je posjetio slične znanstvene institute u svijetu, a posebno mu je pomogao poznati münchenski termodinamičar dr. ing. E. Raisch. Od važnih uređaja Boncelj spominje milivoltmetre. U početku se laboratorij bavio strojarskom izolacijom, a poslije i šire (hladnjaci za konzerviranje i transport živežnih namirnica kao i građevinske šuplje opeke). Boncelj navodi i neke vrijednosti koeficijenata toplinske vodljivosti kod obične i šuplje opeke.

U nastavku članka Boncelj opisuje tehniku mjerenja, teorijske osnove i uređaj za mjerenje. Prikladni odabir definicijskih Newton-Fourierovih jednadžbi i analognih formula (analogija s električnim strujama i Ohmovim zakonom) popraćen je jednostavnim skicama i nacrtima. Izvođenja matematičkih izraza predočuju odakle dolaze formule i metode mjerenja. To će poslije biti potrebno kako bi se shvatio rad mjernih uređaja. Naposljetku se dobije i mjerna jedinica za toplinsku vodljivost $\lambda = \text{kcal} \cdot (\text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}) \cdot (^\circ\text{C}^{-1} \cdot \text{m})$. Riječima: to je količina topline koja na sat (h) prolazi kroz 1 m^2 površine izolacije ako temperaturna razlika koja otpada na 1 m duljine dotične debljine iznosi 1°C . Današnja jedinica za toplinsku vodljivost je $\text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$.

Boncelj donosi jednadžbu starih metoda mjerenja, ali odmah dodaje da se mjerenja starim metodama nisu mogla točno izvesti te da ocjenjivanje izolacije na taj način gotovo nije imalo praktične vrijednosti. Nova metoda mjerenja kod ravnih i cilindričnih ploha ide za tim da mjeri temperature t_1 i t_2 , kao i količinu topline. To se postiže s pomoću tri načina (metode). Kod prve metode mjeri se električna energija koja se pretvori u toplinu na jednoj ogrjevnoj ploči. Temperature t_1 na toploj površini i t_2 na hladnoj površini izolacije pomoćnog tankog sloja izjednačavamo protugrijačem koji nadoknađuje manjak te nema u tom sloju strujanja topline. Kod druge metode mjerimo količinu topline dvaju geometrijski jednakih slojeva izolacije od jednakog materijala istodobno, nema protugrijača, a toplinska struja u grijaču razdijeli se u dvije jednake polovine. Kod treće metode količinu topline mjerimo baždarnom mjernom pločom koja izravno pokazuje toplinsku struju. Kod svih triju metoda izravno mjerimo

X. Svršene nauke i položeni ispiti: (datumi i brojevi svjedočaba)	Rečišna visoka škola u Beču (svjedočaba u dva ispita br. 10. od 2. IV 1908) Specijalni ispiti na elektrotehničkom telu. visoke škole u Beču god. 1908/09								
XI. STRUKA:	Inženjer strojarstva i elektrotehn.								
XII. Od kojih jezika govori i piše	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="388 860 451 931">svojim dobro</td> <td data-bbox="451 860 1098 931">slovenari; njemački</td> </tr> <tr> <td data-bbox="388 931 451 984">dobro</td> <td data-bbox="451 931 1098 984">francuski; bugarski</td> </tr> <tr> <td data-bbox="388 984 451 1037">dobro</td> <td data-bbox="451 984 1098 1037"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="388 1037 451 1090">govori razumije</td> <td data-bbox="451 1037 1098 1090">engleski</td> </tr> </table>	svojim dobro	slovenari; njemački	dobro	francuski; bugarski	dobro		govori razumije	engleski
svojim dobro	slovenari; njemački								
dobro	francuski; bugarski								
dobro									
govori razumije	engleski								
XIII. Koje vještine umije?	Strojarstvo, stroj. diplomirani inženjer. Projektiranje i izradu naprava. Normalizacija.								
XIV. Naučni rad u struci:	Dakna laboratorijera i pitivanja u Laboratoriju za toplinske izolacije. Naučna istraživanja objavljeni u Školu listu.								

Slika 3.: Izvadak iz tzv. Službeničkog lista Josipa Boncelja

temperaturu t_1 na toplijoj i t_2 na hladnijoj površini izolacije. Kod cilindričnih tijela (vodova) imamo jednak način mjerenja i proračuna, samo je matematički izraz nešto drukčiji zbog radijalnog prolaza topline. Od više matematike na tom je mjestu primijenjen integralni račun da bi se dobila konačna jednadžba za toplinsku vodljivost.

Po četvrtoj metodi mjerenja, toplinska energija na cilindričnu cijev dovodi se električnim putem, ali u laboratoriju. Peta metoda mjerenja koristi se u pogonu gdje se koristi mjerna ploha, a na milivoltmetru se očita izravno toplina, a malo prije objašnjeni izraz za λ malo se preudesi. Metoda, šesta po redu, mjeri toplinu izolacijskog sloja između unutrašnje i vanjske kugle uz primjenu nove ponovno preuređene formule. Naravno, i u petoj i u šestoj metodi mjeri se t_1 i t_2 .

Pred kraj članka Boncelj opisuje pojedine mjerne uređaje, od najstarijeg pločastog pa do najnovijih. Stari pločasti uređaj je ipak preuređen, kako bi iz prvobitne druge metode mjerio po prvoj ili trećoj metodi. Noviji su cijevni mjerni uređaji koji se sastoje od cijevi dva metra duljine i šest centimetara vanjskog promjera. U cijevi se nalazi grijač, a oko cijevi se stavi izolacija. Mjeri se t_1 i t_2 na najnižoj i najvišoj točki, a eventualno i na horizontalnoj središnjici. Postoji i kuglasti mjerni uređaj koji se upotrebljava samo za zrnati ili pjeskoviti materijal.

Boncelj opisuje i termograf kojim određujemo dolazak u mirno stanje koje jamči pravilno očitavanje. Termograf je vrlo važan i za znanstveno istraživanje na izolacijama kod kojih dolaze promjene stanja u ovisnosti o vremenu.

Kod pete mjerne metode i računa se po formuli, ali uz primjenu korekturne konstante za mjerne temperature i milivoltmetar, a koje se određuju prema baždarnim tablicama.

Na kraju Boncelj daje tri grafikona toplinske vodljivosti. Jedan od njih nalazi se u uvjerenjima koja izdaje laboratorij. Vodljivost za izolacije je nanesena u ovisnosti od srednje (aritmetička sredina) temperature u smislu normalizacije. Grafikon br. 2. prikazuje ispitivanje strojarske izolacije na licu mjesta. Dobavljač jamči 10 % tolerancije. Treći grafikon prikazuje promjenu temperature strojarske izolacije s vremenom uz upotrebu termografa. Navodi se da ispitivanje na licu mjesta za jednu točku traje najviše cijeli dan, a u laboratoriju za jedan materijal barem 14 dana. Na prvom i drugom grafikonu nanesene su tri eksperimentalne točke, a na trećem 27, 23 i 25 točaka za svaku od krivulja.

3.2. Bonceljev drugi članak

Na početku drugog članka, *Toplinsko ispitivanje šuplje opeke*, Boncelj ističe uvjete pod kojima se opeke smatraju šupljima. No, to vrijedi i za opeke s vrlo malim šupljinama i tad je presjek više ili manje jednakolik. Ti slučajevi dočarani su lijepim crtežima poprečnih presjeka. Kako je presjek jednakolik, toplinske struje u smjeru prolaza ne mijenjaju svoj karakter, Boncelj ističe da se ispitivanje takvih opeka može izvršiti uređajima koji su već prije opisani.

Članak se odnosi ipak na opeke kod kojih uzdužni (zračni) prostor ima znatan udjel u čitavom presjeku. Žbuka horizontalnih i vertikalnih režaka

mijenja karakter toplinske vodljivosti i u zraku i u materijalu, stoga se ne može primijeniti teorija. Ostaje nam da tražimo toplinsku vodljivost čitavog zida. Toplinska vodljivost zida $\lambda = 0,45 \text{ kcal}/(\text{m h } ^\circ\text{C})$ znatno je povoljnija od one normalnog zida $\lambda = 0,68 \text{ kcal}/(\text{m h } ^\circ\text{C})$.

Tako je Boncelj, kao iskusan mjeritelj, na tom konkretnom primjeru, istaknuo cilj toplinske izolacije koji se postiže materijalima male toplinske vodljivosti. Tako se može normalni zid debljine 41 cm nadomjestiti zidom od šupljih opeka debljine 28 cm.

Boncelj naglašava da svakom eksperimentalnom radu prethodi teorijska spoznaja. U šupljini prijenos topline ide djelomično zračenjem, a djelomičnom strujanjem. No, taj prijenos vrlo se različito raspodjeljuje na pojedine dijelove ukupnog presjeka tako da točna raspodjela topline i temperature kod šupljih opeka nije još utvrđena. Stoga se vrše znanstvena istraživanja. Niti jedan računski put nije doveo do rezultata. Ipak, najpribližnije je računanje toplinske vodljivosti iz postotnog udjela zračnog prostora u ukupnom presjeku. Poznate su starije metode s raspodjelom presjeka u paralelne pruge i to na dva načina. U oba načina izračuna se toplinska vodljivost te odredi srednja vrijednost vodljivosti za cijelu plohu. Znanstvenik Raisch pravio je pokuse s pločama u kojima su šupljine, kako bi utvrdio razliku između računske i mjerene vrijednosti. Razlike između računa i mjerenih vrijednosti razlikuju se od 19 % do 50 % ovisno o tome uzme li se u obzir jedan ili drugi način. Šuplje se opeke najbolje istražuju ugrađene sa žbukom i to s obje metode: laboratorijska mjerenja i mjerenja na licu mjesta. No, za laboratorijska mjerenja treba imati pokusne kućice u koje se ugrade zidovi $3 \times 3 \text{ m}$, te se električnim putem mjeri količina toplinske struje koja prolazi zidom, a iz toga se računa toplinska vodljivost zida. Problem je vlage dosta prisutan, te zid treba biti suh za što je potrebno ponekad godinu i pol dana sušenja. Tzv. Schmitovim mjeriocem toplinske struje obavljaju se mjerenja na licu mjesta i to u zgradama koje su prije toga najmanje godinu i pol bile nastanjenje. U laboratoriju u Zagrebu izrađen je umjetni zid s materijalom koji je imao toplinsku vodljivost žbuke. No, pregledom tablica i usporedbom dolazi se do rezultata da jedino asfalt ima takva svojstva da se bez poteškoća upotrebljava u laboratoriju. Asfalt je smjesa bitumena i vapnenog pijeska. Toplinska vodljivost takvih dvosmjernih materijala ne leži na pravcu, nego ispod njega na krivuljama koje se računaju po Maxwelllovim formulama. Za ispitivanje najbolja je smjesa 20 % bitumena i 80 % vapnenog pijeska. Postoci su težinski. Opeka se smjesti u tekući asfalt pri 80°C . Asfalt dolazi u međuprostor i s obje strane zida. Taj zid se sastavi za osam sati i ne treba nikakvo sušenje jer nema vlage. Ako se ta metoda promatra s gledišta pogrešaka mjerenja, dobiju se sljedeće karakteristike. Točnost bi se povećala upotrebom pokusnih ploča i uređaja većih izmjera jer je raspodjela materijala i zraka jednoličnija.

Pogrešku čine pojave nakupljanja više vlage na hladnoj strani, nego na toploj strani pločastog uređaja.

Boncelj rezultate istraživanja prikazuje grafički. Toplinska vodljivost je funkcija srednje temperature materijala i ona se povećava s porastom temperature. Dana je krivulja s ucrtanih sedam eksperimentalnih točaka. Pod srednjom temperaturom uzima se temperatura materijala reducirana na vanjsku temperaturu i unutrašnja temperatura od 20 °C.

Toplinska vodljivost može se nadomjestiti pojmom *jednakovrijedne debljine* zida od opeke, tj. debljine s nekim λ koji ima isti toplinski otpor, kao pokusni materijal. Obično je to $\lambda = 0,75 \text{ kcal}/(\text{m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C})$ i to je najveća vrijednost. Najveća vrijednost vodljivosti zida od opeke na vanjskoj strani kao da je mjerena poslije višednevne kiše. Kako bi se što više približili istinitoj prosječnoj vrijednosti uzima se $\lambda_{\text{srednje}} = 0,68 \text{ kcal}/[\text{m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}]$ (uz $\lambda_{\text{minimalno}} = 0,6 \text{ kcal}/(\text{m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C})$). Dobiju se vrijednosti za zid debljine 28 cm u ovisnosti o temperaturi za – 20; – 10; 0; + 10 °C.

3.3. Bonceljev treći članak

Boncelj svoj treći članak *Metode mjerenja buke s demonstracijama* počinje konstatacijom da su medicinska istraživanja pokazala štetan utjecaj buke na slušni aparat i živčani sustav. To je rezultiralo smanjenjem radne sposobnosti. Treba stoga potražiti efikasna sredstva u borbi protiv buke. Uglavnom se koriste ova sredstva: žurnalistika, tehničke metode i zakonske odredbe. Žurnalistika odgaja čitatelje da s malo dobre volje smanjuju buku. Propaganda potpomaže i ostala dva sredstva. Tehnika ima zadaću istraživati karakter i jakost buke, uglavnom kod strojeva, ili pronalaziti zvučno-izolacijske materijale. Medicinska struka utječe na zakone i naredbe koji propisuju mjere protiv buke. Boncelj je istaknuo da će se u svojem radu ograničiti na rad tehničara u smanjivanju štetnog utjecaja buke.

Imamo tri vrste buke: ulična, stambena i pogonska. U svezi s uličnom bukom, Boncelj navodi poboljšanja tehničke prirode koja smanjuju buku kod tramvaja i automobila. Donosi dijagram po Fletcher-Munsonu gdje se na apscisi prikazuju frekvencije zvuka u hercima (Hz), a na ordinati tlak zvuka u g/m^2 (gram na kvadratni metar). Na ordinati u sredini grafikona nanizani su foni izračunati prema standardnom fonu od 1000 Hz. Krivulje nanesene u tom grafikonu predočuju osjetljivost ljudskog uha za razne frekvencije. Granica boli na 1000 Hz je ordinatno 10 000 g/m^2 , a fonsko-ordinatno na 130 fona.

Druga vrsta buke, stambena buka, nastoji se smanjiti zvučnom izolacijom. Slika 2. u članku prikazuje ovisnost jakosti buke u fonima o vremenu.

Pogonska buka uglavnom ugrožava radnike, a borba protiv štetnog utjecaja sastoji se u smanjenju buke strojeva. Umnogome je buku smanjilo uvođenje varenja umjesto zakivanja. Slika 3. u članku prikazuje fotografiju objektivnog mjera buke za očitavanje i to marke Siemens- Halske iz Berlina.

Boncelj navodi i mjerne jedinice koje se koriste kod mjerenja prosudbe buke. To je jedinica fon (ph). Ta jedinica je fiziološko-tehnička vrijednost. I danas se upotrebljava jedinica fon, ali samo tamo gdje je razina glasnoće utvrđena subjektivnom usporedbom. Istraživanja su pokazala da je ljudsko uho najosjetljivije kod 2000 Hz. Najmanji šum koji se jedva osjeća je nul-fon. Baždanje instrumenata ostvaruje se prema fonskom mjerenju. Tako se najbolje uzima u obzir osjetljivost slušnog aparata kod različitih tlakova i frekvencija, te se to odmah registrira u fonima.

Boncelj je naveo praktički najvažnije uređaje: mjerenje šuma po Barkhausenu, koji je prikazao fotografijom, objektivno mjerilo šuma sa skalom na kojoj je kazaljka koja opet pokazuje fone, registrirajući aparati koji grafičkim prikazima trajno registriraju razinu buke, analizator za rastavljanje buke na zvukove različite frekvencije, mjerilo zračnog tlaka zvuka ili decibelmetar (koji mjeri u decibelima – za apsolutno mjerenje jakosti zvuka).

Prikazao je i dva eksperimenta s aparatima koji su vlasništvo Tehničkog fakulteta u Zagrebu. Prvi je s gramofonskim pločama kojima se mijenja frekvencija od 300 Hz pa do 4800 Hz, a drugi prikazuje na koji način mjerimo zvučnu vrijednost akustičke izolacije. Drugim je eksperimentom Boncelj pokazao kako zid prigušuje čak 50 fona. Boncelj se nada da će idućih godina, kad se nabave novi skupocjeni aparati, moći prikazati i koju drugu stranu iz velikog broja pitanja kojima se bavi tehnička akustika.

3.4. Bonceljev četvrti članak

Boncelj se u četvrtom članku *Normalizacija u hrvatskoj privredi* (1941.) trudio opisati, objasniti i definirati pojam normizacije. Tako je definirao da normizacijom propisujemo bilo stanovite temeljne pojmove neke struke bilo izmjere nekih pojedinih sastavnih dijelova nekih predmeta, ili pak izmjere i svojstva čak i potpuno sastavljenih dijelova od malog opsega, dalje, pa do najvećeg obujma: strojevi, kuće, mostovi. Određivanjem veličine i osobina samo nekih najpodesnijih i najsvrsishodnijih normiranih poluproizvoda, iste vrste ili normiranih konačnih proizvoda iste skupine, nastaju tzv. tipovi. Taj način normizacije nazvao je tipizacijom. Osim toga, normizacijom propisujemo svojstva sirovi na i poluproizvoda, kao i način ispitivanja tih predmeta. Cilj cijelog rada jest ukidanje šarolikosti u proizvodnji i smanjivanje broja različitih izmjera ili dijelova ili tipova, odnosno različitih tehničkih i tehničko-trgovačkih postupaka.

Prednosti koje proizlaze iz tog rada za dobavljače i proizvođača jesu: pojednostavnjenje proizvoda iste vrste, manji potrošak sirovina, manje količine na skladištu i smanjenje troškova za uloženu glavnicu. Za potrošača izlaze ove prednosti: kraći rok dobave, bolja kakvoća, neovisnost o jednom dobavljaču i niža cijena. Konačno, uslijed normiranja dobavnih postupaka dolazi u poslovanje i za jednu i za drugu stranu mir, stalnost i pouzdanje, jer svatko zna unaprijed što ima dobiti i što će primiti i na koji će način obračunati, te time vidi unaprijed veličinu novčanog uspjeha.

Organizaciju normizacijskog rada treba u Hrvatskoj provesti Hrvatski odbor za normizaciju dok se zakonom ne uvede naziv Savjetodavni odbor za normizaciju. Pitanje normizacije su prvi načeli hrvatski inženjeri na Glavnoj skupštini udruženja u Splitu 1923. U Jugoslaviji se rad na normizaciji nije pokretao jer vlasti nisu imale dosta interesa. Tek 1940. počeo je raditi Državni komitet za normizaciju. U ožujku 1941. u Banovini osnovan je Savjetodavni odbor za normizaciju koji nije imao uvjete za započinjanje rada. U lipnju 1941. Ministarstvo za obrt, veleobrt i trgovinu imenovalo je članove, a krajem srpnja te godine dobivena su sredstva za organizaciju Ureda za normizaciju te je on 1. kolovoza 1941. godine započeo rad. U pogledu tipizacije, Boncelj je naglasio i razlike između nje i ostale normizacije. Tipizacija je preko zakona trebala postati obvezatna za proizvođača. Na kraju je Boncelj naglasio da će Odbor za normizaciju raditi tako da nađe najbolje rješenje za sve zainteresirane grane privrede, ali i tako da istodobno na najbolji način zaštiti potrebe države.

3.5. Bonceljev peti članak

Na početku petog članka, *Postanak normi i njihove primjene* (1942.), Boncelj navodi da je otprilike prije godinu dana (tj. 1941.) počelo u Hrvatskoj redovito izdavanje normi kojih je izrađeno 28, a daljnja 21 je u proučavanju. Sve se događa pod paskom Savjetodavnog odbora za normizaciju u sklopu Ministarstva narodnog gospodarstva. Odbor je pokretan, nije birokratiziran, nije izvrgnut nezdravim utjecajima, sposoban je za brz i istodobno temeljit rad. U stručnim povjerenstvima vodi se načelom da se norme ne nameću, nego se samo posreduje i olakšava proučavanje i izrada onih normi koje traži gospodarstvo i znanost. Dakle, zahtjev ili prijedlog u svezi s normama dolazi od proizvodnih poduzeća, državnih ustanova ili od pojedinih znanstvenika. Prispjele materijale Ured proučava i razlučuje onaj dio koji ne pripada u normizaciju, nego u zakon, zatim sastavlja stručno povjerenstvo u kojem su zaposlenici odgovarajućih ministarstava, javnih ustanova, komore, a eventualno i posebni stručnjaci. Jedan član Povjerenstva je izvjestitelj koji vodi proučavanje.

Stručna povjerenstva srž su normizacije i tu se čak proučavaju i inozemne norme koje je Ured mogao pribaviti. U stvaranju normi svi imaju pravo utjecaja na sadržaj norme. Ipak, traži se objektivno rješenje. To je vrlo blisko, kao rad u znanstvenom povjerenstvu gdje se traži samo istina. Tekstovi normi uglavnom se primaju jednoglasno, nema nepopustljivosti i nadglasavanja. Ne radi se samo na sjednicama, nego i u laboratorijima ili radionicama. Privremeno gotova norma u obliku prijedloga podložna je prispjeću protuprijedlog, pa se može dogoditi da se norma i znatno proširi i dobije oblik definitivne norme. Ta se objavljuje u stručnom glasilu za normizaciju. Postoji i Vijeće Savjetodavnog odbora za normizaciju koje je upravno tijelo ustanove i prosuđuje može li se definitivni tekst norme tiskati kao norma.

Norma se u početku primjenjuje kao smjernica. Kako ustanovljuje najbolji red, norma se nakon nekog vremena dobrovoljno primjenjuje. No, u upravljavnom državnom gospodarstvu norme se moraju što prije primjenjivati pa se zakonom propisuju i proglašuju kao obvezatne. To se čini obično putem ministarskih naredaba. Kao primjer mogu se uzeti formati papira.

U ratno doba postojale su i prilagodbene norme koje su u pravilu bile obvezatne. Neke norme su čak i međunarodno primjenjive. Još od 1926. godine postojalo je Međunarodno udruženje narodnih odbora za normizaciju, koje je u ratno vrijeme bilo marginalizirano. No, ideja međunarodne povezanosti nije zamrla, nego se surađuje sa stručnjacima iz cijelog svijeta. To je nužno, diže kvalitetu donesenih normi jer treba paziti da se ne šteti ugledu izvan granice. Stoga se uredi za normizaciju podupiru gotovo u svim državama i to od strane proizvodnje i državnih ustanova, u pravnom i novčanom pogledu. Tako se uloženo najbolje vraća jer se intenzivnije razvija i ukupno gospodarstvo.

Zaključak

Josip Boncelj ne samo da je bio redoviti profesor Konstrukcije strojevnih dijelova, Prenosila i dizala te Građevnog strojarstva na Tehničkom fakultetu u Zagrebu, on je bio daleko više. Bio je vrlo iskusan i strpljiv mjeritelj, iako ne na svim područjima, ali zato istaknut na nekoliko znanstvenih područja. Osim u tehničkom području, isticao se i u prirodoslovno-matematičkom području i to kao jedan od starijih mjeritelja koji je bio i u nastavi.

Boncelj je sigurno najstariji znanstvenik koji se s najvećom mogućom aktivnošću bavio normizacijom. Dakle, može se tvrditi da je Boncelj naš najkompletniji normiratelj jer nije samo bio iskusan mjeritelj, nego i voditelj, odgovorna osoba pa i nadziratelj cijelog normizacijskog postupka. Tako je imao ključnu ulogu u svim fazama tog složenog postupka.

Bibliografija Josipa Boncelja

1. *Gradnja ladij*, Življenje in svet, 1931., knj. 10, st. 16, str. 423–425.
2. *Laboratorij za toplinske izolacije na Tehničkom fakultetu u Zagrebu*, Tehnički list, XVI/1934, br. 7–8, str. 117–122, br. 9–10, str. 154–157.
3. *Toplinsko ispitivanje šuplje opeke*, Tehnički list, XVIII/1936., 23–24, str. 353–357.
4. *Metode mjerenja buke sa demonstracijama*, Liečnički vijesnik, LXI/1939., br. 3, str. 198–200.
5. *Normalizacija u hrvatskoj privredi*, Hrvatsko gospodarstvo I/1941., br. 85, str. 1–2.
6. *Postanak normi i njihova primjena*, Gospodarstvo 2/1942., br. 286, Božićni prilog, str. 37.
7. Dr. ing. J. S. Cammerer, *Die konstruktiven grundlagen des Wärme- und Kälteschutzes in Wohn- und Industriegeb.* Berlin. J. Springer, 1936., Tehnički list, XVIII/1936., br. 13–14, str. 213., Prikaz knjige.
8. Dr. Hans Balcke, *Wärme und Kälteschutztechnik*, Halle /Sa 1936., Izdanje Wilhelm Knapp, Tehnički list, XVIII/1936., br. 23–24, str. 360–361. Prikaz knjige.
9. *Macedonska diatomejska zemlja*, LVIII/1941., Tehnički vjesnik, br. 7–12.
10. *Ekonomska debljina cijevne izolacije*, Tehnički pregled, IV/1952., br. 3, 11 str.
11. *Zlatna Stefanova počasna medalja za elektrotehničare i Stefanove zasluge za elektrotehniku*, Elektrotehnika, 1959., br. 3, str. 95–101.
12. *Jožef Štefan in njegovo delovanje na področju elektrotehnike*, Ljubljana, 1960., Elektrotehniška prosveta Slovenije, 143 str.
13. *Jožef Štefan i njegovo djelovanje na području elektrotehnike*. Sa slovenskoga preveo Ivan Herceg, Elektrotehnički vjesnik 1–4/1958., 7–8/1958., 11–12/1958. (str. 41–49, str. 96–118, str. 231–236, str. 365–367) 1–4/1959. (str. 28/34, str. 114–120).
14. *Josef Stefan und seine Tätigkeit auf dem Gebiete der Elektrotechnik*, Wien/1959./ (Sonder dr. aus 75. Jg., H. 24/1958., E und M Elektrotechnik und Maschinenbau.)

Literatura i izvori

- [1] Arhivska građa pri knjižnici Arhitektonskog, Građevinskog i Geodetskog fakulteta.
- [2] *Spomenica Fakultetskog savjeta Tehničkog fakulteta Sveučilišta Kraljevine Jugoslavije u Zagrebu*, Zagreb, 1929.
- [3] *Tehnički fakultet Hrvatskog sveučilišta u Zagrebu*, Spomenica 1942.– 1943., Zagreb, 1943.
- [4] *Monografija u povodu 75. obljetnice osnutka Tehničke visoke škole u Zagrebu*, Zagreb, 1994.
- [5] *Hrvatski leksikon*, sv. 1., A-K, Zagreb, 1996.
- [6] *Hrvatska enciklopedija*, sv. 2. Be-Da, Zagreb, 2000.
- [7] *Spomenica Arhitektonsko-Građevinsko-Geodetskog fakulteta*, Zagreb, 2000.

- [8] *Slovenski biografski leksikon 1925 – 1991*. (2009.), Elektronska izdaja, Ljubljana: SAZU
- [9] Dr. Roman Savnik: *Pomembni rojaki iz Selške doline*, Zbornik radova: *Selška dolina v preteklosti in sedanjosti*, 1973., Muzejsko društvo v Škofji Loki, pododbor Železniki, str. 358–366.
- [10] *Laboratorij za toplinske izolacije na Tehničkom fakultetu u Zagrebu*, Tehnički list, XVI/1934., br. 7–8, str. 117–122, br. 9–10, str. 154–157.
- [11] *Toplinsko ispitivanje šuplje opeke*, Tehnički list, XVIII/1936., 23–24, str. 353–357.
- [12] *Metode mjerenja buke sa demonstracijama*, Liečnički vijesnik, LXI/1939, br. 3, str. 198–200.
- [13] *Normalizacija u hrvatskoj privredi*, Hrvatsko gospodarstvo I/1941, br. 85, str. 1–2.
- [14] *Postanak normi i njihova primjena*, Gospodarstvo 2/1942., br. 286, Božićni prilog, str. 37.

The Work of Professor Josip Boncelj in the Field of Metrology and Standardization

Branko Hanžek, Zvonko Benčić

Abstract: This paper describes the life and work of Prof. Engineer Josip Boncelj in the most complete way so far. After completing his studies in mechanical engineering and electrical engineering at the Technical Faculty in Vienna, he first of all worked in Austria and Slovenia. From 1927 to 1946 he was a full professor at the Technical Faculty in Zagreb, working as part of the teaching staff and in his profession on the construction of machine parts. From 1949 to 1961 he taught part-time at the Faculty of Philosophy in Zagreb. The presentation of his work in the field of metrology and standardization is particularly interesting. A review is given of some of Boncelj's published works, especially those relating to metrology and standardization. There is also a complete list of his published works.

Key words: metrology and standardization, Josip Boncelj, Technical Faculty of the University of Zagreb, author's bibliography

3.

Razvoj pojedinih područja tehnike

Josip Moser

Stotinu i četrdeset godina od pojave električnog svjetla u Hrvatskoj

Sažetak: Godine 1875. krenuo je Franjo Josip I., austrougarski car i kralj, na veliko putovanje brodom po Jadranu i posjetio znamenita mjesta Monarhije. Krenuli su od Opatije i posjetio je Dubrovnik, Kotor, Korčulu, Hvar, Bol na Braču, Split, Šibenik, Skradin, slapove Krke i Zadar. Kako je jahta kojom je putovao imala među prvima Grammeov istosmjerni generator, u Dubrovniku i Zadru zasvijetile su prve elektrolučne svjetiljke i izazvale veliku senzaciju. Kao odjek pisanja svjetskog tiska, u Zagrebu u listopadu te godine gimnazijski profesor Ivan Stožir ponavlja pokus s rasvjetom.

Ključne riječi: putovanje Franje Josipa I. Dalmacijom godine 1875., električno svjetlo u Dubrovniku i Zadru, pokus profesora Ivana Stožira u Zagrebu

1. Zašto je Franjo Josip I. krenuo na uskršnje putovanje Dalmacijom?

Godina 1875. bila je značajna za povijest Dalmacije i Hrvatske. Te je godine Franjo Josip I., austrougarski car i kralj, krenuo u posjet spomenutim krajevima. Razlozi su bili u prvom redu politički, pa i određena demonstracija državne sile. Ali, dogodio se i niz usputnih događaja. Cijela Monarhija, tad prostorno najveća u Europi, putem tiska pratila je njegovo putovanje. Na taj način odjednom se otkrila jedna pokrajina na rubu Monarhije, Dalmacija. Dotad nepoznati krajevi došli su na prve stranice novina, a za mnoge krajeve ljudi su prvi put čuli. Kako je Dalmacija dugo bila pod Mlecima, mnogi nisu znali ni

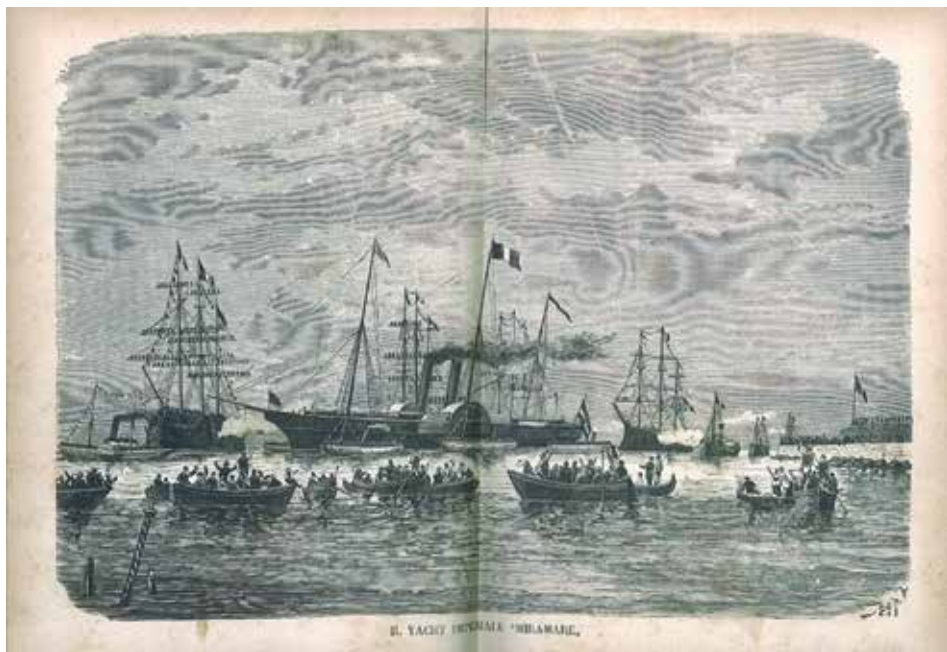
koji narod ondje živi. Znalo se da je talijanski uobičajen kao službeni jezik, uz obvezni njemački, ali vrlo je malo bilo obrazovanog stanovništva koje se njima služilo. Podjelom na utjecajne zone Austrije i Ugarske, hrvatski krajevi bili su podijeljeni između tih dviju zemalja, a obje su pokazivale težnje da od Osmanlija otmu Bosnu i Hercegovinu, kotorsko primorje i dio Albanije. Dovoljno razloga da car poduzme putovanje u te krajeve. Tijekom druge polovine travnja 1875. godine car je krenuo na petnaestodnevno putovanje, u novinama zabilježeno kao *uskršnje putovanje Franje Josipa*.

Putovalo se carskom jahtom *Miramare*. Krenuli su iz Opatije, gdje je car proslavio Uskrs. Prije samog putovanja poduzete su brojne pripreme, te je vrlo precizno određen plan, o čemu je mjesecima zasjedalo Carevinsko vijeće. Mjesto gdje će boraviti car, prostori gdje će se sastati s uglednicima iz političkog i vjerskog života, prostori gdje će noćiti ako to nije na brodu, i ljudi s kojima će se sastati i razgovarati, sve je to pažljivo birano i određeno. Čak su predviđene i rezervne varijante plovidbe i boravka. Nije potrebno niti reći da su svi bili vrlo uzbuđeni, od samog cara do zadnjeg kuharskog pomoćnika koji su bili određeni za pripremu hrane na primanjima.

2. Carska jahta *Miramare*

No prije nego što zaplovimo iz Opatije (u to vrijeme Abbazia), nekoliko riječi o carskoj jahti *Miramare*. Bio je to sasvim novi brod, izgrađen 1873. u Engleskoj, u brodogradilištu u Southamptonu. Građen je kao bojni razarač, ali je po želji Franje Josipa preuređen u luksuznu jahtu, tako da su skinuti topovi, osim po jednog na pramcu i krmi. Bio je dug pedeset metara i širok osam. Imao je dva parna stroja, dvostruko upravljanje i za ondašnje vrijeme bio je vrlo brz jer je mogao doći i trideset milja na sat. Tada je to bio najbrži brod na Jadranu. Naravno da je imao posadu biranu od najiskusnijih pomoraca i zapovjednika, a većinu mornara činili su vrlo iskusni Dalmatinci. Jahtu su pratila i dva austrijska broda razarača koji su iz Pule doplovili u Opatiju i činili carevu pratnju. Zanimljiva je pojedinost da je brod *Miramare* tijekom ožujka te godine prošao dva puta cijelu trasu putovanja, ispitao mogućnost pristajanja jer je malo mjesta imalo izgrađene i uređene luke i gatove. Tako su dobro pripremili putovanje. Ostalo je u brodskom dnevniku zabilježeno, danas u arhivi, da su u ožujku imali vrlo loše vrijeme za plovidbu, ali se nadaju da će Veličanstvo imati lijepo vrijeme kad bude putovalo.

Spomenimo konačno i rutu kojom je car posjetio Dalmaciju. Prvo je doputovao u Dubrovnik, i tu se zadržao tri dana, odakle je posjetio Kotor, potom se plovilo za Korčulu, pa u Hvar, zatim u Bol na Braču, dva dana boravio je u Splitu, zatim dva dana u Šibeniku i Skradinu, te tri dana u Zadru. Svi su se ti



Slika 1.: Carska jahta *Miramare*

gradovi posebno pripremali za carski posjet. Tako je, npr. Bol, sa svoje male zidane rive, taman tolike da može prihvatiti brod dug 50 metara, dao izgraditi posebne kamene stube, kojih dva metra visine, da car i njegova pratnja mogu s rive doći izravno u vrt palače u kojoj je bio gradonačelnik i njegovi ugledni gosti s cijelog Brača. I danas se te stube zovu *carske skale*, a spomen-ploča na njima meka je za turiste, (posebno za Austrijance), koji moraju proći onuda kuda je nekad prošao car.

3. U Dubrovniku je prvi put zasvijetlila električna svjetiljka u Hrvatskoj

Pustimo zasad druge pojedinosti putovanja. Pravi je razlog zašto spominjemo to putovanje i datum 27. ožujka 1875. ono što se prilikom posjeta Dubrovniku dogodilo u staroj gradskoj luci. Kako je moderno opremljeni *Miramare* imao mnoge za ono doba novotarije, imao je i maleni istosmjerni Grammeov generator pogonjen parnim strojem, te instalaciju s elektrolučnim svjetiljkama u salonima i carskim kabinama. Kad su brodom pristali u gradskoj luci uz gat kraj tadašnjeg arsenala, danas Gradske kavane u staroj luci, mornarima se



Slika 2.: Stara dubrovačka luka

učinilo zgodnim da između broda i tvrđave sv. Ivana na ulazu u luku razapnu stotinu metara vodova i spoje tri elektrolučne svjetiljke. Činilo se da luka nije bila bogzna kako carski osvijetljena s nekoliko petrolejskih svjetiljaka. I tad se dogodilo čudo. Luka i zidine zasvijetlile su električnim svjetlom, što je privuklo velik broj ljudi koji su tri pune noći dolazili to vidjeti. Kako je zabilježio kroničar: “nije bilo niti jednog čovjeka niti malog djeteta ni starca koji nije došao vidjeti to čudo”. Tadašnje novine *Crvena Hrvatska* raspisale su se kako “Porat u ponoć svjetli ko’ Betlehem, čak toliko da usred noći možeš foje čitat.” Dakle, to da se po noći mogu novine čitati prenijeli su mnogi, pa i zagrebački *Obzor*. (Usput spomenimo da se još ni danas nitko nije u Dubrovniku sjetio da to čudo kad je zasjala električna svjetiljka u Hrvatskoj obilježi barem malom spomen-pločom. A Dubrovnik je pun brojnih spomen-ploča koje spominju turistički vodiči tisućama i tisućama posjetitelja, posebno onima koji se iskrcavaju s brojnih kruzera baš na mjestu gdje je bio vezan *Miramare*.)

U Kotoru nije ponovljeno čudo jer se brod nije imao gdje vezati, stigao je oko deset sati ujutro i otišao natrag za Dubrovnik poslijepodne oko pet. Ali, carev boravak u Kotoru bio je politički vrlo značajan jer je postavljen zahtjev da se Austro-Ugarskoj da nadležnost nad Bosnom i Hercegovinom, samostalnost Crnoj Gori te pruži potpora istočnohercegovačkom ustanku, poslije poznatom pod imenom *nevesinjska puška*, koji je izazvao veliku diplomatsku uzbunu među europskim monarhijama i političkim apetitima onog doba.

4. Nastavak putovanja do Splita i Šibenika

Tijekom jutarnje vožnje posjetio je Franjo Josip Korčulu, održao susrete s uglednicima, ručao i predvečer stigao u Hvar. Ni u Korčuli ni u Hvaru nije bilo vremena ni mogućnosti da postave rasvjetu. U Hvaru je u najstarijem gradskom kazalištu u Hrvatskoj organizirana predstava, potom večera i bal, ali se nije našlo zgodno mjesto gdje bi car mogao prenoćiti te je prespavao na brodu. U gradskom dnevniku zapisano je da je svjetlo u njegovoj kabini i u kabini radiotelegrafista svijetlilo do rane zore. Ujutro su otputovali za Bol na Braču gdje se okupilo sve živo i značajno s čitavog Brača. Bol nije bio glavno mjesto, nego Nerežišće, pa su ljudi otamo morali dolaziti kolima ili na konjima jer je tad jedino Bol imao uređenu malu rivu (danas Obala bolskih pomoraca), na koju bi brod mogao pristati. Tu je održan sastanak prilikom kojeg je car prvi put čuo za zahtjeve hrvatske stranke narodnjaka i shvatio da će to biti nova politička snaga u Dalmaciji, te je obećao da će i njihove predstavnike primiti u Carevinsko vijeće. Naime, svaka je pokrajina u Austro-Ugarskoj imala je svoj sabor (Dalmacija ga je imala u Zadru), a u Beču je stolovalo savjetodavno Carevinsko vijeće, kao glavno savjetodavno i zakonodavno tijelo Monarhije.



Slika 3.: Split 1875. – posjet cara Franje Josipa I.

Dolazak u Split izazvao je razočaranje jer je stara drvena riva (ondje gdje je danas Gat sv. Duje) bila predaleko od Dioklecijanove palače te se nije moglo razapeti vodiče da se postave svjetiljke. Split i njegovih 9000 stanovnika ostali su tako bez atrakcije koju su očekivali jer su čitali u novinama kako Dubrovčani “čitaju foje u ponoć”. Ali zato su se pobrinuli da car doživi carski doček u Dioklecijanovoj palači, veliku misu u katedrali i niz drugih događanja, među njima i prvi posjet ostacima antičke Salone. I tako je Split doživio dva dana zabave i plesa.

5. U Šibeniku, Skradinu i na slapovima Krke, a u Zadru se ponovilo električno svjetlo

Kad su nakon dva sata puta stigli u Šibenik, uz spektakularni plov kroz Kanal sv. Ante, dogodio se politički incident. Šibenski gradonačelnik Ante Šupuk dočekaao je na rivi cara i jasno i glasno započeo pozdrav na hrvatskom



Slika 4.: Dio šibenske obale početkom XX. st.

jeziku: “Dobro nam došao, svijetli care ...”, a car se okrenuo i bez riječi vratio na brod. Šupuk je bio narodnjak i prvi Hrvat koji je pobijedio na izborima tadašnje autonomaše koji su podupirali ideju da je Dalmacija talijanska. Nije da Šupuk nije znao njemački jezik, ali želio je pokazati da je Dalmacija Hrvatska. I car je odredio da se prijeđe na rezervnu varijantu, te je jahta zaplovila za susjedni Skradin. U planu je bilo da iz Šibenika car i njegova pratnja posjete znameniti Skradinski buk na rijeci Krki.

Pred Skradinom se jahta ukotvila, car prevezen na kopno čamcem i tamo ga je svečano pozdravio gradonačelnik malog hrvatskog gradića conte Marco Borelli na talijanskom jeziku. I tu se car kočijom, po vrlo klimavoj cesti, prevezao do Skradinskog buka. Ispod samog buka prevezli su ga na drugu obalu čamcem na vesla. I tamo ga je dočekaio šibenski gradonačelnik Ante Šupuk uz pozdrav na njemačkom jeziku. Poveo ga je na novoizgrađenu panoramsku vidilicu da s najljepšeg mjesta iz fotelje promatra veličanstveni vodopad. Car nije ni slutio da je upravo prošao mjestom gdje će taj isti Ante Šupuk dvadeset godina poslije, 1895. godine, podignuti prvu izmjeničnu dvofaznu hidroelektranu i izgraditi prvi izmjenični elektroenergetski komercijalni sustav na svijetu koji uz proizvodnju ima i prijenosnu mrežu i distribuciju. Car se sa slapa onim istim kočijama s bijelim konjima, kojima je trebao doći iz Šibenika, u pratnji Šupuka vratio u Šibenik, gdje ga je dočekalo mnoštvo od 14 000 ljudi. Šibenik je onda bio velik grad, drugi po veličini u Dalmaciji, odmah nakon Zadra. Ujedno, bio



Slika 5.: Nova zadarska riva

je nakon Trsta najveća trgovačka luka na Jadranu. I nitko nije žalio što ni u Šibeniku nije zasjale električno svjetlo.

Sljedećeg je jutra *Miramare* otplovio za Zadar i privezan je u staroj luci Foša, kraj poznatih Lavljih vrata, na zidinama koji i danas djelomično okružuju zadarski Poluotok. Ovdje je bilo dovoljno mjesta te su mornari postavili čak sedam elektrolučnica po zidinama i iznad gradskih vrata. Tako se ponovila priča iz Dubrovnika, i tu su se mogle čitati novine u ponoć. U Zadru je održana i svečana sjednica Dalmatinskog sabora na kojoj je Franjo Josip dao niz obećanja kako će Dalmacija postati najnaprednija pokrajina Monarhije. Nakon tri dana vratio se žurno za Opatiju i brzim vlakom iz Matulja za Graz i Beč jer zaprijetilo je ratno stanje s Pruskom. Dalmacija ubrzo nestaje s prvih stranica tadašnjih novina.

6. Odjeci carskog putovanja

Nije, međutim, nestala uspomena na prvo pojavljivanje električnog svjetla. Članci iz *Obzora* potaknuli su profesora fizike Ivana Stožira iz gornjogradske Prve muške gimnazije (na današnjem Katarinskom trgu) da izvede javno pokus električne rasvjete. Stožir je bio poznat kao čovjek koji je volio izvoditi pred svojim učenicima niz pokusa, a njegov laboratorij bio je pun svih ondašnjih novotarija. Uz pomoć svojih maturanata prenio je iz gimnazijskog laboratorija nekoliko Voltinih članaka i jednu, tad najnoviju i najmoderniju, elektrolučnu svjetiljku po patentu Rusa Pjotra Jablončkovog te sve to postavio na križanju Ilice i Gundulićeve ulive između kavane Korzo i knjižare Stjepana Kuglija. Bilo je to 17. listopada 1875. godine, oko 18:00 sati, i svijetlilo je gotovo do 21:00 sat. Lučnica je imala automat na navijanje koji neprekidno održava jednaku udaljenost između dviju elektroda tako da svjetlo ima uvijek jednaku jakost. Grad se ubrzo proširila vijest o pokusu i začas se skupila gomila ljudi da vide to čudo.

Prema pisanju *Agramer Zeitung*a na njemačkom i *Obzora* na hrvatskom, na tom malom prostoru nagomilalo se između 4000 i 4500 ljudi, što je izniman broj ako se zna da je Zagreb imao oko 20 000 stanovnika. Treba znati da je mjesto gdje je izveden pokus bilo gotovo na kraju grada, jer malo dalje prestajala je Ilica i započinjala Savska cesta (danas Frankopanska), a prema sjeveru penje se Mesnička kojom se ide na Gornji grad. Zanimljivo je da nije još postojala niti jedna kuća od Savske dalje i nije bilo ni zgrade današnjeg Rektorata ni HNK-a te se sa zapada nije moglo doći prema Gundulićevoj osim po Ilici. A ondje je profesor Stožir skupio mnoštvo. Ne čudi da je *Obzor* oštro napao "(...) ludog profesora Stožira koji je izazvao veliki metež i bez dopuštenja poremetio gradski mir zagrebački. Čak je gomila onemogućila dolazak gospode s

Gornjeg Grada da s kočijama dođu na svečani bal u Gradski Glazbeni zavod, tako da je taj bal koji je trebao početi u sedam časova kasnio puna dva sata. I sve to zbog ludog profesora!”

Ne moramo se čuditi da je ravnatelj Gimnazije, po zahtjevu gradonačelnika, kaznio profesora strogim ukorom.

Uskoro se i to zaboravilo. Istina, na mjestu gdje je bila ta prva električna svjetlost stoji mala spomen-ploča. Ali, iznenadit ćete se jer ona ne obilježava taj događaj. HEP i Elektra Zagreb postavili su 2007. malu i zgodnu električnu svjetiljku u spomen na to da je stotinu godina prije, 1907., ondje zasvjetlila prva javna rasvjeta u gradu. Tko zna, možda će 2025. stajati još jedna ploča da podsjeti na prvo pojavljivanje električnog svjetla u Zagrebu. Pa valjda se ne sramimo što smo bili među prvima u svijetu i Europi koji smo doživjeli te velike novotarije koje još i danas mijenjaju naš život i kulturu.

Literatura:

- [1] Skupina autora, *Stoljeće Hrvatske elektroprivrede*, Hrvatska elektroprivreda HEP, Zagreb, 1995.
- [2] Markovčić i dr., *Razvoj elektrifikacije Hrvatske*, Institut za elektroprivredu, Zagreb, I. dio, 1984. i II. dio, 1987.
- [3] V. Muljević, *Elektrotehnika, Kronologija razvitka u Hrvatskoj*, Hrvatska zajednica tehničke kulture HZTK, Zagreb, 1999.
- [4] J. Moser, *Pregled razvoja elektroprivredne djelatnosti u Hrvatskoj 1875. – 2000.*, Kigen, Zagreb, 2003.
- [5] Dokumenti iz Hrvatskog državnog arhiva.
- [6] Tekstovi iz *Agramer Zeitung*a i *Obzora*, Zagreb, 1875., Nacionalna i sveučilišna knjižnica u Zagrebu.

One Hundred and Forty Years of Electric Lighting in Croatia

Josip Moser

Abstract: In 1875 Franz Joseph I, the Austro-Hungarian emperor and king, on a major journey down the Adriatic by ship, visited important places in his Empire on the eastern coast. They set off from Opatija and he visited Dubrovnik, Kotor, Korčula, Hvar, Bol na Braču, Split, Šibenik, Skradin, the Krka water falls and Zadar. Since the yacht in which he was travelling had one of the first Gramme direct current generators, in Dubrovnik and Zadar the first electric lights were lit and caused a major sensation. As a result of reports in the world's press, in October of the same year the high school teacher Ivan Stožir repeated the experiment with street lighting in Zagreb.

Key words: visit by Emperor Franz Joseph I to Dalmatia in 1875, electric lighting in Dubrovnik and Zadar, experiment by I. Stožir in Zagreb

Josip Moser

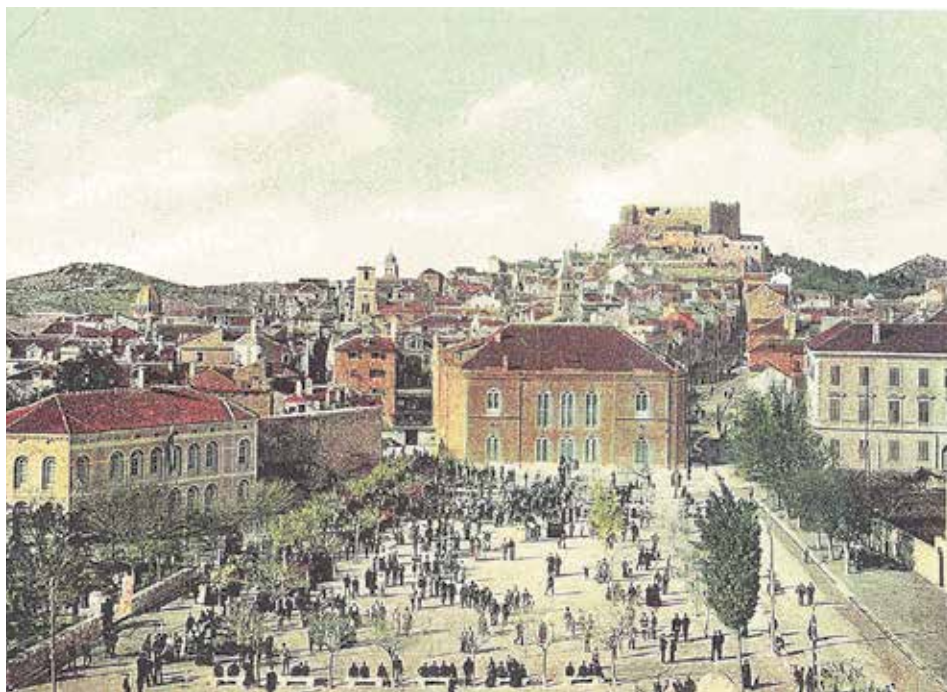
Stotinu i dvadeset godina od početka rada prvog suvremenog elektroenergetskog izmjeničnog sustava u Hrvatskoj

Sažetak: Dana 28. kolovoza 1895. proradila je prva izmjenična polifazna (u prvom trenutku dvofazna) hidroelektrana u Hrvatskoj. Izgrađena je na slapovima Skradinskog buka na rijeci Krki. Osim toga, izgrađen je prijenosni sustav električne energije do grada Šibenika i distribucijska mreža javne električne rasvjete u Šibeniku, dakle, prvi komercijalni izmjenični polifazni sustav na svijetu. U tekstu su opisani načini i detalji gradnje te korištenja tog sustava.

Ključne riječi: izmjenična dvofazna elektrana u Hrvatskoj, izmjenična elektrana na Skradinskom buku na rijeci Krki, prijenosni sustav do Šibenika, distribucijska mreža i javna električna rasvjeta u Šibeniku, graditelji sustava, širenje sustava

Uvod

Ove se godine (riječ je o 2015., op. aut.) 28. kolovoza puni stotinu i dvadeset godina od puštanja u pogon prve izmjenične hidroelektrane u Hrvatskoj na slapovima Skradinskog buka na rijeci Krki i prvog prijenosnog sustava do grada Šibenika te prve distribucijske mreže i javne električne rasvjete u gradu, slika 1. Taj je događaj dugo bio nepoznat svjetskoj (pa i našoj) javnosti jer je svega tri dana prije, 25. kolovoza 1895., puštena u pogon izmjenična hidroelektrana na rijeci Niagari u Sjedinjenim Američkim Državama, slika 2. Kako su tu elektranu gradili američki izumitelj i industrijalac George Westinghouse

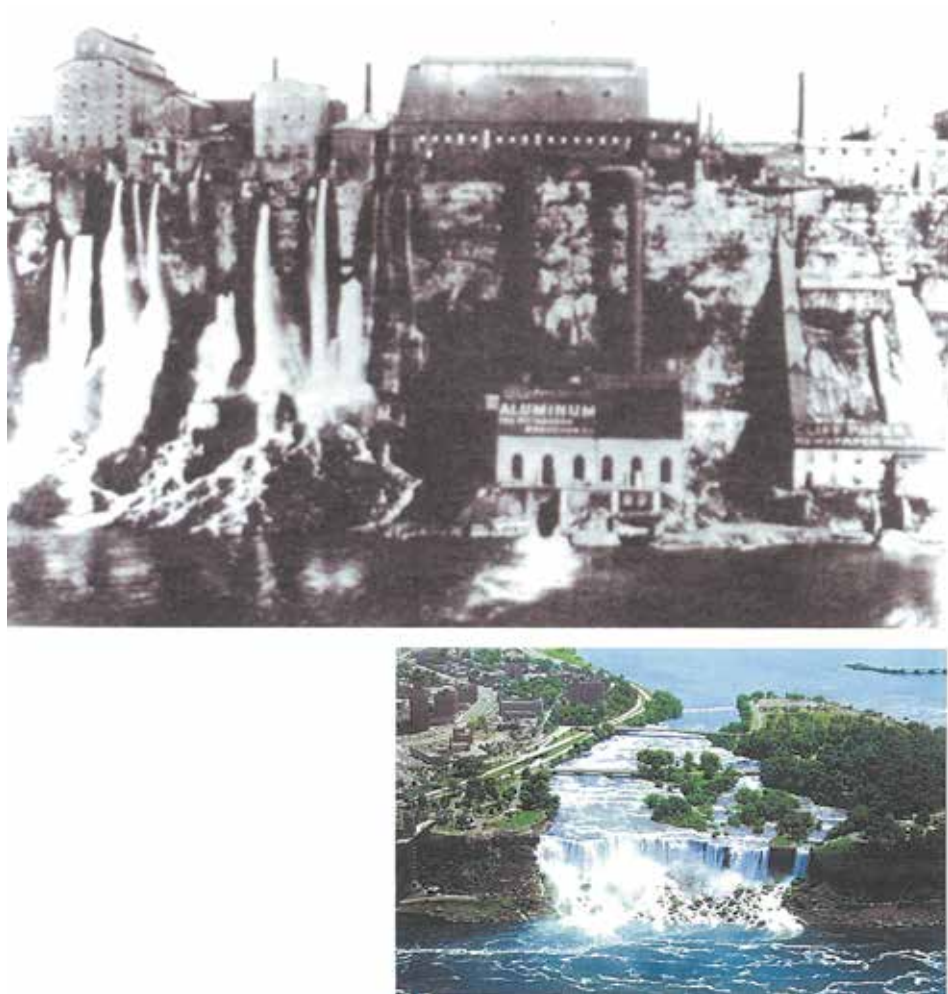


Slika 1.: Šibenik potkraj XIX. stoljeća

(1846. – 1914.) i naš američko-hrvatski izumitelj i elektrotehničar srpskog podrijetla Nikola Tesla (1856. – 1943.), čijih je 13 patenata ugrađeno u nju, o tom se pothvatu raspisala svjetska javnost. A Šibenik, na periferiji Austro-Ugarske Monarhije, ostao je nepoznat.

Međutim, tijekom vremena pokazao je da je situacija sasvim drukčija i zato je poslije došlo do spoznaje da je prvi potpuni izmjenični dvofazni sustav u svijetu izgrađen i pušten u pogon u Šibeniku. To je potvrdila i značajna svjetska udruga elektroinženjera IEEE koja je 2010. postavila na Krki spomen-ploču na kojoj tvrdi da je taj sustav bio temeljni kamen današnjeg svjetski raširenog suvremenog elektroenergetskog sustava.

U ovom radu želi se rekonstruirati kako je izgrađen taj sustav? Tko su ljudi koji su je gradili? Zašto baš u Šibeniku i na Krki? Što je bilo prije i zašto se istosmjerni sustav nije razvio i raširio? Odgovore na ta pitanja pokušat ću dati temeljem dokumenata iz raznih arhiva, iz raznih napisa i tekstova koji pokazuju sto dvadeset godišnju povijest elektroprivredne djelatnosti u Hrvatskoj, na koju mi Hrvati možemo biti vrlo ponosni.



Slika 2.: a) Hidroelektrana Niagara Falls, b) Slapovi Niagare, 1895.

1. Što je bilo prije Šibenika?

Premda se XIX. st. smatra stoljećem parnog stroja koji je omogućio industrijalizaciju i promet, u tom istom stoljeću postojao je dugi razvoj elektrotehničke misli dok se nije došlo do takvog stupnja razvoja da bi se moglo graditi prva elektrotehnička postrojenja namijenjena gospodarskoj eksploataciji i ustoj konkurirati tad jako razvijenoj plinskoj (javnoj) i petrolejskoj rasvjeti (po kućama). Podsjetimo da je 1831. engleski fizičar i kemičar Michael Faraday (1791. – 1867.) pokazao da se otkrićem električnih i magnetskih polja, fenomenom

elektromagnetske indukcije, može proizvoditi električna struja. Ujedno je otvorio put otkriću i razvoju djelovanja transformacije.

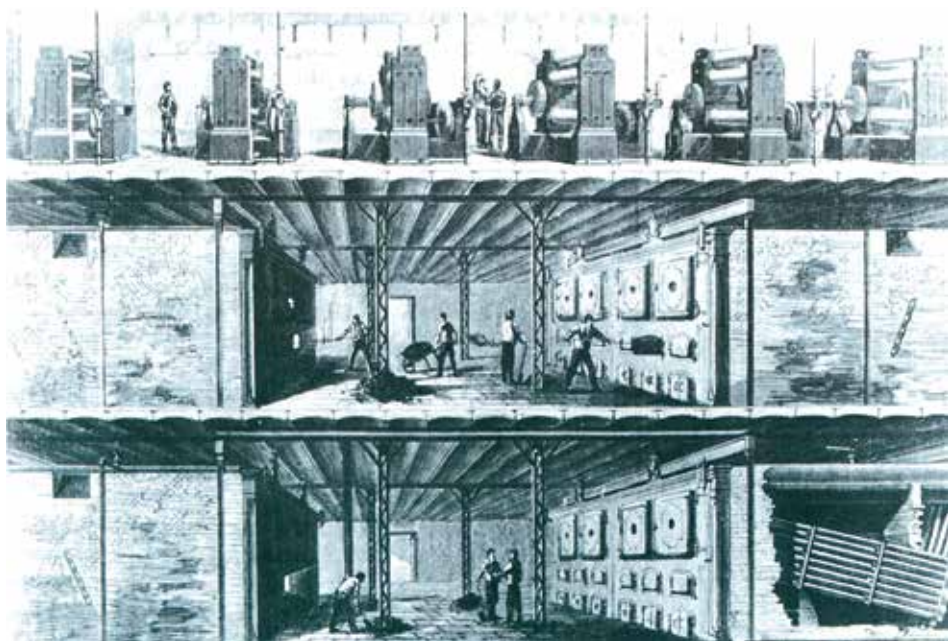
Time je otvoren put praktične primjene električne energije. Njemački inženjer Moritz Hermann von Jacobi (1810. – 1862.) izradio je 1834. prvi istosmjerni elektromotor veće snage, a Werner von Siemens (1816. – 1892.), njemački inženjer, izumitelj i industrijalac, 1866. je otkrićem dinamoelektričnog načela konstruirao prvi istosmjerni dinamo-stroj. Zénobe-Theophil Gramme (1826. – 1901.), belgijski izumitelj elektroinženjer, konstruirao je prvi generator stacionarne (istosmjerne) struje 1870. godine. Put je time bio otvoren.

Istodobno se u praksi tražio i razvoj potrošačkog dijela sustava, na području elektromotora i rasvjete. Električna rasvjeta bila je glavno područje na kojem će se primjenjivati električna struja u otvorenim i zatvorenim prostorima. Kako je oko 1850. otkrivena mogućnost električnog luka koji svijetli dok se ne istroše elektrode i smanje na udaljenost poslije koje se luk sam gasi, ruski izumitelj Pavel Nikolajevič Jabločkov (1821. – 1881.) konstruirao je 1876. prvu lučnu svjetiljku koja je mogla biti korištena u praksi. Nakon toga je Friedrich von Hefner-Altenbeck (1847. – 1901.), austrijski izumitelj i profesor fizike, 1878. izradio diferencijalnu lučnu svjetiljku, a 1879. godine je Thomas Alva Edison (1842. – 1931.), američki izumitelj, patentirao žarulju sa žarnom niti (u početku ugljenom). Taj je pronalazak omogućio priključivanje velikog broja rasvjetnih tijela na jedan uređaj. Fizičar i izumitelj Aleksander Just (1872. – 1937.) i kemičar i metalurg Franjo Hanaman (1878. – 1941.) otkrili su 1903. žarulju s metalnom volframovom niti koja je ušla u opću primjenu.

2. Razvoj prvih istosmjernih sustava

Thomas Alva Edison uvidio je potrebu izgradnje većih električnih izvora u blizini gradskih središta ili većih stambenih blokova, da bi tako mogao ekonomično napajati veći broj potrošača. Zato je započeo gradnju takozvanih centralnih stanica za proizvodnju istosmjerne struje. Od toga dolazi i naziv električna centrala. Centralne električne generatorske stanice s prvim istosmjernim električnim mrežama preteče su djelatnosti koja se danas naziva elektroprivreda.

Prve dvije veće istosmjerne centrale izgradio je Edison 1882. godine, jednu u Londonu (Holborn Viaduct), a drugu u New Yorku (u ulici Pearl Street), slika 3. Njujorška je imala snagu 540 kW i napajala je približno 7200 žarulja uz napon od 110 V te je smatrana u ono doba velikom elektranom. Radila je ekonomično i bez kvarova punih osam godina, sve do 1890. kad ju je uništio požar, koji je nastao u nizu drvenih kuća u toj ulici. Za razliku od nje, london-ska elektrana nije izdržala veliku konkurenciju plinske rasvjete i bankrotirala je već 1886. godine. Zbog velikog iznosa gubitaka u istosmjernim vodovima i



Slika 3.: Unutrašnjost prve javne istosmjerne termoelektrane, Pearl Street, New York, 1882.

naponom od 110 V, istosmjerna se struja mogla prenositi na vrlo ograničeno područje, do oko 1100 metara oko centrale. Stoga se u nekim gradovima pojavilo mnoštvo istosmjernih centrala, praktično svedenih na opskrbu samo jednog bloka kuća. Tako je u New Yorku 1890. radilo približno 450 centrala, sve na ugljen. Istodobno, veliki su se gradovi međusobno natjecali u električnoj rasvjeti, tko će biti bolje rasvijetljen. Posebno se isticao ruski Petrograd sa 66 000 žarulja u javnoj uličnoj rasvjeti, a napajale su se iz deset centrala. Petrograd je stoga bio poznat kao Grad Svjetla.

Sve te pokušaje u svijetu prate i pokušaji u Austro-Ugarskoj, uglavnom u Hrvatskoj. Vrijedi spomenuti da se već od 1880. grade malena postrojenja: primjerice istosmjerna elektrana male snage za potrebe Arsenala u Puli; u tvornici tanina i bačava u Županji Englezi ugrađuju devet parnih strojeva ukupne snage 760 KS; montirani su i prvi dinamo strojevi, te mali istosmjerni generator tvrtke Ganz; proradile i prve žarulje u Županji. Godine 1881. u pilani grofa Ladislava Pejačevića u Đurđenovcu uz parni stroj montiran je generator od 120 kW. Parni stroj je radnim danom radio za pogon strojeva, a nedjeljom i u blagdanom pogonio je generator jer su vile i stanovi rukovoditelja imali rasvjetu. Za pogonsko gorivo korišteni su otpaci iz pilana. Može se smatrati da su taj generator i sve buduće preinake temelj prve elektrifikacije Đurđenovca jer su generator i pogonski stroj radili punih 86 godina, sve do 1965. godine. Spomenimo i

istosmjerne strojeve u Puli, Vodnjanu, Rijeci, Belišću i Zagrebu, uglavnom u industrijskim objektima.

Prva javna istosmjerna elektrana koja nije bila u industrijskom ili vojnom objektu bila je 1885. u Rijeci. Izvedbom opere *Aida* Giuseppea Verdija 5. listopada otvoreno je gradsko kazalište (*Teatro Comunale*), danas HNK Ivana pl. Zajca, kojom prigodom je upaljena i prva električna rasvjeta u Rijeci. Agregat je bio parni stroj s generatorom istosmjerne struje tvrtke Ganz. Prvog dana kad je trebala biti premijera, stroj nije proradio, te je premijera odgođena. Odlučeno je da će se drugog dana kazalište otvoriti, pa makar i pod svijećama, ako električna struja ne proradi. Na sreću, ona je proradila.

Spomenimo još samo dva značajna datuma vezano uz razvoj istosmjernog sustava u Hrvatskoj. Godine 1893., 1. listopada, proradila je elektrana u mlinu Ljudevita (Lajoša) Molnara u Čakovcu. Osim za potrebe mlina, elektrana je rasvijetlila mjesto 131 svjetiljkom javne rasvjete i priključeno je još 105 kuća s oko 1400 rasvjetnih mjesta. Sve radove na izgradnji elektrane i priključaka obavio je Ganz za svega pet mjeseci. Istosmjerni generator bio je napona 2×175 V, a kućne instalacije 2×150 V. Lokalne novine pisale su ovako: "Navečer 1. listopada ulicama grada prošle su povorke i održano veselje s govorima gospode Molnara i gradskih otaca. Čakovec je pobijedio mrak." To postrojenje, uz proširenja i povećanje snage, radilo je do početka Drugog svjetskog rata. Drugo postrojenje izgrađeno je 1894. u Lipiku, kad je proizvedena električna rasvjeta iz vlastite parne elektrane snage 16,5 kW i istosmjernog napona 220 V. Iz centrale su napajane žarulje u objektima parka, hotela i klimatsko-topličkog lječilišta. Ubrzo je izgrađena i javna rasvjeta za okolne ulice. Za javnu rasvjetu korištene su žarulje s ugljenom niti od čak 15 *svijeća* (vata). Generator je imao jednocilindrični parni stroj, a pogonsko gorivo bilo je drvo.

I na kraju spomenimo da je u Zadru, glavnom gradu tadašnje provincije Dalmacije, u 20 sati na Silvestrovo, 31. prosinca 1894., na Narodnom trgu održana svečanost puštanja u pogon prve električne javne rasvjete. Električnim žaruljama osvijetljene su *Via larga* (današnja Kalelarga) i druge ulice na poluo-toku, a na *Piazzii popolare* (Narodni trg) postavljena je velika električna kugla jakosti 1000 *svijeća*. Puštena je u rad nova istosmjerna termoelektrana u Foši u Zadru s parnim strojem kojeg je pokretao istosmjerni generator od svega 35 kW. Razdioba električne energije bila je trovodnim sustavom istosmjernog napona 2×150 V.

3. Prve jednofazne izmjenične elektrane i mreže

Rješenje za problem koji je ograničavao razvoj sustava istosmjerne struje – prijenos električne energije na veće udaljenosti – bila je jednofazna

izmjenična struja. Tako potkraj XIX. st. počinje razvoj izmjeničnog sustava usporedno sa sve raširenijim istosmjernim sustavom. Prvi generator izmjenične jednofazne struje patentirao je Zénobe Gramme, a njegov stroj korišten je za pokusno osvjetljavanje Operne ulice u Parizu 1878. Jabločkovljevim lučnicama. Bio je to pokus koji je trajao svega dva mjeseca, nakon čega je demontiran.

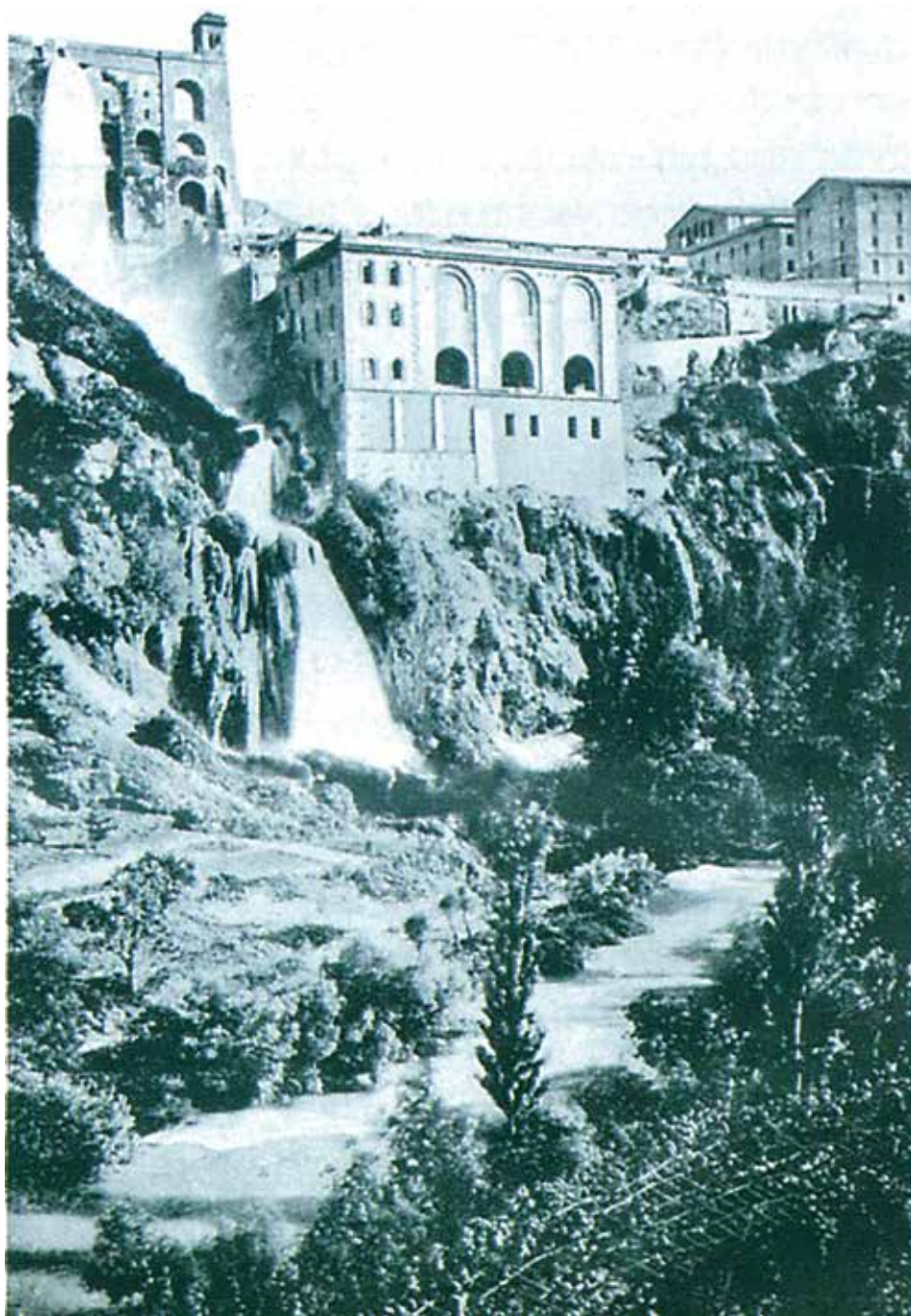
Daljnji korak u razvoju tog sustava napravili su Francuz Lucien Gaulard i Englez John Daniel Gibbs, patentirajući 1882. u Londonu uređaj koji su nazvali sekundarnim generatorom. Zapravo, bila je to preteča transformatora. Patent je primijenjen 1884. za rasvjetu 12 kilometara duge sekcije londonske željeznice. Izum je patentiran usput pri gradnji prvog metroa u Londonu.

Godine 1884. održana je Elektrotehnička izložba u Torinu na kojoj je prikazan prvi prijenos na daljinu s novim jednofaznim izmjeničnim sustavom; iz Siemensova alternatora napona 2000 V i frekvencije 133 Hz prenesen je na udaljenost od 40 km. Taj je sustav napajao svjetiljke raznih tipova na izložbenom prostoru, kao i na usputnim postajama na pruzi Torino – Lanzo, gdje je bila (improvizirana) elektrana.

Na toj izložbi pojavio se još jedan vrlo važan pronalazak. Izložba je okupila sve što se tad znalo u elektrotehnici te su vodeći inženjeri mađarske tvrtke Ganz pokazali samouzbudni izmjenični generator, ali i transformator u obliku kakav danas poznajemo. Bili su to Poljak Carl Zipernowsky (1849. – 1922.), švicarac Miksa (Max) Deri (1853. – 1925.) i Slovak Otto Titus Blathy (1851. – 1923.). Ta su tri inženjera redovito nastupala zajedno i danas su u povijesti elektrotehnike poznati kao znamenita budimpeštanska trojka. Oni su niz svojih patenata primijenili u prvim elektranama i mrežama. Izum te trojke riješio je problem prijenosa i distribucije električne energije jer transformator omogućuje da se električna energija prenese na daljinu i razdijeli na velik broj potrošača. To su sve primijenili i 1895. na prvom komercijalnom izmjeničnom sustavu Krka – Šibenik. Usput spomenimo da su upravo oni prvi upotrijebili tehnički izraz transformator električne energije.

Nakon te izložbe već 1885. tvrtka Ganz počela je isporučivati prve transformatore i kompletne izmjenične razdjelne sustave. Tako da su nakon Luzerna i Milana u prve tri godine jednofazni sustavi bili u pogonu u oko 60 gradova u svijetu, slika 4. Svi oni služili su za rasvjetu ili pogone, a nisu imali značajnu komponentu prijenosa električne energije. U Hrvatskoj je prvi grad koji je imao takav sustav bila Rijeka.

Jednofazna izmjenična elektrana u riječkoj luci, tad glavnoj izveznoj luci Ugarske, izgrađena je 1892., bila je namijenjena za pogon dizaličnih motora i velikog lifta, a dopunski se koristila za rasvjetu luke i nekih skladišnih objekata. Imala je tri generatora od 80 kW i 2000 V. Lift za 65 000 kg pokretan je sinkronim motorima napona jednakog generatorskom naponu. Ostatak snage korišten je transformacijom na 100 V za rasvjetu. Prijenosnog voda nije bilo, u



Slika 4.: Prva javna izmjenična hidroelektrana, Tivoli, Rim, 1892.

smislu prijenosa električne energije na veću udaljenost. Zato se taj, kao i niz drugih, nije mogao ubrojiti u potpune elektroenergetske sustave koji uključuju proizvodnju, prijenos, distribuciju i komercijalno korištenje električne energije. Sve to realizirala je znamenita Ganzova budimpeštanska trojka.

Izum prikladnog izmjeničnog motora omogućio je izmjeničnom sustavu primjenu u industriji i obrtu, a temelji se na otkriću okretnog magnetskog polja i višefaznih izmjeničnih sustava, otkrića Nikole Tesle. Tesla se zalagao za razvoj polifaznog sustava, u prvom redu dvofaznog, dok je Michael von Dolivo-Dobrowolski (1860. – 1915.), ruski inženjer njemačkog podrijetla, predlagao trofazni sustav. Zato se prvo razvijao dvofazni sustav da bi se potom prešlo na povoljniji trofazni. Moguće je reći da su volframova žarulja (donedavno) i asinkroni ili induksijski motor, danas uobičajeni izvor snage temelj razvoja XX. i XXI. stoljeća. Oba su pronalaska djelo ljudi podrijetlom iz Hrvatske, Hanamana i Tesle. Na to moramo biti posebno ponosni.

Bilo je pokušaja da se istosmjerna struja prenese na veću udaljenost. Tako je 1882. Michael Deprez na Elektrotehničkoj izložbi u Münchenu ostvario prijenos od 57 kilometara, od Miesbacha do izložbenog prostora, ali uz vrlo velike gubitke. Stupanj djelovanja bio je svega 22 %, zbog nedovoljno visokog napona i malog presjeka vodiča, jer je korišten telefonski vod. Pokazalo se da je takav prijenos ekonomski neisplativ.

Prvi značajniji jednofazni izmjenični prijenosi ostvareni su 1890. za rasvjetu Londona (12 km, prijenosni napon 10 kV) i Portlanda u SAD-u (19 km, prijenosni napon 3,3 kV), ali nisu imali distribucijsku mrežu osim transformacije za javnu rasvjetu. Stoga mnogi povjesničari elektrotehnike smatraju da je 1890. godina početka djelovanja modernog prijenosa.

Vrlo značajna za razvoj bila je Međunarodna elektrotehnička izložba u Frankfurtu na Majni održana od svibnja do listopada 1891., slika 5. Bila je organizirana da bi se izabrala najbolja varijanta opskrbe Frankfurta električnom energijom, a moglo se vidjeti sve što se u elektrotehnici znalo u tom trenutku. Oskar von Miller, poučen negativnim iskustvom istosmjernog prijenosa za München, predložio je da se električna energija za izložbeni prostor prenese prvim trofaznim vodom iz Lauffena na rijeci Rajni, udaljenog 175 kilometara. Ondje je postavljena vodna turbina snage 300 KS koja je pokretala trofazni generator snage 210 kVA. Generatorski napon od 55 V bio je transformiran na 8500 V i električna energija prenesena je do Frankfurta. Sve to izvela je firma Siemens otkupivši Tesline patente. Izložbeni prostor bio je osvijetljen s oko 1000 žarulja, ali glavna atrakcija bio je trofazni motor za pogon vodne pumpe kojom je stvoren umjetni slap i vodoskok visine deset metara. Tijekom izložbe izvedeni su pokusi i s naponima od 15 kV i 30 kV, koji su pokazali da se povišenjem napona postiže još viši stupanj djelovanja, odnosno da se smanjuju gubici u prijenosnom vodu.



Slika 5.: Plakat Međunarodne elektrotehničke izložbe u Frankfurtu na Majni (1891.)

Nakon velikog uspjeha na izložbi, trofazni prijenos snage na daljinu, o kojem se puno pisalo u *običnom* tisku, ali i u stručnim časopisima, označen je glavnim znanstvenim događajem te izložbe. Ta izložba bitno je utjecala i na prve graditelje sustava u Hrvatskoj, u Šibeniku. Nakon zatvaranja izložbe, koncem listopada 1891., Frankfurt se ipak odlučio za jednofazni sustav pa je taj prijenos umjesto za Frankfurt na Majni iskorišten za grad Heilbronn u blizini Lauffena.

Izložba u Frankfurtu na Majni bitno je utjecala i na prve graditelje dvofaznog sustava u Hrvatskoj. Poznato je da je izložbu 1891. posjetio sin gradonačelnika Šibenika Marko Šupuk, a za nju su znala i još dvojica ljudi zaslužnih za gradnju tog sustava, Ante Šupuk i Vjekoslav Meichsner.

Druga značajna elektrotehnička izložba održana je 1893. u Chicagu povodom 300 godina od dolaska Kristofora Kolumba do Amerike. Na njoj su Tesla i Westinghouse izložili uređaje takozvanog univerzalnog sustava, koji omogućuje prijelaz sa sustava na sustav, o kojem se danas ne znaju detalji. Izložba je bila poticaj da se pokrene gradnju najpoznatijeg objekta i ujedno prve hidroelektrane velike snage na slapovima rijeke Niagare u SAD-u. U prvoj fazi izgradnje 1895. godine imala je tri dvofazna generatora od 5000 KS, napona 2200 V i frekvencije 25 Hz, te pretvarače izmjenične u istosmjernu struju. Namjena joj je bila opskrba tvornice aluminijske i karborunda udaljene 400 metara od elektrane. Nije imala prijenosni vod, nego je napajanje tvornice bilo na generatorskom naponu. Elektranu je probno pokrenuta 25. kolovoza, a već sutra počela je puni rad. Na njezinim generatorima bila je pločica s popisom 13 patenata Nikole Tesle koji su primijenjeni u tom sustavu. Zato ne čudi da je pred tim objektom podignut spomenik Nikoli Tesli.

Dakle, elektranu je proradila dva dana prije našeg sustava na rijeci Krki. Ali, prvi manji prijenos električne energije iz elektrane na slapovima Niagare do 43 kilometra udaljenog grada Buffala dogodio se tek u studenom 1896., a veći prijenos u Kanadu tek 1910. godine. Ipak, hidroelektrana *Niagara Falls* u to vrijeme smatrana je velikim tehničkim pothvatom jer je pokazala da se mogu graditi elektrane velikih snaga i da se te snage mogu s pomoću višefaznih sustava prenositi ekonomično na velike udaljenosti.

Mađarska tvrtka Ganz, koja je u cijelu Europu uvela dvofazne sustave, ugradila je u našu prvu hidroelektranu Krka dvofazni sustav s fazama električki pomaknutim za 90 °el. Zato povijesni značaj te hidroelektrane nije zanemariv jer je sustav Krka – Šibenik bio prvi kompletni sustav, a riječ je bila o prvom takvom eksperimentu, slika 6. Tih su godina mnogi veći gradovi (Frankfurt, London, Rim i drugi) radije odabirali jednofazne generatore jer se smatralo da su višefazni sustavi nesigurniji. Poslije su i ti gradovi prihvatili polifazni izmjenični sustav.



Slika 6.: Hidroelektrana Krka, 1895.

4. Izgradnja sustava Krka – Šibenik

Međunarodna elektrotehnička izložba 1891. u Frankfurtu na Majni bitno je utjecala na razvoj elektrotehnike i elektroenergetike u cijelom svijetu. O grandioznom uspjehu izmjeničnog sustava u Frankfurtu pisao je svjetski tisak, ne samo stručni, pa i tiskovine na talijanskom, njemačkom i hrvatskom jeziku koje su izlazile u Hrvatskoj. Bio je to uobičajen način prenošenja novih spoznaja. Zato ne čudi da su o tom uspjehu znali i u Šibeniku, gdje su uglednici i poslovni ljudi oduševljeno prihvatili ideju da se na slapovima Krke, na Skradinskom buku, izgradi hidroelektrana i iz nje osvijetli grad Šibenik.

Graditelji izmjeničnog dvofaznog sustava Krka – Šibenik, prvog cjelovitog elektroprivrednog sustava u Hrvatskoj i svijetu, bili su Ante Šupuk (Šibenik, 1838. – Šibenik, 1904.), šibenski gradonačelnik, član Pokrajinskog sabora u Zadru i dalmatinski zastupnik u Carevinskom vijeću u Beču, slika 7., te njegov sin Marko Šupuk (Šibenik, 1864. – Šibenik, 1903.), pomorski kapetan i poslije prvi direktor poduzeća, te Vjekoslav pl. Meichsner (Šibenik, 1847. – Šibenik, 1916.), šibenski gradski nadmjernik, inženjer i vijećnik, slika 8. Svi su oni za svoje doba bili vrlo napredni i utjecajni ljudi.

Ante Šupuk bio je prvi hrvatski poslanik iz Narodne stranke, ali i vrlo bogat čovjek. Na slapovima Krke imao je brojne mlinice i stupe koje su poslije,



Slika 7.: Ante Šupuk



Slika 8.: Vjekoslav Meichsner

pod upravom njegova sina Marka, činile temelj industrijskog razvoja Šibenika. Marko se nakon plovidbe i boravka u Rusiji 1884. definitivno vratio u Šibenik i posvetio vođenju poslova i brojnih obrta, među kojima je bilo i upravljanje prvim elektroprivrednim sustavom. Postoje podaci da je posjetio izložbu u Frankfurtu na Majni. Vjekoslav Meichsner bio je dugogodišnji gradski mjernik i inženjer, graditelj brojnih značajnih objekata u Šibeniku, među kojima se ističu gradska riva, Okružni sud (sa zatvorom), Pokrajinska bolnica (koja je bila prva paviljonska bolnica u Europi), kao i prvi gradski vodovod.

Sva trojica graditelja tog sustava dulje su se pripremala za postavljanje električne rasvjete u Šibeniku te za gradnju električne centrale. Priprema je trajala od 1891. do svibnja 1893. godine, kad je Meichsner pripremio nacрте i projekte za izgradnju prve hidroelektrane na slapovima Krke te, istodobno, i dalekovoda i gradske mreže za rasvjetu i neke kuće.

Prvog svibnja 1893., nakon što je završio sve nacрте i projekte, Meichsner je zatražio od Kotarskog poglavarstva da mu dopusti:

“(...) ustanovljenje jednog obrtništva za proizvođenje i vođenje munjive u svrhu razsvjete, prenošenja sile i ine obrtne i kućevne porabe”,

te da mu se dopusti korištenje;

“(…) neke količine vode rijeke Krke, uzevši ju od one koja teče uzduž katastarskih čestica 961/10, 961/27 i 961/8 (porezne općine Lozovac) njegova vlasništva, pak prinijeti ju sredstvom jedne već postojeće jaže (konala) također njegove vlasnosti, koje polag predloženog nacрта biti će vhodno razširena i uredjena i prenašanje munjive, te ju povratiti istoj rieci, još prije nego ona izstupi sa granica gorioznačenih vlastitih čestica.”

Tom je molbom pokrenuta velika administrativna procedura. Obavljen je komisijski očevid 6. srpnja 1893. da bi se ustanovilo kako zatražena izgradnja ne čini javne i privatne štete. Od 10. do 14. listopada dvije su vladine komisije radile na terenu. Jedna je morala ustvrditi može li se dati tražena koncesija na korištenje vode, a druga, brojnija, trebala je ispitati trasu dalekovoda od Krke do Šibenika. Ukupno je dvanaest viđenijih ljudi obišlo trasu i gradske ulice na kojima je predviđeno “pružanje žice – kabela – po zraku”.

Na temelju očevida tih komisija, 18. prosinca 1893. godine Kotarsko povjerenstvo dodijelilo je Meichsneru Razsudu, pod brojem 15936, da smije osnovati traženu radnju, ali pod sljedećim uvjetima:

I. da gradjenje osnovanog poduzeća bude točno slijediti polag prikazanih nacрта, kojih jedan primjerak obskrbljen sa uredovnom potvrdom uručuje se prositelju.

II. da trošenje vode, imade se ograničiti na mjeru od 25,81 metar kubični na hip, dotično da se smije proizvesti ikakva promjena na konalu slijevanja; a kao rok kroz koji osnovana gradnja oma će se dovršiti ustanovljuje se doba od dvije godine.”

Napomena autora: mjera *metar kubični na hip*, kako se tad govorilo i pisalo, znači m³/s.

Odlukom od 22. ožujka 1894., pod brojem 6522, dodijeljena je Meichsneru i industrijalna koncesija. Zadnju potrebnu dozvolu izdalo je općinsko upraviteljstvo u Šibeniku 30. travnja 1894., pod brojem 1579., i to:

“(…) da može postaviti stupove na općinskom zemljištu za prijenos električne sile i da također napravi potrebitu mrežu preko gradskih ulica u svrhu rasvjetljavanja.”

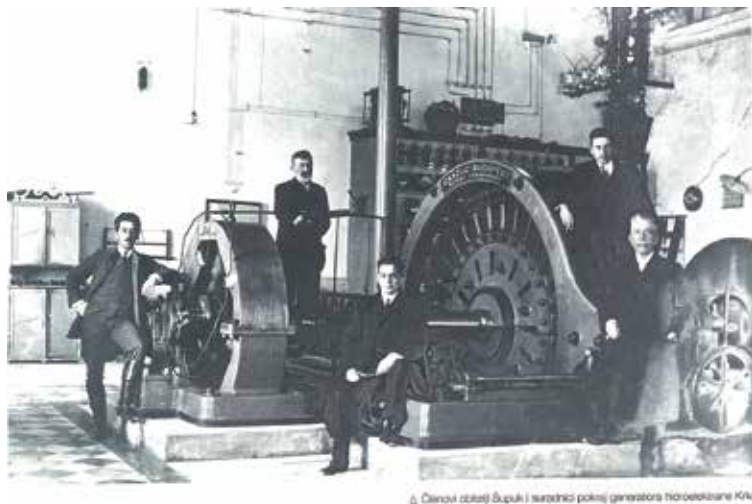
Tako je završena kompletna administrativna procedura (od 1. svibnja 1893. do 30. travnja 1894., punu godinu), pa su dobiveni svi potrebni dokumenti za gradnju prve izmjenične hidroelektrane, dalekovoda dugog 11 kilometara i gradske niskonaponske mreže u Šibeniku – dakle, našeg prvog cjelovitog elektroprivrednog sustava.

Za to vrijeme ugovarala se s Gradskim poglavarstvom Šibenika i gradonačelnikom Šupukom cijena po kojoj će grad biti osvijetljen. Time je osiguran važan element sustava – potrošnja. Ugovoreno je da će se za rasvjetu grada električnom energijom godišnje plaćati paušalni iznos od 5000 forinti u mjesečnim obrocima.

Još je tijekom 1894. gradonačelnik Šupu dogovorio da će tvrtka Ganz izraditi elektrostrojarski dio elektrane, dalekovoda i mreže. Zanimljivo je pismo Michaela Ganza (1835. – 1910.), švicarskog poduzetnika koji je tvrtku osnovao u Budimpešti radi carinskih povlastica, upućeno Šupuku u kojem, među ostalim, ističe:

“(...) ovo je za sve nas veliki poduhvat i rizik. Mi smo spremni ući u taj rizik. Međutim, Šibenik je mali grad na periferiji Monarhije pa ako ne uspijemo za naš neuspjeh nitko neće znati, a ako uspijemo, uspjeh je naš!”

Usporedno s postupkom dobivanja dopuštenja za gradnju i koncesije na korištenje vode, Meichsner i Šupuk sklopili su projekt ugovora, a potom i ugovor o osnutku zajedničkog poduzeća – Una società di commercio in nome collettivo. Te je dokumente izradio šibenski bilježnik Giacondo Petris de Herrenstein na talijanskom jeziku. Osnovano je novo poduzeće koje je službeno imalo ime Šupuk e Meichsner – Prima concessionata Centrale elettrica in Dalmazia “Krka” (hrvatski: Šupuk i Meichsner – Prva povlaštena električna centrala u Dalmaciji “Krka”), sa sjedištem u Šibeniku. Poduzeće je preuzelo sve prijašnje dogovore između Šupuka i tvrtke Ganz. Počelo je rad 1. lipnja 1895., dakle, u vrijeme kad je gradnja bila u punom jeku i strojevi u montaži. Cijeli je sustav proradio 28. kolovoza 1895. paljenjem javne rasvjete u gradu, slika 9.



Δ. Članovi obitelji Šupuk i suradnici pokraj generatora hidroelektrane Krka

Slika 9.: Članovi obitelji Šupuk i suradnici kraj generatora u elektrani Krka (drugi slijeva je Ante Šupuk)

5. Detalji o elektrani i sustavu u Šibeniku

Hidroelektrana Krka (poslije će se uobičajiti naziv Jaruga I.), imala je dva dijela: donji, podvodni, za smještaj turbina, i gornji, za strojarnicu i rasklopni toranj. Izgrađen je objekt za dvije proizvodne jedinice, a u početku je bio montiran samo jedan agregat. Imao je Girardovu vodnu turbinu okomitog tipa, s tlakom od 0,8 atm, koja je preko koničnih zupčanika prenosila snagu na vodoravnu osovinu generatora. U strojarnici je montiran dvofazni generator proizveden u Ganzu po patentu Zipernowskog, tipa A2 (a našli smo da je tip A1 bio napravljen za pokus i arhiviran u Elektrotehničkom muzeju u Budimpešti). Imao je snagu od 320 KS s 315 okretaja u minuti i 42 Hz, a na istoj osovini bila je odgovarajuća budilica proizvedena u istoj tvrtki. S pomoću nekoliko sačuvanih slika može se zaključiti da je postojala ručna regulacija vode do turbine, kao i ručno upravljanje naponom.

Prvo naše postrojenje izmjeničnog dvofaznog sustava imalo je vrlo slabu prenaponsku zaštitu. Sastojala se od rastalnih osigurača i živinih odvodnika s rogovima i paralelno spojenih otpornicima. Svrha tog rješenja trebala je biti zaštita od atmosferskih prenapona i pražnjenja.

Generator je proizvodio napon od 3000 V i bio je izravno spojen na dalekovod koji je energiju prenosio do 11,5 km udaljenog Šibenika. Svako veće atmosfersko pražnjenje izgaralo je namote generatora i izazivalo ozbiljne zastoje i kvarove, što je bila posljedica tadašnje neučinkovite prenaponske zaštite.

Radovima na hidroelektrani rukovodili su Vjekoslav Meichsner i Marko Šupuk te elektrotehnički stručnjaci tvrtke Ganz. Osim spomenute trojke koja je u više navrata, posebno kod montaže, dolazila iz Budimpešte, glavni dio radova vodili su stručnjaci iz Ganzove ispostave iz Trsta Pietro Zerial i Ettore Zorzenoni. Sva pomoćna radna snaga bila je domaća, a građevne radove izveli su šibenski graditelj Bonamico i obrtnici Cinotti i Grubelić. Kad je hidroelektrana počela rad, Ettore Zorzenoni ostao je u Šibeniku i u tvrtki Šupuk i Meichsner bio glavni poslužitelj i poslije tehnički rukovoditelj. Iz Trsta je doveo još nekoliko kolega koji su činili tehnički dio za održavanje mreže i elektrane.

Istodobno s gradnjom hidroelektrane odvijali su se radovi na gradnji dalekovoda i mreže, slika 10. Postavljeni su drveni stupovi od Krke do Šibenika s konzolama U-profila, koji su nosili izolatore. Ukupno je podignuto 360 stupova, malo previše za 11,5 km udaljenosti, jer su postavljani na rub parcela da ne smetaju posjednicima. Na svakom stupu bile su tri konzole. Gornje dvije bile su opremljene staklenim izolatorima za po dva bakrena vodiča promjera 7 mm (gornja konzola) i 9 mm (srednja konzola) za napon od 3000 V. Vodiči su odgovarali presjecima od 35 mm² i 50 mm². Najniža konzola nosila je telefonsku liniju od hidroelektrane do Meichsnerove vile.



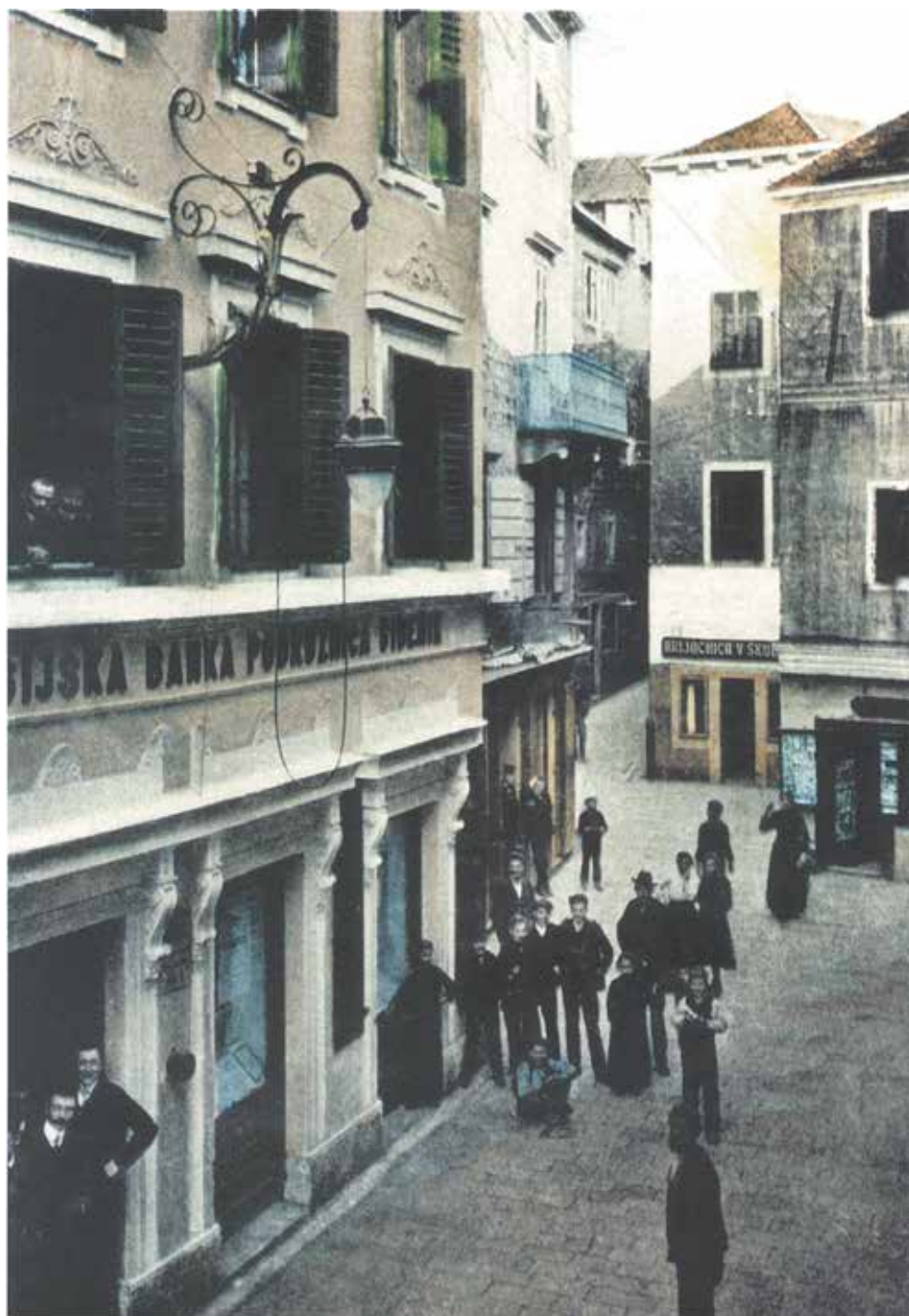
Slika 10.: Izgradnja stupova dalekovoda prema Šibeniku

Zanimljivo je da su prvi izolatori za 3000 V bili rađeni u obliku bočica punjenih uljem radi poboljšanja izolacijske razine voda. Dalekovod je bio postavljen duž puta Lozovac – Šibenik, radi lakšeg pristupa kod popravaka i zato što su stanovnici smatrali da bi ti vodovi smanjili vrijednost njihova zemljišta. Dalekovod je stoga krivudao i imao puno više stupova nego da je postavljen pravocrtno.

U gradu je izgrađena razdjelna mreža 3000/110 V, koja je imala dvije rasklopne i šest transformatorskih stanica, pet postavljenih na krovovima kuća. Zašto na krovovima? Tlo u Šibeniku je kamenito pa se nije moglo kopati i polagati kabelsku mrežu, a nadzemna mreža bila je s golim vodičima. Da se spriječe moguće nesreće, jedino rješenje bilo je mrežu postaviti na krovne nosače. Tako je i pet transformatorskih stanica bilo na krovovima ili na terasama kuća, a samo jedna na obali, slika 11.



Slika 11.: Transformatorska stanica na šibenskoj obali



Slika 12.: Secesijski zidni nosač lampiona u staroj gradskoj jezgri Šibenika

U početku je najvažnije trošilo električne energije bila javna gradska rasvjeta. Postavljeno je 360 rasvjetnih svjetiljaka na mjestima gdje je prije bila petrolejska rasvjeta, slika 12. Zanimljivo je da su nažigači petrolejki prešli na rad u novo električno poduzeće i nastavili biti nažigači. Naime, *budimpeštanska trojka* još nije bila izumila centralne sklopke te su svake večeri morali nažigači ići od svjetiljke do svjetiljke te paliti jednu za drugom, a ujutro ih gasiti. Osim javne rasvjete bile su elektrificirane samo tri kuće: vile Meichsner i Šupuk te kuća gradskog vijećnika Jose Dulibića.

Kućanstva su se rijetko odlučivala za uvođenje te novotarije jer je kod običnog puka vladao strah od *munjive*. Vjerovalo se da “munjivo ubija, privlači grome i požare!” Ali, vrlo brzo pojavio se prvi veći potrošač, Ante Šupuk sa svojim mlinicama, potom tvornica tjestenine Inciostri, pa crkva Gospe vanka Grada, te Hotel de la Ville (hotel Krka), a 1. travnja 1896. elektrificirano je kazalište Mazzoleni, kao prva kazališna zgrada koja je imala električnu izmjeničnu rasvjetu sa 16 reflektora s bojama za rasvjetu pozornice. Tek oko 1900. u svoje kuće radi rasvjete struju je uvelo desetak najuglednijih Šibenčana, ali oko 1905. bilo je elektrificirano već oko stotinu kućanstava.

Hidroelektrana Krka puštena je u pogon “28. kolovoza 1895. oko 20-te ure i 20 časaka navečer”, zapisano je u zadarskim novinama *Il Dalmata*, u broju 70 od 31. kolovoza 1895. godine. Kratka vijest pod naslovom *La luce elettrica a Sebenico (Električna rasvjeta u Šibeniku)*: “U srijedu – pišu nam iz Šibenika – izvršen je prvi pokus s električnom rasvjetom, koja vrlo dobro radi.” *Il nuovo cronista di Sebenico* objavio je sljedeću bilješku: “Vrši se prva proba rasvjete grada električnim svijetlom i sretno uspijeva. Obje glazbe svirajući obilaze gradske ulice u kojima je vreva radosna naroda.”

Prava situacija bila je otprilike ovakva: graditelje je zahvatila grozničava napetost iščekivanja. Kako je na istim stupovima između centrale i grada bila postavljena telefonska linija, koja je spajala jednu od prvih elektrificiranih kuća u Šibeniku, Vilu Meichsner – kuću graditelja sustava, zabilježen je razgovor između Meichsnera i strojara u elektrani. Nakon što su iz elektrane javili “(...) da strojevi rade odlično” i pitali “(...) kako je s rasvjetom u gradu”, stigao je odgovor “fantastično – stigla je – nije zakasnila!” Vila Meichsner tako je preuzela funkciju prvog dispečerskog centra, obavještavajući 11,5 km udaljene strojare o funkcioniranju njihova proizvoda.

Zaključak

Američko udruženje elektroinženjera (IEEE) postavilo je 2005. na bivšoj strojarnici hidroelektrane Jaruga I. spomen-ploču na kojoj ističe da je ta elektrana, prijenos do Šibenika i distribucija u gradu temeljni kamen današnjeg



Slika 13.: HE Jaruga i HE Krka, 1904.

modernog elektroenergetskog izmjeničnog višefaznog sustava u svijetu. Na to u Hrvatskoj moramo biti ponosni, slika 13.

Literatura

- [1] Josip Moser, *Šibensko munjivo*, Gradska knjižnica “Juraj Šižgorić”, Šibenik, 1998.
- [2] Josip Moser, *Pregled razvoja elektroprivredne djelatnosti u Hrvatskoj 1875.–2000.*, Kigen, 2003.
- [3] Vladimir Muljević, *Elektrotehnika, Kronologija razvitka u Hrvatskoj*, Hrvatska zajednica tehničke kulture, Zagreb, 1999.
- [4] Markovčić i dr., *Razvoj elektrifikacije Hrvatske, I. dio, 1984., i II dio. 1987.*, Institut za elektroprivredu Zagreb.
- [5] Skupina autora, *Stoljeće Hrvatske elektroprivrede*, HEP, Zagreb, 1995.

One Hundred and Twenty Years from the Beginning of the Work of the First Contemporary Alternating Current Electricity System in Croatia

Josip Moser

Abstract: On 28 August 1895 the first alternating, polyphase (initially two-phase) hydro-electric power station began work in Croatia. It was built on the Skradinski buk water falls on the River Krka. In addition, a system was built to transmit electricity to the City of Šibenik with a distribution network for electric street lighting. This was therefore the first commercial alternating current polyphase system in the world. The article describes details of how this system was built and used.

Key words: alternating two-phase electric power station in Croatia, alternating current power station on the Skradinski buk water falls on the River Krka, transmission of the system to the City of Šibenik, distribution network and electric street lighting in Šibenik, builders of the system

Josip Moser

U početku elektrifikacije Hrvatske bijaše istosmjerna struja

Sažetak: Devetnaesto stoljeće, posebno njegova treća četvrtina, naziva se stoljeće elektrotehnike, jer je došlo do velikog razvoja primjene elektrotehnike. Burni razvoj pratila je i Hrvatska, tad u Austro-Ugarskoj Monarhiji. U kronološkom pregledu analiziramo što se sve događalo na teritoriju današnje Hrvatske. Istina, tek je u zadnjem desetljeću XIX. st. prevladao istosmjerni sustav, a tek nakon Prvog svjetskog rata započeo je intenzivan razvoj izmjeničnog sustava, dok se istosmjerni pomalo ugasio. U referatu je dan pregled onog što se događalo u XIX. st. u elektroprivrednom razvoju u Hrvatskoj.

Ključne riječi: elektrotehnika u XIX. st., razvoj istosmjernog sustava, početak izmjeničnog sustava

Uvod

Dug je bio razvoj elektrotehničke misli kroz stoljeća, dok nije u XIX. došlo do takvog stupnja razvoja da se moglo pristupiti izgradnji prvih elektrotehničkih postrojenja namijenjenih gospodarski isplativoj eksploataciji. Na tom putu dogodila su se temeljna otkrića koja tvore lanac spoznaja u elektrostatici i elektrodinamici kao dijelovima elektrotehnike. Slijed temeljnih otkrića nastavljaju pronalasci niza znanstvenika koji će XIX. st. dovesti do naziva *stoljeće elektrotehnike*. Spomenut ćemo ukratko neke najznačajnije.

1. Razvoj elektrotehničke misli u XIX. stoljeću

Englez **Michael Faraday** pokazao je 1831. eksperimentom da se s pomoću magneta može u vodiču proizvesti električna struja. To je temelj razvoja električnog motora i električnog generatora, a iz otkrića električnih i magnetskih polja i elektromagnetske indukcije otkriveno je i načelo djelovanja transformatora.

U idućih pedeset godina (od 1831. do 1880.) mnogi su se bavili pojavom elektromagnetske indukcije i mogućnostima njezine praktične primjene. **Moritz Hermann von Jacobi** je 1834. godine izradio prvi elektromotor veće snage. **Werner von Siemens** je otkrićem dinamoelektričnog načela 1866. godine napravio prvi istosmjerni dinamo-stroj. Belgijski izumitelj **Zenobe Théophile Gramm** izradio je generator istosmjerne struje 1870. godine i njime potpuno potisnuo dotad korištene tzv. magnetoelektrične generatore.

Usporedno s tim pronalascima radilo se i na potrošačkom dijelu sustava, na područjima motora i rasvjete. Tako je **Pavel Nikolajevič Jabločkov** izradio 1876. godine prvu lučnu svjetiljku koja se mogla primijeniti u praksi. Potom je **Friedrich von Hefner-Altenneck** 1878. izradio diferencijalnu lučnu svjetiljku, a 1879. **Thomas Alva Edison** prikazao je svoju žarulju s ugljenom niti. I tek je ta žarulja omogućila priključivanja velikog broja rasvjetnih tijela na jedan stroj. Ujedno, omogućila je rasvjetu stanova i zatvorenih prostora te se počeci elektrifikacije stanova, ureda i reprezentativnih zgrada (kao hotela, kazališta i dr.) vezuju uz javnu rasvjetu trgova i ulica. Vezano uz Edisonovu žarulju, vrijedno je spomenuti da su dvojica asistenata na Visokoj tehničkoj školi u Beču, **Alexander Just** i **Franjo Hanaman**, usavršili žarulju i 1903. patentirali žarulju s volframovom metalnom niti što je dalo još veći zamah primjeni žarulja za rasvjetu i koriste se još i danas.

Poduzetnički duh Thomasa Alve Edisona pokazao je da je potrebno izgraditi veće električne izvore u gradskim središtima ili kod većih stambenih blokova u velikim gradovima. On započinje doba izgradnje takozvanih centralnih stanica za proizvodnju istosmjerne struje, a odatle i naziv – električna centrala. Te stanice s prvim istosmjernim električnim mrežama preteče su djelatnosti koja se danas naziva elektroprivreda.

Prve dvije veće istosmjerne centrale izgradio je Edison 1882. godine, i to u Londonu (Holborn Viaduct) i u New Yorku (Pearl Street). Obje centrale morale su izdržati konkurenciju relativno niske cijene plinske i petrolejske rasvjete. Zbog toga je londonska morala već 1886. zatvoriti vrata, ali zato je njujorška radila ekonomično i donosila lijepu dobit. Ona je imala snagu od 540 kW i napajala je približno 7200 žarulja uz napon od 110 V. Za ono vrijeme bila je to velika elektrana i uzor za gradnju drugih, a radila bez kvarova sve do 1890. kad ju je uništio požar koji je nastao u nekoj od susjednih drvenih zgrada.

Spomenimo još da je prva istosmjerna hidroelektrana izgrađena u malom američkom mjestu Appletonu 1884. godine. Veliki američki gradovi bili su uglavnom daleko od izdašnih i iskoristivih vodotokova te se u njima uglavnom građene termoelektrane.

Razvoj istosmjernog sustava u svijetu počeo se naglo širiti. Tako se u pojedinim gradovima pojavilo mnoštvo istosmjernih centrala, praktično svedenih na samo jedan blok kuća. Tako je u New Yorku 1890. radilo približno 450 centrala, a veliki gradovi počeli su se međusobno natjecati u električnoj rasvjeti. Najbolje osvijetljen grad 1890. bio je Petrograd sa 66 000 žarulja u uličnoj javnoj rasvjeti, koje su se napajale iz deset centrala, pa su ga zvali Gradom Svjetla.

Razvoj izmjeničkog sustava, u početku jednofaznog, tekao je usporedno s razvojem istosmjernog. O tom se razvoju može i mora pripremiti poseban referat. Zasad spomenimo samo neke ključne točke tog sustava.

Prvi generator izmjenične struje patentirao je Gramme. Njegov je uređaj korišten za pokusno osvjetljavanje Operne ulice u Parizu 1878. Jabločkovljevim lučnicama. Daljnji su korak napravili **Lucien Gaulard** i **John Daniel Gibbs** koji su 1882. patentirali u Londonu uređaj koji su nazvali sekundarnim generatorom, tj. preteču transformatora. Uređaj je 1884. iskorišten za rasvjetu 12 kilometara duge sekcije londonske gradske željeznice.

Mogućnost transformacije izmjenične struje pokazala je tolike prednosti u odnosu na istosmjernu, a i one prve početne izmjenične, da je tvrtka Ganz iz Budimpešte već 1885. počela isporučivati prve transformatore i kompletne izmjenične razdjelne sustave. Nakon Luzerna i Milana, u prvih pet godina, jednofazni sustavi bili su u pogonu u oko 60 gradova u svijetu. Gotovo su svi služili za rasvjetu, premda je većina mogla prenositi više električne energije. Među tim gradovima bila je i Rijeka.

Jednofazna izmjenična elektrana u riječkoj luci, izgrađena 1892., bila je prva takva elektrana u Austro-Ugarskoj Monarhiji, namijenjena za pogon dizaličnih motora i velikog lifta, a dopunski je korištena za rasvjetu luke i nekih susjednih objekata. Imala je tri generatora od 80 kW i 2000 V, a lift za 65 000 kg pokretan je sinkronim motorima napona jednakog generatorskom naponu. Ostatak snage korišten je transformacijom na 100 V za rasvjetu. Prijenosnog voda nije bilo.

Izmjenični sustav dobio je zamah s otkrićem prikladnog industrijski primjenjivog izmjeničnog motora, na temelju otkrića okretnog magnetskog polja i višefaznih izmjeničnih sustava. Posebna zasluga, uz neke druge pronalazače, pripada Nikoli Tesli. Teslin dvofazni sustav patentiran je 1888., kao i patent Dolivo-Dobrowolskog koji je razvio trofazni sustav, što je omogućilo niz drugih izuma. Posebno naglašavam doprinos dvojice pronalazača podrijetlom iz Hrvatske – Tesle i Hanamana.

U popularizaciji i istosmjernog i izmjeničnog sustava važnu su ulogu imale velike svjetske izložbe održane u Torinu 1884., Frankfurtu na Majni 1891. i u Chicagu 1893. godine. U Torinu je prikazan prvi prijenos na daljinu izmjeničnim sustavom (na daljinu od 40 km). Tu je prikazan i samouzbudni izmjenični generator, patent vodećih inženjera mađarske tvrtke Ganz. To su **Carl Zipernowsky, Miksa Deri i Otto Titus Blathy**, koji je osmislio transformator u obliku kakav danas znamo. Svoje su patente primijenili u prvim elektranama i mrežama, prije svega na prvom kompletnom izmjeničnom elektroenergetskom sustavu u svijetu Krka – Šibenik 28. kolovoza 1895. godine što je danas međunarodno priznato, premda je poznati sustav na Niagari proradio svega tri dana prije našeg, ali nije imao prijenosni vod.

Tako je u razdoblju od 1885. do 1895. započela takozvana borba sustava. Ona će, kako gdje, trajati od 30 do 50 godina. Istosmjerni sustav u Hrvatskoj razvijao se u početku brže i intenzivnije do 1914., a potom pomalo gubi na značaju. Kako je to teklo, pokušavamo izložiti u sljedećem odsječku referata.

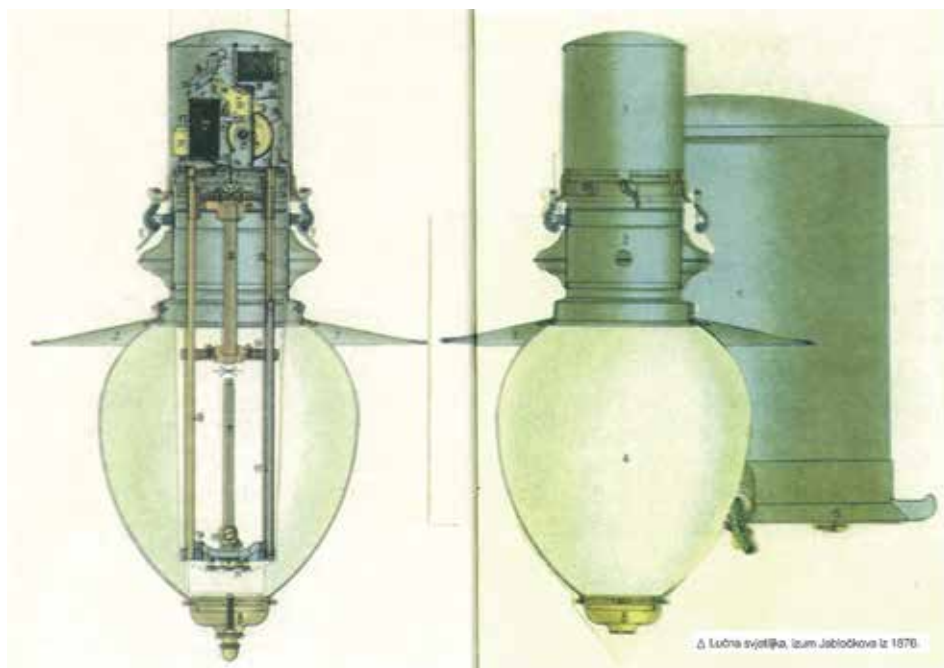
2. Razvoj istosmjernog sustava u Hrvatskoj do 1900. godine

2.1. Počeci 1880. godine

Prije pojave prvih centrala važno je znati da istosmjerna struja nije bila nepoznanica u Hrvatskoj. Pregled tih činjenica spominjemo samo kratko.

Dana 27. ožujka 1875., povodom uskršnjeg putovanja Dalmacijom cara Franje Josipa, s jahte *Miramare* razvučena je mreža s elektrolučnim svjetiljkama iznad stare gradske luke u Dubrovniku. Mreža je spojena na brodski istosmjerni Grammov generator. Da se uveliča carski posjet, svjetiljke su nekoliko dana obasjavale gradsku luku, a o tome je pisao i svjetski tisak. U Splitu i Šibeniku to se nije ponovilo, ali jest 7. travnja u Zadru na gradskim zidinama kod Lavljih vrata. Tamo je rasvjeta razvučena u duljini od 700 metara sa sedam lučnica. Tako se carski obilazak Dalmacije pretvorio u prvu javnu demonstraciju javne električne rasvjete u Hrvatskoj.

Te iste 1875. u lipnju, tijekom Sokolskog plesa u Hrvatskom glazbenom zavodu, profesor fizike na Gornjogradskoj gimnaziji Ivo Stožir montira lučnu svjetiljku na raskrižju Ilice i Gundulićeve ulice u Zagrebu. Napajao ju je iz galvanske baterije i bila je velika senzacija jer je svijetlila puna dva sata. Mnogostvo građana (po tisku više 4000 od tadašnjih 20 000 Zagrepčana) došlo je promatrati *čudo neviđeno*. Zbog gužve je ples kasnio više od dva sata, a održan je



Slika 2.: Elektrolučna svjetiljka (Jabločkovljev izum, 1876.)

pod petrolejkama. Taj je uspjeti javni pokus bio poticaj za brojne novinske priloge.

U Zagrebu je 1878. osnovan Klub inženirah i arhitektah koji će okupiti i ljude koji se bave elektricitetom. Slijednik Kluba djeluje i danas pod imenom Hrvatski inženjerski savez (HIS). Zanimljivo je da je Klub inženirah i arhitektah objavio rječnik njemačko-hrvatskog tehničkog nazivlja.

2.2. Razvoj od 1880. do 1890.

Godine 1880. zabilježeno je da u Arsenalu kraljevske i carske mornarice u Puli postoji istosmjerna elektrana male snage za potrebe Arsenala i rasvjetu oficirske kolonije. Ostali podaci, nažalost, nisu poznati.

Iste godine u Županji, u tvornici tanina i bačava The Oak Extract Comp. Ltd., radi devet parnih strojeva ukupne snage 760 KS. Montirani su i prvi dinamostrojevi od 24 V do 110 V i radi istosmjerni generator tvrtke Ganz. Tad su u Županji zasvijetlile i prve žarulje.

Godine 1881. u pilani grofa Ladislava Pejačevića u Đurđenovcu uz parni stroj montiran je generator od 120 kW koji je radio samo nedjeljom i praznikom jer je radnim danom parni kotao radio samo za pogon pilane i parenje bačava.

Taj je generator temelj prve elektrifikacije Đurđenovca jer su vile, stanovi i uredi rukovoditelja imali rasvjetu. Za pogonsko gorivo koristili su se otpaci iz pilana. Generator i pogonski stroj radili su pune 84 godine, sve do 1965. godine.

Godine 1882. u Zagrebu, u zgradi današnjeg kina na Tuškancu, ugrađen je parni stroj s Ganzovim generatorom za potrebe rasvjete u domu Streljačkog društva. Iste je godine Matica hrvatska objavila prvu i drugu knjigu *Novovjekni izumi*, u kojima je mnogo podataka o primjeni električne energije. Te godine u Vodnjanu tvrtka Marchesi & Com. koristi dva parna lokomobila s generatorima istosmjerne struje za vlastite industrijske potrebe i rasvjetu pogona te se tako prvi put koristi električna rasvjeta u Istri. Podsjetimo da je te godine u Budimpešti, za vrijeme šetnje u veljači, Nikola Tesla u parku objasnio okretno magnetsko polje, a potom na osnovi toga razradio sve tipove izmjeničnih elektromotora.

Godine 1884. u Dugoj Resi Tekstilna tvornica ima električnu rasvjetu iz vlastite hidroelektrane istosmjerne struje na Mrežnici. Drugih detaljnijih podataka o toj prvoj centrali nema. Iste godine u Belišću Drvna industrija Gutmann d. d. u pilani postavlja mali generator istosmjerne struje radi rasvjete pilane i skladišta.

Godine 1885. u Rijeci je izvedbom opere *Aida* Giuseppea Verdija 5. listopada otvoreno novo gradsko kazalište (danas HNK Ivana pl. Zajca), a upaljena je i prva električna rasvjeta u Rijeci. Agregat je bio parni stroj s generatorom istosmjerne struje Ganz. Prvog dana, 4. listopada, nije proradio te se premijera morala odgoditi za jedan dan. Bilo je odlučeno da će taj drugi dan kazalište biti otvoreno, makar i pod svijećama, ako električna rasvjeta ne proradi. Na sreću, proradila je. Bilo je to šesto kazalište u Europi koje je imalo električnu istosmjernu rasvjetu.

Godine 1886. u Zagrebu je električna rasvjeta uvedena u industrijske pogone Paromlina, Tvornice parketa i Tvornice kože. U Rijeci je te godine tvrtka ELIN iz Beča podnijela prvi projekt gradnje javne elektrane. Prijedlog nije prošao na Gradskom vijeću jer su se gradnji protivili vlasnici plinare koja je imala koncesiju na osvjjetljavanje riječkih ulica još od 1872. godine.

Godine 1887. u Osijeku su gimnazijski profesori Ivan Zoch i Josip Mencin objavili prva dva sveska Hrvatske enciklopedije u kojoj se govori i o elektricitetu. Preko tog djela u hrvatski jezik ušli su nazivi: elektricitet, električna energija, elektrovod, elektromjer i postupno istisnuli munjivo, munjara, munjivost. Nažalost, ta prva Hrvatska enciklopedija prestala je sa zaključno slovom E, zbog pomanjkanja novčane podrške, a i preseljenja profesora Zocha, podrijetlom Slovaka, na novo radno mjesto u Sarajevo. Nazive munjivo, munjara, munjivost u hrvatski jezik unio je leksikograf Bogoslav Šulek, također podrijetlom Slovak, dvadesetak godina prije u svojim rječnicima. Nazivi elektricitet,

električna energija, elektrovod, elektromjer, koje počinju koristiti Zoch i Mencin, dolaze iz češkog, njemačkog i francuskog jezika, a prvi su put korišteni u Češkoj enciklopediji koja je Zochu i Mencinu bila uzor za Hrvatsku enciklopediju.

Tesla je u listopadu te godine u SAD-u prijavio dva značajna patenta: br. 381968 – *Electromagnetic Motor* (asinkroni motor) i br. 382280 – *Electrical Transmission of Power* (električni prijenos energije). Tesla patentira još 42 patenta polifaznog sustava motora, generatora, razdiobe i prijenosa električne energije, odnosno svega na čemu se danas temelji suvremena elektroenergetika.

U proljeće 1888. u zagrebačkom Gradskom zastupstvu prvi se put govori o ponudi elektrotehničkog biroa F. Fischera iz Beča za uvođenje električne rasvjete. Formiran je posebni odbor da prouči ponudu. Fischer je nudio istosmjerni sustav.

Godine 1889. u Zagrebu inženjer J. Bothe nudi kao protuprijedlog izmjenični sustav. Ponuda će biti 1891. prihvaćena, a potom je 1892. ugovor raskinut jer se ponuđač nije držao ugovorenih rokova. Te godine grad Karlovac kupuje slap Ozalj s mlinom na rijeci Kupi. Upravo to je razlog zašto Zagreb nije 1906. dobio spor i dozvolu da može ondje graditi hidroelektranu, premda ju je predložio Tesla. Elektranu na slapu Ozalj može graditi Karlovac. Prema tadašnjem Zakonu o korištenju voda u Austro-Ugarskoj, pravo za korištenje ima vlasnik koji na rijeci ima mlin, vodenicu i slično. Te godine u Vodnjanu spomenuta tvrtka Marchesi & Com. počinje službeno obavljati distribuciju električne energije istosmjernim sustavom za rasvjetu ulica i uporabu u javnim lokalima. Centrala je radila punih 37 godina, do 1928. godine.

2.3. Vrlo intenzivan razvoj od 1890. do 1894. godine

U riječkom je kazalištu 1890. montiran pomoćni agregat za nužnu rasvjetu od 4 kW na vodu iz gradskog vodovoda s malom Peltonovom turbinom. Naime, rasvjeta pozornice za vrijeme izvedbe bila je velika te parni stroj nije mogao osvjetljivati stubišta i ostale prostore nužnom rasvjetom. Iste godine u Rijeci tvrtka Internationale Elektrizitätsgesellschaft Wien pušta u rad prvu elektranu za privatne i javne svrhe s parnim strojem od 40 KS i istosmjernim generatorom snage 22 kW. Te je godine u pulskom arsenalu počelo komercijalno korištenje električne energije za vlastite potrebe. Nažalost, drugi podaci zbog tajnosti podataka nisu poznati.

Godine 1891. u Zagrebu je organizirana Druga zagrebačka gospodarska izložba hrvatsko-slavonskog gospodarskog društva (iz koje se razvio Zagrebački velesajam). Zato je u zgradu današnjeg Rektorata Sveučilišta uvedena električna rasvjeta od 30 svjetiljaka. Za pogon su služila dva lokomobila. To je trajalo tri mjeseca, koliko je trajala i izložba, jer su lokomobili morali biti

preseljeni u Budimpeštu. Međutim, građani Zagreba uvjerali su se u blagodat električne rasvjete.

U Frankfurtu na Majni te je godine održana velika svjetska elektrotehnička izložba na kojoj je prikazan prijenos izmjenične struje na daljinu, preko voda Lauffen – Frankfurt u duljini od 175 km. O tome je puno pisao tisak u Hrvatskoj, a mnogi su je naši ljudi i posjetili. Među njima i Marko Šupuk, jedan od graditelja prvog izmjeničnog sustava u Hrvatskoj na slapovima Krke i u Šibeniku. Izložba je uvelike izmijenila svijest ljudi o električnoj energiji.

Te iste godine objavio je u Zagrebu profesor Vinko Dvořák stručni rad *Ob uzdržavanju titranja pomoću električne struje*, prvi znanstveni rad iz područja elektrotehnike u nas. U izdanju Matice hrvatske Oton Kučera objavio je knjigu *Crte o magnetizmu i elektricitetu*, koja je hrvatsku inteligenciju vrlo detaljno upoznala s novim svjetskim tendencijama razvoja dotad nepoznate znanosti i tehnike.

U svibnju 1892. zagrebački gradski načelnik Milan Amruš pozvao je Nikolu Teslu koji je tad bio u posjetu Europi. Tesla je održao konzultacije o uvođenju javne rasvjete. Tako je na javnom nastupu 28. svibnja 1892. u Starogradskoj vijećnici predložio Zagrebu da izgradi vlastitu elektranu. Predložio je izmjenični sustav i tri mogućnosti: gradnju hidroelektrane na rijeci Mrežnici ili na Plitvičkim jezerima na slapu (koji će poslije dobiti ime Milke Trnine, koja je povela prvi ekološki pokret za zaštitu ljepote prirode), te gradnju na rijeci Krki na slapu Ozalj, ili gradnju termoelektrane pokraj gradskog vodovoda na zapadnom dijelu Zagreba. Rasprave i sporovi oko tih lokacija trajat će do 1907. godine.

U Rijeci 1892., na mjestu današnjeg Metalografičkog zavoda, tvrtka ELIN gradi novu elektranu izmjenične struje s trima jednofaznim izmjeničnim generatorima po 120 kVA uz parne strojeve od 120 KS. Napon generatora bio je 2000 V. Elektranu je dodana prvoj iz 1890. godine i služila je za napajanje lučkih i željezničkih postrojenja i za potrebe silosa. Elektrificirani su i stanovi i uredi u luci. Istodobno O. Lazzarini predlaže izgradnju električnog tramvaja u Rijeci što je prihvaćeno, nakon čega je počela izgradnja.

U pulskom hotelu Imperial proradio je 1892. lokalni izvor električne energije, a u ponudi hotela i u novinama navodi se da raspolaže električnom rasvjetom, što mu daje vrlo visok standard. Hotel je tiskao i u novinama objavio prvu reklamu nekog turističkog objekta u Hrvatskoj u kojem navodi koje su prednosti što u njegovim prostorijama postoji električna rasvjeta te tako gost može uživati u svim prostorima.

Iste godine 25. prosinca u Čakovcu lokalni list *Muraköz (Međumurje)* piše o raspravi na gradskom savjetu o prijedlogu Lajoša Molnara, vlasnika paromlina, koji je voljan da za 1600 forinti godišnjeg najma uredi u Čakovcu električnu rasvjetu ulica. Rasvjeta bi imala 80 svjetiljaka, a nakon toga bi slijedila elektrifikacija javnih i privatnih zgrada. Time bi se zamijenila dotadašnja



Slika 3.: Čakovec početkom XX. stoljeća

pertolejska rasvjeta, koja je pak zamijenila 48 svjetiljaka na repičino ulje koje su u Čakovcu postojale još od 1842. godine. Molnarov je prijedlog prihvaćen.

Godine 1893. uvedena je električna rasvjeta istosmjernom strujom u Zagrebu u Staro gradsko kazalište na Gornjem Gradu (današnja zgrada Starogradske vijećnice na Markovu trgu, mjesto na kojem je par mjeseci prije Tesla održao svoje predavanje).

Dana 1. listopada 1893. proradila je u Čakovcu elektrana u mlinu Ljudevića (Lajoša) Molnara. Mjesto je rasvijetljeno 131 svjetiljkom, a priključeno je i 105 kuća s 1400 rasvjetnih mjesta. Pregovori s Molnarom okončani su potpisom ugovora 24. travnja, a radovi su završeni koncem kolovoza. Za elektranu je dana parcela od 3600 čhv. Za uređenje gradske javne rasvjete bio je dužan postaviti četiri kružne lučne lampe, u Austriji i Mađarskoj zvane *Bogenlampe* i 80 žarulja, što je Molnar obilat nadmašio. Svi radovi na izgradnji elektrane, mreže i priključaka završeni su za svega pet mjeseci. Novine su pisale ovako: "Na večer 1. listopada ulicama grada prošle su povorke i održano je veselje s govorima Molnara i gradskih otaca. Čakovec je pobijedio mrak." Istosmjerni generator bio je napona 2×175 V, a kućne instalacije 2×150 V.

Riječku lučku elektranu kupuje 1893. tvrtka Magyar Villamossagi R.T. iz Budimpešte i dobiva koncesiju za gradnju nove, treće elektrane. Gradska općina raspisuje natječaj za izgradnju nove javne elektrane uz koncesiju na 34 godine. Istodobno se u Belišću proširuje pilana: proširena je kotlovnica i dodan manji generator iz kojeg se elektrificiraju obližnje zgrade.

Koncem 1893. su šibenski gradonačelnik Ante Šupuk, njegov sin Marko i inženjer Vjekoslav Meichsner dobili Razuđu kojom je odobrena koncesija za gradnju hidroelektrane na Skradinskom buku. Hidroelektranu gradi tvrtka Ganz iz Budimpešte i to kao eksperiment jer nije imala iskustva s izmjeničnim elektranama. Prije toga izgrađena je 1892. jednofazna hidroelektrana Tivoli u blizini Rima radi rasvjete trga ispred bazilike sv. Petra, koja je radila nekoliko mjeseci.

Koncem 1893. Zadar odbija ponudu šibenskog inženjera Meichsnera za elektrifikaciju grada iz nove elektrane sa slapova Krke. Gradsko vijeće izrazilo je nevjericu da se izmjenična energija može prenijeti od Šibenika do Zadra jer je udaljenost prevelika. Meichsner nudi također elektrifikaciju Trogira, Kaštela i Splita sa slapova Krke, ali biva odbijen.

Godine 1894. u Rijeci je pušten u rad vodovod na izvoru Rječine imena Zvir s pogonskim strojevima na paru i vodnu turbinu. Iste godine u Bakru je 16. lipnja proradila kombinirana hidro-termoelektrana. Tvrtka Internationale Elektrizitätsgesellschaft iz Beča, po nalogu Gradske uprave, u stanu mlinice (Malenice, Laz) postavlja vodnu turbinu Ganz od 20 KS i parni stroj Ganz 20 KS za napajanje istosmjernog generatora snage 6,5 kW, 100 V, a ostala snaga korištena je za pogon mlina. Javna rasvjeta u Bakru imala je 50 žarulja, a privatna 120 žarulja.

Te je godine u Lipiku proradila prva električna rasvjeta iz vlastite parne elektrane snage 16,5 kW i istosmjernog napona 220 V. Iz nje su napajane žarulje u objektima parka hotela i klimatsko-topličkog lječilišta. Ubrzo je izgrađena i javna rasvjeta za okolne ulice. Za javnu rasvjetu korištene su žarulje s ugljenom niti od 15 svijeća. Generator je pogonio jednocilindrični parni stroj, a pogonsko gorivo bilo je drvo.

U Varaždinu je te godine osnovano Prvo hrvatsko varaždinsko dioničko društvo za električnu rasvjetu od strane Varaždinske industrijalne zadruge sa svrhom proizvodnje elektrifikacije. Od grada Varaždina dobivena je koncesija na 50 godina za provođenje elektrifikacije ulica, trgova, javnih mjesta, izgradnju pogona uz obvezu da se na području grada uvede javna rasvjeta sa 280 polunoćnih i 100 cjelonoćnih svjetiljaka, čije će uporabno vrijeme iznositi najviše do 1000 sati godišnje.

U Zadru je 31. prosinca 1894. u 20 sati na Narodnom trgu održana svečanost puštanja u pogon prve električne javne rasvjete. Probni pogon bio je 28. prosinca. Električnim žaruljama osvijetljene su *Via larga* i druge ulice, a na *Piazza dei signori* (današnji Narodni trg) bila je postavljena velika električna kugla jakosti 1000 svijeća. Puštena je u rad nova termoelektrana u Foši s parnim strojem koji je pokretao istosmjerni generator od svega 35 kW. Razdioba električne energije bila je trovodnim sustavom napona 150 V.

2.4. Posebno značajna godina 1895. – uvođenje izmjeničnog sustava u Hrvatskoj

Godina 1895. značajna je za razvoj elektrotehnike u Hrvatskoj. Tako je 28. kolovoza u Šibeniku svečano proradila električna rasvjeta. Puštena je u rad hidroelektrana Krka s vertikalnom Girardovom turbinom snage 320 KS, a preko koljeničastog prijenosa pokretala je horizontalni dvofazni generator Ganz od 320 kVA, 3000 V i 42 Hz. Istodobno je proradio i prvi dvofazni dalekovod napona 3000 V. dug 11 km do Šibenika. U Šibeniku je izgrađeno šest jednofaznih transformatorskih stanica 3000/110 V za javnu rasvjetu. Time je ostvaren prvi moderni izmjenični kompletni elektroenergetski sustav u svijetu, premda je svega tri dana prije hidroelektrane Krka, 25. kolovoza, proradila hidroelektrana na Niagari u SAD-u u koju je ugrađeno 13 patenata Nikole Tesle, ali koja nije imala prijenosni vod niti distribuciju, što je dobila tek iduće godine kad je dalekovodom spojena s gradom Buffalom. Elektrana na slapovima Krke dobila je ime Prva povlašena električna centrala “Krka” Ante Šupuk i sin u Šibeniku. Glavni projektanti tog našeg sustava bili su iz tvrtke Ganz, poznata *budimpeštanska trojka* Carl Zipernowsky, Miksa Deri i Otto Titus Blathy. Prvi su put u praksi primijenjeni: transformator koji je izumio Blathy te brojilo količine utrošene električne energije koje je izumio Deri, dok je Zipernowsky konstruirao 3000 V vod na drvenim stupovima do Šibenika, na koji je ispod naponskog voda postavio i telefonsku liniju između elektrane na slapovima i kuće inženjera Meichnera koja preuzima funkciju prvog dispečerskog centra. Prilikom puštanja u rad sustava nastalo je veliko veselje. U 20 sati i 20 minuta zasvijetlilo je u gradu 340 elektrolučnih žarulja u posebnim svjetiljkama.

Gotovo četiri mjeseca poslije, 17. prosinca, zasjalo je električno svjetlo u Varaždinu. Rasprave i pripreme trajale su punih pet godina, od 1889. do 1884., kad je osnovana Varaždinska industrijska zadruga za provedbu elektrifikacije. Dobila je koncesiju na 50 godina. Početkom 1895. mijenja naziv u Prvo hrvatsko varaždinsko d.d. za električnu rasvjetu, na čelu s predsjednikom Stjepanom Beloševićem. Gradnju je vodila budimpeštanska tvrtka Ganz. Tri parna stroja od 70 KS pogonila su jednofazne generatore od 50 kVA, 110 V i 42 Hz. Elektrana dobiva naziv Munjara Varaždin. Početkom srpnja bile su završene zgrade za strojarnicu centrale, a u Gradsku vijećnicu električni vod uveden je 6. kolovoza. Zadnji stup *žicovoda* postavljen je na početku Duge ulice (koja će poslije imati niz drugih imena, pa tako i Maršala Tita) 17. kolovoza. Gradsko zastupstvo dalo je 18. rujna odobrenje za sredstva za uvođenje električne rasvjete u sve prostorije gradskog Kazališta. Kako je napisao kroničar: “(...) u moru električnog svjetla zaplivaio je 17. prosinca 1895. godine grad Varaždin.” Varaždinska elektrana radit će do 1935., kad se i Čakovec i Varaždin spajaju na novu hidroelektranu Fala u Sloveniji. Tvrtka Ganz dotad je provela elektrifikaciju

niza europskih gradova istosmjernim sustavom: Rim, Beč, Budimpešta, Barcelona, Hamburg i dr., a izmjeničnim sustavom Šibenik, zatim Varaždin, a treći grad iduće godine Graz u Austriji.

Te su godine počele u Slavonskoj Požegi prve rasprave o elektrifikaciji. Naime, varaždinski odvjetnik Filip Konrad ponudio je stroj za proizvodnju električne energije koji je preostao kod gradnje elektrane u Varaždinu. Ponuda je u listopadu na sjednici Gradskog zastupstva odbijena, a tvrtka Ganz ugradit će ga u Grazu 1896. godine.

2.5. Vrlo intenzivan razvoj od 1896. do 1900. godine

Godine 1896. tvrtka Elektrizitätsgesellschaft iz Beča nudi elektrifikaciju željezničke pruge Rijeka – Budimpešta, ali joj mađarska vlada nije dala koncesiju. Iste je godine tvrtka Albert Jordan iz Beča namjeravala elektrificirati Opatiju i Volosko istosmjernom strujom. Detaljnijih podataka o tome u arhivima nema.

Prvog travnja 1896. elektrificirano je kazalište Mazzolleni u Šibeniku te tako postalo prvo kazalište na svijetu koje je napajano izmjeničnom strujom. Kako je nekoliko godina poslije u Šibeniku gostovala slavna glumica Eleonora Duse, njezine pohvale o 16 reflektora u bojama bile su velik poticaj da i druga kazališta u svijetu započnu s uvođenje električne rasvjete. U Dubrovniku je u hotelu Imperijal proradila mala istosmjerna centrala za potrebe rasvjete hotela. To je ujedno prva praktična primjena električne energije u Dubrovniku. U Splitu je općinsko upraviteljstvo grada, nakon što je odbilo ponudu inženjera Meichsnera iz Šibenika, raspravljalo o izgradnji hidroelektrane u Majdanu na rijeci Jadru do čega nije došlo jer nije bilo sredstava.

Na sjednici dubrovačkog Općinskog vijeća održanoj 27. veljače 1897. godine načelnik Frano Gondola predlaže električnu rasvjetu Grada te se osniva Odbor za električno osvjetljavanje Grada i Gruža. Preko puta stare elektrane proradila je 2. rujna u Rijeci nova elektrana, zvana Ponsal. U početku je imala tri parna stroja od 2 x 150 KS i 100 KS, a poslije su u nju preneseni i strojevi iz stare elektrane. Generatorski napon je bio 2000 V, a distribucijski 100 V. Ukupna snaga elektrane bila je 760 KS s jednofaznim generatorima. Iz elektrane položen je prvi kabel 2 x 100 mm² i spojeno sedam transformatorskih stanica 2000/100 V od 10 kVA. U elektrani Ponsal izgrađena je prva baždarnica električnih brojila u Hrvatskoj.

Te je godine zasjala i prva električna rasvjeta u Opatiji i Voloskom. Koncesionar J. N. Scanari iz Beča izgradio je na Punta Colori termoelektranu na ugljen s dvama parnim strojevima od 120 KS i remenom spojena na generatore od 125 kVA, 5000 V i 50 Hz.

Austrijsko ministarstvo željeznica dalo je zadatak ing. Urbanickom iz Linza da projektira i pripremi izgradnju tramvajske pruge u Puli. Kako je prihvaćen prijedlog da tramvaj ima električni pogon, pristupilo se izradi projektne dokumentacije za prvu javnu električnu centralu. Te je godine tvrtka Schuckert Co. izradila prvi osnovni projekt korištenja prirodnog pada vodopada Gubavica rijeke Cetine kod Zadvarja na mjestu buduće hidroelektrane Kraljevac. U Čakovcu je bankrotiralo poduzeće mlinara L. Molnara, a s obzirom na to da je bio dužan kod Čakovečke štedionice, sva njegova imovina, paromlin i munjara prelaze u ruke Štedionice te ona nastavlja djelatnosti elektrifikacije jer je to bilo vrlo profitabilno.

Godine 1898. u Zagrebu je u Gradskom zastupstvu osnovan Odbor za izgradnju centrale za električnu rasvjetu. Istodobno je grad otkupio plinaru, ali konkretnih akcija za izgradnju centrale više nije bilo. Drugog siječnja 1898. Odbor u Dubrovniku donio je izvješće i analizu o mogućnostima Dubrovnika. Odbijena je ponuda bečke tvrtke Oesterreichische Eisenbahn-Verkers Anstalt koja je predlagala gradnju na rijeci Ombli, kao i ponuda šibenskog inženjera Meichsnera da izgradi hidroelektranu na Ombli i provede elektrifikaciju Dubrovnika. Zato je 2. rujna potpisan ugovor s bečkom tvrtkom G. E. I. o gradnji termoelektrane (a iz tvrtki G. E. I. i Weizer Franz Pichner Co. nastala je 1921. tvrtka ELIN).

Iste 1898. uveo je u Župi dubrovačkoj Ivan Jelić električni pogon u svoj veliki mlin Marija. Iskorištena je voda potoka Zavrelje, a kad nije bilo dovoljno vode, pogon je radio na paru. Planirana je i elektrifikacija mjesta Kupari, Slano i Mlini koja je postupno uvedena tijekom idućih deset godina. Ta mala hidroelektrana uz modernizacije povremeno radi i postoji još i danas.

Munjara u Čakovcu dobila je jači parni kotao te se parni stroj pojačao za 25 KS i adekvatno je pojačan dinamo-stroj. Istodobno, zbog stalnog pada cijene brašna i žita poduzeće pada u gubitak, a munjara se odvaja od mlina koji se zatvara. Tesla je te godine u SAD-u nakon višegodišnjih pokusa s bežičnim prijenosom električne energije patentirao sustav daljinskog upravljanja.

Dana 7. studenog 1899. u Rijeci je proradio prvi električni tramvaj u Hrvatskoj. Pruga od mosta na Rječini do Piope (Torpedo) bila je duljine 4413 metara. Na Školjiću blizu tramvajske remize podignuta je termoelektrana samo za pogon tramvaja. Imala je dva parna kotla, dva parna stroja, remenični pogon i dva istosmjerna generatora, svaki po 60 kW. Tramvaj i elektrana radili su do 1908., kad se elektrana gasi jer su montirani rotacijski pretvarači za istosmjerni pogon tramvaja. Napajanje je nastavljeno iz elektrane Ponsal.

Te je godine u drvnjoj industriji Slavex u Slavonskom Brodu (tad Brodu na Savi) proradila industrijska elektrana s generatorom od 120 kVA, 330 V i 42 Hz. U Šibeniku je u hidroelektrani Krka ugrađen još jedan agregat s generatorom od 320 kVA. U blizini te elektrane Venecijansko društvo gradi prvu

tvornicu kalcijeva karbida s dvjema malim elektropećima koje iste godine postižu svjetski rekord u količini proizvedenog karbida na sat. Tvornica je 1900. izgorjela u požaru te u HE Krka postoji višak kapaciteta. Provodi se stoga akcija da što više kućanstava uvede rasvjetu u kuće. U Zadvarju inženjeri Dešković i Wagner izrađuju drugi projekt gradnje hidroelektrane na rijeci Cetini. Oba su projekta odbačena zbog potapanja plodnih polja.

Mesna industrija Gavrilović u Petrinji gradi 1900. istosmjernu elektranu pogonjenu dizelskim agregatom od 65 kW i agregatom na upojni plin (tzv. *saugas*) od 43 kW, 230 V. Te je godine u Rijeci obavljen popis potrošača: grad je imao 200 potrošača s oko 300 brojila. Samo sedam godina poslije broj potrošača iznosi 730, a brojila 940.

Luka u Sušaku dobila je električnu energiju iz riječke visokonaponske mreže 2000 V nadzemnim vodom iz transformatorskih stanica 2000/100 V Delta i Brajdica. Mrežom napona od 2000 V u Rijeci upravljalo je poduzeće ASPM (L'Azienda Servizi Pubblici Municipalizzati) iz Rijeke, premda je Sušak administrativno bio samostalan grad odvojen od Rijeke.

Položen je i kamen temeljac za prvu javnu elektranu u Puli. Njezin je projektant bio Jakob Ludwig Münz iz Beča. Lokacija elektrane bila je u tadašnjoj i današnjoj Vergerijevoj ulici, u kojoj je i danas sjedište HEP-a, DP Elektroistre Pula. Te su godine zasjale prve žarulje u Donjem Miholjcu. Grof Meilach na svojem je imanju Majur u neposrednoj blizini mjesta postavio dva parna stroja s dinomom od po 11 kW, s pomoću kojih je napajao dvorac, gospodarstvo i sva domaćinstva koja su u njegovu vlasništvu.

U ciglani braće Bohn u Vinkovcima proradio je parni stroj s istosmjernim generatorom od 14 kW i 230 V. Te su godine počeli istražni radovi i projektiranje hidroelektrane Manojlovac (danas Miljacka) kod Oklaja na rijeci Krki. Hidroelektranu gradi društvo SUFID za potrebe svojih tehničkih postrojenja za obradu ferolegura u Crnici u Šibeniku.

Na javnoj dražbi 18. lipnja prodan je paromlin s električnom centralom u Čakovcu industrijalcima Grünwaldu i Schwarzu. Oni su postavili nove gospodarske osnove rada, proširuju poslovanje, a prvi cilj je da se električna rasvjeta cijenom približi širim i siromašnijim slojevima pućanstva. Elektranu je po ugovoru o opskrbi grada trebala raditi 40 godina, do 1933., ali gasi se jer se Čakovec 1929. spaja na izmjeničnu mrežu iz HE Fala kod Maribora.

U krugu pilane Ujlaki-Hirschner i sinovi u Kotoribi instaliran je parni stroj s električnim generatorom. Detaljniji tehnički podaci nisu saćuvani. Električna energija služila je za rasvjetu sve do 1945. kad su pilanu i centralu pri bijegu minirali Nijemci. Prema usmenom kazivanju obitelji Jauk, koja se brinula o elektrani, generator je bio istosmjernan, a elektroagregat je radio na pogon plinsko-benzinskim motorom. Plin se dobivao iz ugljena suhom destilacijom.

Benzin je služio za start agregata, a poslije se prešlo na pogon s pomoću plina. Postrojenje je radilo neprekidno 24 sata.

Na kraju spomenimo da je u Zagrebu prof. dr. Ladislav Stjepanek objavio važan rad *Maxwellova teorija o elektricitetu*.

Zaključak

U zadnjem desetljeću XIX. st. nastao je pravi *bum* elektrifikacije u Hrvatskoj. Riječ je bila o pretežnom istosmjernom sustavu, što u potpunosti opravdava naslov *U početku elektrifikacije Hrvatske bijaše istosmjerni napon*. Ako se kronološki promatra, u XX. st. do kraja Prvog svjetskog rata sve više se grade i izmjenični, ali i istosmjerni sustavi. Tek negdje oko 1925. prestaju izgradnje istosmjernih elektrana i one pomalo nestaju.

Bilo bi zgodno u sličnom referatu obraditi razvoj elektrifikacije Hrvatske u razdoblju od 1900. do kraja Prvog svjetskog rata ili do 1925., kad je prestala izgradnja istosmjernih sustava, a i dalje, do sredine XX. st., no ostavljamo to za neke druge referate ili neka druga istraživanja.

Literatura

- [1] Skupina autora, *Stoljeće Hrvatske elektroprivrede*, HEP, Zagreb, 1995.
- [2] Markovčić i dr., *Razvoj elektrifikacije Hrvatske*, Institut za elektroprivredu Zagreb, I. dio, 1984. i II. dio, 1987.
- [3] V. Muljević, *Elektrotehnika, Kronologija razvitka u Hrvatskoj*, Hrvatska zajednica tehničke kulture, Zagreb, 1999.
- [4] J. Moser: *Pregled razvoja elektroprivredne djelatnosti u Hrvatskoj 1875. – 2000.*, Kigen, Zagreb, 2003.
- [5] J. Moser, *Šibensko munjivo*, Gradska knjižnica “Juraj Šižgorić”, Šibenik, 1998.

Electrification of Croatia, Initially Using Direct Current

Josip Moser

Abstract: The nineteenth century, especially its final third, is known as the “century of electrical engineering”, because a major development took place in the application of electrical engineering. This turbulent development was also followed by Croatia, then part of the Austro-Hungarian Empire. In this chronological review, we analyse everything that took place in the territory that is today Croatia. It is true that it was only in the final decade of the 19th century that the direct current system became prominent, and only after the First World War intensive work began to develop the alternating current system, when the direct current system was almost extinguished.

Key words: electrical engineering in 19th century, development of direct current system, beginning of alternating current system.

Zvonko Benčić, Branko Hanžek

Prvo snimanje gramofonskih ploča putem telefonskih linija u kontinentalnoj Europi (Zagreb, 1927.)

Sažetak: Zagrebačka tvornica olovaka Penkala i engleska tvornica gramofona i gramofonskih ploča Edison Bell osnovale su 1926. u Zagrebu zajedničku tvornicu pod nazivom Edison Bell Penkala. Stručnjaci iz te tvornice izvršili su 1927. prvo snimanje gramofonskih ploča na daljinu u kontinentalnoj Europi putem telefonskih linija. To je bilo treće snimanje na svijetu, nakon snimanja iz Metropolitan opere u New Yorku i iz Covent Gardena u Londonu. U članku je opisana metoda snimanja, od mikrofona u zagrebačkoj katedrali do uređaja za urezivanje u studiju udaljenom od katedrale 1250 metara. Sustav snimanja razvio je Paul Voigt, elektroinženjer iz tvrtke Edison Bell, koji je proveo cijelu drugu polovinu 1927. godine u Zagrebu.

Ključne riječi: tvornica Penkala, Edison Bell Company, Slavoljub Eduard Penkala, Paul Voigt, daljinsko snimanje gramofonskih ploča

Uvod

Rekonstrukcija tehničke provedbe daljinskog snimanja gramofonskih ploča putem telefonske linije u Zagrebu 1927. godine temelji se na pismenoj dokumentaciji (više nema živih ljudi koji su tehnički ostvarili snimanje ili koji su sudjelovali u snimanju) i na poznavanju kulturnog, ekonomskog i znanstvenog okruženja u Zagrebu, Hrvatskoj i Engleskoj. Zaista je, dakle, riječ o znanstvenoj arheologiji.

Primijenjena metoda rekonstrukcije tehničke provedbe daljinskog snimanja jest metoda modeliranja. Između brojnih poznatih činjenica o tom događaju

izabrane su samo neke, ostale su zanemarene. Nepoznate činjenice nisu se ni mogle uzeti u obzir pa zato stvoreni model tehničke provedbe snimanja samo u nekim aspektima opisuje stvarni događaj. Međutim, to nije slabost modela; čak i ako bismo poznavali mnogo više činjenica, odabrali bismo samo neke u skladu s ciljem razumijevanja događaja. Povijest je moguća iako su mnoge činjenice skrivene.

1. Novinski zapisi o snimanju

U zagrebačkim dnevnicima *Jutarnji list* i *Novosti* od 3. prosinca 1927. godine objavljen je oglas zagrebačke tvornice gramofona i ploča Edison Bell Penkala kojim se poziva građanstvo na javno snimanje božićnih pjesama u zagrebačkoj stolnoj crkvi u nedjelju 4. prosinca u četiri sata popodne, slika 1. Oglas najavljuje da će pjevati zbor zagrebačkih klerika uz sudjelovanje prisutne publike pod osobnim ravnanjem opernog dirigenta N(ikole) Fallera.

Autori su očekivali da će časopis *Sveta Cecilija* [2] u svojem preglednom članku *Glazbena sezona u Zagrebu*, koji se objavljuje u svakom prvom broju godišta i koji daje pregled glazbenih zbivanja u protekloj godini, u broju siječanj/veljače 1928. objaviti informaciju o daljinskom snimanju božićnih pjesama pjevanih u katedrali. Posebno su očekivali zato, jer je za orguljama bio Franjo Dugan st., član uredničkog odbora i urednik spomenutog preglednog članka.

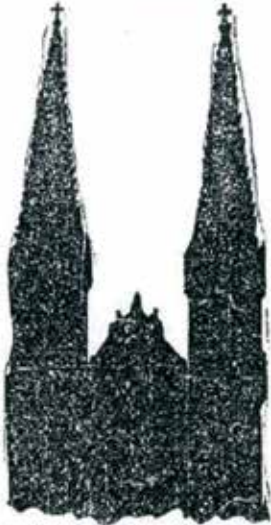
2. Proizvodnja gramofonskih ploča

U *Jutarnjem listu* od 29. siječnja 1928. godine, u nepotpisanoj članku *Iz gramofonskog svijeta*, napisano je:

“(…) Uvelike nas je ta pojava zanimala (tj. proizvodnja gramofonskih ploča, op. autora) pa je jedan naš urednik posjetio zagrebačku tvornicu gramofonskih ploča Edison Bell Penkala i uvjerio se kako se tu produciraju električkim putem prvorazredne ploče, koje mogu konkurirati sa svakom inostranom pločom. Ističemo da smo u tančine čuli ploču s orguljama i crkvenim zborom (*Tebe Boga hvalimo*) naše prvostolne crkve i ostali zadivljeni nad preciznošću izvedbe.”

U *Jutarnjem listu* od 19. veljače 1928. i od 8. prosinca 1929. tvrtka Edison Bell Penkala objavila je da se mogu kupiti gramofonske ploče po cijeni od 26 dinara odnosno od 36 dinara na više (za orijentaciju, plaća profesora početnika u gimnaziji iznosila je oko 800 dinara, op. autora), slika 2. Iz oglasa se može

U stolnoj crkvi
u nedjelju 4. prosinca o. g.
u 4 sata popodne



obavit će domaća tvornica gramofona
i gramofonskih ploča EDISON BELL
PENKALA Ltd. Zagreb

gramofonsko
snimanje na daljinu

Snimat će se božićne pjesme pjevane
od zagrebačkih klerika, uz sudjelovanje
prisutne publike, pod osobnim ravna-
njem g. N. Fallera, opernog ravnatelja.
Gramofonsko snimanje na daljinu, po-
moću telefonskog električnog voda,
predstavlja danas

senzaciju tehnike!

Da bi ove ploče naših božićnih pje-
sama ispale što savršenije i veličajnije

pozivamo zagrebačko
gradjanstvo

da u što većem broju prisustvuje ovom
velikom činu u našoj stolnoj crkvi, te
da sudjeluje skupnim pjevanjem.

Vaš glas u gramofonu!

Edison Bell Penkala Ltd
Zagreb

Slika 1.: Oglas tvornice Edison Bell Penkala u *Jutarnjem listu* od 4. prosinca 1927. o javnom snimanju božićnih pjesama u zagrebačkoj katedrali. Zborom je dirigirao Nikola Faller, direktor opere Hrvatskog narodnog kazališta (HNK) u Zagrebu

Edison Bell Penkala
Novo-ploče

sve ploče električno snimljene

RASPORED
za slijedeći tjeđan

Upravo prispjele najnovije ploče:

OPERETNE I HUMORISTIČNE:
ACA BINIČKI

— Z 1225 —
A. Binički: TEREZINA (Kaple) —
DOMAĆA KOŠTA (Kaple)

— Z 1226 —
A. Binički: GAČICE DJEVICE OR-
LEANSKE (Kaple) — ACI JE SVE
SMJEŠNO (Kaple)

Ova dva vasa snimljena od grupe muzičari-
ja. Penkala (a. 11)

NARODNE PIJESME:
ANĐELKA MITROVIĆ

— Z 1228 —
Koslarović: POD PENDŽEROM — OJ
MLADOSTI TUŽNI DANI
BOLNO POJE

SPECIJALITETI!
Lajla Bolba, Član orkestra Tagl. opine.

— Z 1229 —
MAZURKA, Harla solo — HARPE
D EOLE, Harla solo

Vel. snimke u skladu slika (zapravljeno)
prijemno po 27.00 primatnog nar. da
se grataha ergoja; per. UGAN

— Z 1230 —
TEBE BOGA HVALIMO — NA-
RODI SE KRALJ NEBESKI

Ploče od
36 din
na više

NOVE ELEKTRIČNE PLOČE

izvoile pos ukati u našem
salonu, ILIČA 5, (Glasgosa)
bez obveze na kupovanu e
naše božične snimke:
VELIKANSTVENA SNIMKA U ZAGREBAČKOJ
STOLNOJ GRANI

Prijemno po 20.00 primatnog nar. da
se grataha ergoja

**Narodil nam se
kralj nebeski**
Z 1229

**Tebe boga
hvalimo**

**Svim na zemlji
mir veselje**
SČ 1229

**Veselje ti
navješću'em**

Oj Betleme
SČ 1231

Oj pastiri

NARODNE BOŽIČNE SNIMKE:

O Tannenbaum
Siel. orkestr. Berlin

Z 1267

Alle Jahre wieder
Siel. orkestr. Berlin

**Stille Nacht,
heilige Nacht**
C. Jara Progl.

Z 1273

**O du fröhliche,
o du Selige**
C. Jara Progl.

**Ploč
uz
cijenu
od**
26
dinara
na više

2921

Slika 2.: Obavijesti tvornice Edison Bell Penkala u *Jutarnjem listu* od 19. veljače 1928. i 8. prosinca 1929. o novoobjavljenim gramofonskim pločama *Narodi se kralj nebeski* i *Tebe Boga hvalimo* (*Te Deum*)

pročitati da su ploče “električno snimljene”, da je u stolnoj crkvi “Pjevano po 2000 prisutnog naroda uz pratnju orgulja” i da je za orguljama bio Franjo Dugan st.

U katalogizima za 1928. i 1929. godinu tvrtka Edison Bell Penkala oglašava prodaju ploča pod naslovom *Veličanstvena snimka iz daljine – jedina dosad opstojeća snimka iz daljine* i dalje navodi da je “(...) pjevalo Pjevačko društvo *Vijenac*: bogoslovi nadbiskupskog sjemeništa Zagreb”, slike 3. i 4. Zanimljivo je da je u katalogizima, usporedno s latiničnim tekstom, dan i ćirilni – to je bilo doba prisilne unifikacije hrvatskog i srpskog jezika.

Do danas je u privatnim zbirkama sačuvano možda desetak ploča, npr. posjeduje ih tonmajstor Vito Gospodnetić (vlasnik tvrtke Samofix iz Zagreba) i inženjer Veljko Lipovšćak (dugogodišnji namještenik tvrtke Jugoton), vidi slike 5. i 6. Ploče su promjera 25 cm (10 inča) i na bazi prirodne smole šelaka. [1]



Slika 3.: Stranica kataloga tvornice Edison Bell Penkala za 1928. godinu



Slika 4.: Stranica kataloga tvornice Edison Bell Penkala za 1929. godinu

Slika 5.: Etiketa gramofonske ploče:
Narodi se kralj nebeskiSlika 6.: Etiketa gramofonske ploče:
Tebe Boga hvalimo

3. Osnivanje tvrtke Edison Bell Penkala

Tvornica gramofona i gramofonskih ploča Edison Bell Penkala d.d., zapravo podružnica tvrtke Edison Bell International Ltd. iz Londona, osnovana je 1926. u Zagrebu. Zašto u Zagrebu? Zagreb je bio pogodna točka za širenje tržišta gramofonske ploče na jugoistok Europe, Balkan i Bliski istok, a osim toga, u Kraljevini Srba, Hrvata i Slovenaca nisu bila regulirana autorska prava.



Slika 7.: Tvornica Penkala-Moster d.d. (dovršena 1911.) na Baroševoj cesti (danas Ulica kneza Branimira 43) u kojoj je bilo sjedište tvrtke Edison Bell Penkala. Fotografija je vjerojatno iz doba Kraljevstva Srba, Hrvata i Slovenaca (1918. – 1921.) ili Kraljevine Srba, Hrvata i Slovenaca (1921. – 1929.), jer na zaprežnim kolima ćiriličnim slovima piše CXC.

Proizvodnja gramofona i gramofonskih ploča te studio za snimanje nalazili su se u Zagrebu: proizvodnja na Baroševoj cesti (danas Ulica kneza Branimira 43) u industrijskom kompleksu tvornice Penkala-Moster (slike 7., 8. i 9.), a studio u Nikolićevoj 7a (danas Teslina ulica 7) [3, 4, 5].

Nasljednica tvrtke Edison Bell Penkala je tvrtka Elektron, pa Jugoton (osnovana 1947.) i, konačno, Croatia Records (osnovana 1990.).

Zanimljivo je kako je došlo do dodira dviju tvrtki. Prije Prvog svjetskog rata inženjer Slavoljub Penkala bavio se reprodukcijom zvuka. Radio je na poboljšanju mehaničke zvučnice. Za njegove radove zainteresirala se tvrtka Edison Bell jer je bila proizvođač mehaničkih gramofona.



Slika 8.: Zgrada nekadašnje tvornice Penkala-Moster d.d. danas. Nakon Drugog svjetskog rata tu je bila Tvornica trikotaže i pozamenterije *Nada Dimić*. To državno poduzeće pretvoreno je 1993. u dioničko društvo Endi International, a 2000. započeo je stečajni postupak. Danas je zgrada devastirana i zapuštena.

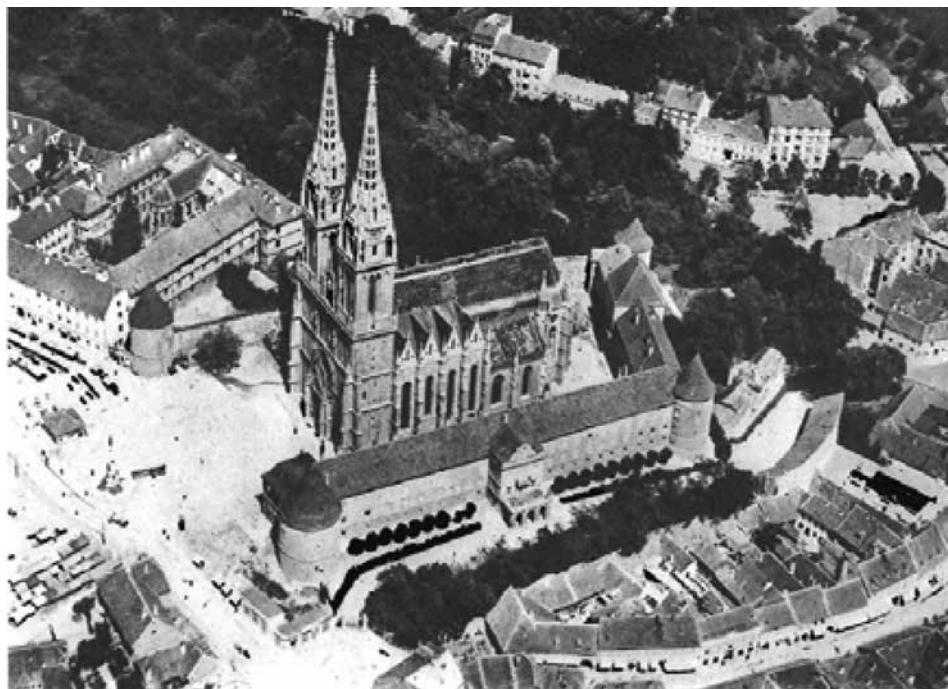


Slika 9.: Urušeni središnji dio dvorišne zgrade (duge oko 50 m, a široke manje od 5 m) nekadašnje tvornice Penkala-Moster d.d. Zgrada crvenog pročelja na koju se oslanja urušena zgrada okrenuta je na Ulicu kneza Branimira. Urušavanje se dogodilo 1. listopada 2007., tijekom kopanja jame za podzemnu garažu Poslovnog centra *Krešimir*.

4. Telefonska linija Kaptol (katedrala) – Nikolićeva ulica (studio)

Izvornom dokumentacijom utvrđeno je da je snimanje bilo u zagrebačkoj prvostolnici na Kaptolu, slika 10., a urezivanje ploča u studiju koji se nalazio u sklopu Music Halla, slika 11. Slika 12. prikazuje prostorni položaj zagrebačke prvostolnice i Music Halla.

U telefonskom imeniku Zagreba za 1922. godinu [10] navodi se telefonski broj Nadbiskupskog dvora (Kaptol 31) koji se nalazi tik uz zagrebačku prvostolnicu: tel. 1-55 (na 73. str.), dok nema telefonskog broja Music Halla (Nikolićeva 7a). U telefonskom imeniku za 1928. godinu [11] navodi se telefonski broj Nadbiskupskog dvora: tel. 4155 (na 64. str.), kao i telefonski broj Music Halla: tel. 2829 (na 49. str.). Može se pretpostaviti da je u prosincu 1927., kad je izvršeno daljinsko snimanje, Music Hall već imao telefonski broj. Prema tome, trebalo je potegnuti zračni vod od mikrofona na koru prvostolnice do Nadbiskupskog dvora (označen brojkom 8 na slici 12.); udaljenost nije prelazila 100 m. Telefonska centrala nalazila se u Jurišićevoj ulici 13 [12, 13].



Slika 10.: Avionska snimka zagrebačke prvostolnice iz 1928. godine



Slika 11.: Zgrada Music Halla danas (nažalost, nije nađena fotografija iz dvadesetih godina prošlog stoljeća). U toj se zgradi danas nalazi Zagrebačko kazalište mladih (foto Z. Benčić).

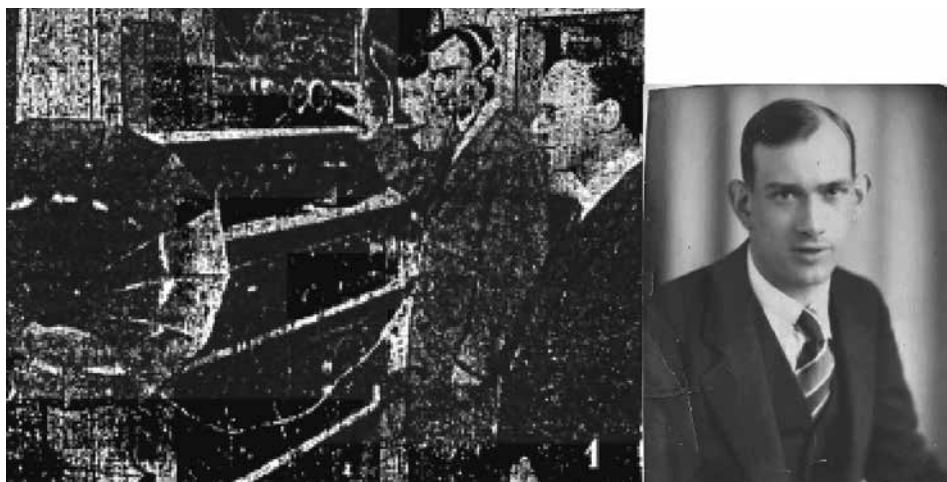


Slika 12.: Detalj plana Zagreba iz 1926. godine: dio grada kroz koji je prolazila telefonska linija od prvostolnice (7) na Kaptolu do Music Halla (123) u Nikolićevoj ulici 7a

5. Boravak stručnjaka Edison Bella u Zagrebu

U *Jutarnjem listu* od 24. srpnja 1927. [14] objavljena je informacija o snimanju gramofonski ploča u Zagrebu, u kojoj se, među ostalim, kaže:

“(...) I kod nas u Zagrebu se otvara ogroman laboratorij Edison Bell-a (Penkala), u kojem će se snimiti velik broj ploča naše nacionalne glazbe, a taj će se broj i povećati. Pošto se snimke prave električno, one će bez sumnje biti prvorazredne te će mnogo doprinijeti propagandi hrvatske narodne i umjetne pjesme u inozemstvu jer se takve ploče već iz inostranstva uvelike traži.”

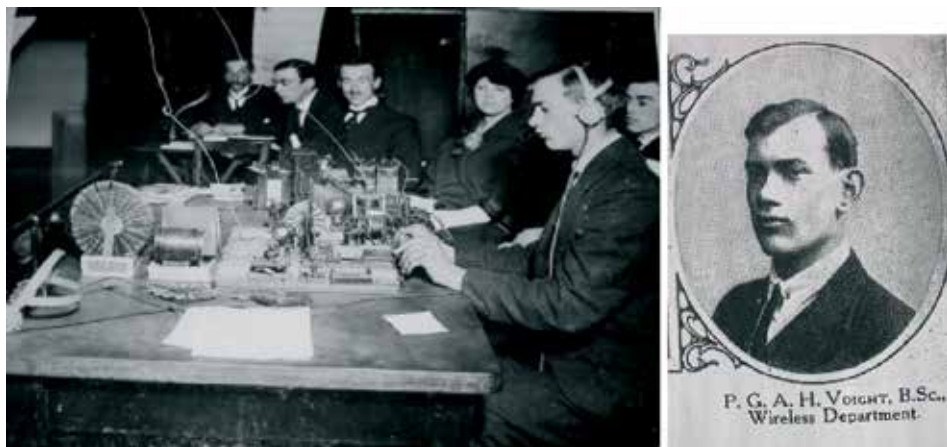


Slika 13.: Laboratorij za električno snimanje s pokretnim strojem u Zagrebu (Nikolićeva 7a). Strojovima rukuju stručnjaci iz Londona. Osoba sa slušalicama vjerojatno je inženjer Paul Voigt. Portret je snimljen najkasnije 1923. godine.

Osoba sa slušalicama na slici 13. vjerojatno je Paul Voigt. Identifikaciju bi dodatno trebala potvrditi slika 14. Slika 15. prikazuje studio u kojem je tvrtka Edison Bell Penkala obavljala snimanja do 1933. godine. Koliko je za tvrtku Edison Bell bila važna tvrtka Edison Bell Penkala, pokazuje posjet generalnog direktora tvrtke Edison Bell Zagrebu zabilježen u *Jutarnjem listu* od 24. srpnja 1927. godine.

Ondašnji tehnički nakladnik časopisa *Gramophone magazine* Percy Wilson navodi riječi Paula Voigta kojima objašnjava što je radio u Zagrebu [18]:

“Very soon, anything that was not electrically recorded was practically unsaleable. A live agent in Zagreb, Yugoslavia wanted Edison Bell to record out there. It had to be electric, so I spent the first part of 1927



Slika 14.: Mladi Paul Voigt (sa slušalicama) demonstrira refleksno pojačalo za Wireless and Experimental Association Peckhamin 1922. [15] Uočite da je na portretu prezime napisano Voigt, no u istom dokumentu Voigt upozorava da se njegovo prezime piše bez “h”.

setting up duplicate equipment in London and training people to keep it running, and also made portable equipment for the Zagreb expedition. The only person capable of setting up from scratch was myself, so I spent most of the second half of 1927 in Zagreb, where I recorded over 600 titles.”



Slika 15.: Studio tvrtke Edison Bell Penkala za snimanje gramofonskih ploča 1933. godine. Te je godine studio preuzeo Radio Zagreb, a EBP je preselio studio u tvornicu u Ulici kneza Branimira 43.



Slika 16.: Skladatelj Ivo Tijardović s opernim pjevačem Božidarom Vičanom i kazališnim zborom snima svoju *Floramy* i *Kraljicu lopte*. Desno sjedi generalni direktor Edison Bella iz Londona. Fotografija poznatog zagrebačkog ateljea Foto Tonka.

U opširnom pismu od 12. siječnja 1973. [16], na dvadeset писаćim strojem napisanih stranica, naslovljenom T. T. Tomsonu, Voigt potvrđuje da je u Zagrebu snimao ploče:

“(...) The three years above included in 1927 a period of six months which I in Zagreb, Yugoslavia recording local music there.”

6. Tehnička provedba ispitivanja

O tehničkom rješenju daljinskog snimanja gramofonskih ploča nema izravnih pismenih podataka. Sam Voigt u svojim sjećanjima [18] kaže da se u svojim skicama mogao jedino on snaći. Ne preostaje drugo nego da se tehničko rješenje nasluti frekvencijskom analizom snimki na gramofonskim pločama, zatim na temelju Voigtovih autobiografskih podataka i zaključivanjem u kontekstu tadašnjeg stanja telefonske tehnike i audiotehnike.

a) Mikrofon

Spektar snimke na gramofonskoj ploči pokazuje da su putem mikrofona, telefonskih linija i uređaja za urezivanje prenesene frekvencije do oko 5 kHz, slika 17. Kako je granična frekvencija ugljenih mikrofona od 3 kHz do 5 kHz, a zračnih telefonskih vodova oko 150 kHz [13, str. 96], mogao se koristiti ugljeni mikrofon. No, vjerojatno nije jer u [15] Voigt navodi: "I tried carbon mikes, but the amplitude distortion made me scrap the idea", a u pismu P. P. Thomsonu [16] piše da je u Zagrebu koristio "slack diaphragm condensor mikes". Da je zaista koristio kondenzatorski mikrofon pokazuje i spektar na slici 17.a.; najviša prenesena frekvencija nešto je veća od 6 kHz.

Spektri analognog zapisa božićne pjesme dobiveni su ELP (engl. *extended long play*) laserskim gramofonom. Laserska zraka ELP gramofona klizila je po dijelu utora koji nikad nije bio u mehaničkom kontaktu s iglom zvučnice. Spektar stoga nije deformiran, kakav bi se inače dobio reprodukcijom s mehaničkog gramofona.

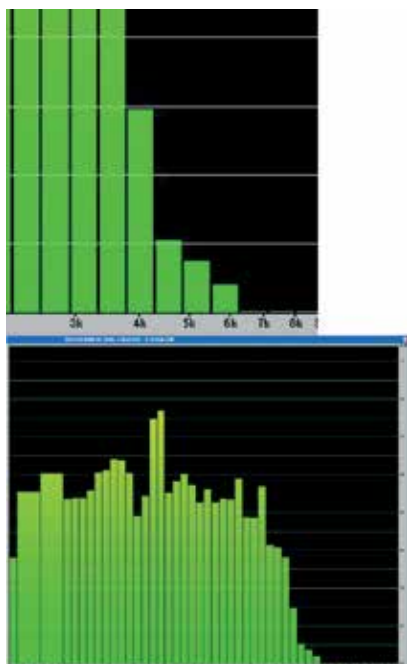
b) Uređaj za urezivanje

Voigt je za snimanje gramofonskih ploča u Zagrebu projektirao i konstruirao sustav za urezivanje. I o tome kaže [15, 17]:

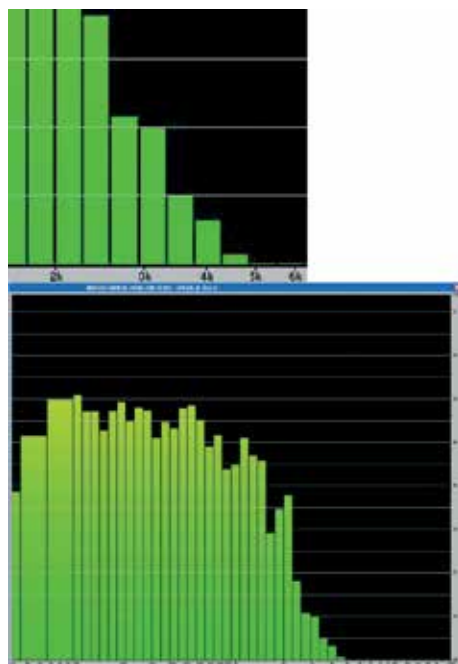
"I had not been with Hough (J. E. Hough, Ltd., Edison Bell Works) for long before I realized that if the artists and musicians played and sang as they did for the B.B.C., into a mike whose output was amplified and fed into some kind of electric cutter, then a better master should result than we could get from using an assortment of large trumpets. Hough encouraged me. And before the end of 1926 I had designed a moving coil cutter system which meant that records did not have the hysteresis distortion natural to moving iron devices. Hough put the system into commercial use and, with minor improvements, it remained in use until Edison Bell Ltd., (the later name of the company) died in the slump in April 1933."

Zaključak

Nepobitno je dokazano da je 4. prosinca 1927. u Zagrebu izvršeno daljinsko snimanje gramofonskih ploča putem redovitih telefonskih linija. Snimljene su dvije božićne pjesme koje je pjevalo Pjevačko društvo *Vijenac* (zbor



Slika 17.a: Spekter analognog zapisa božićne pjesme *Narodi se kralj nebeski* snimljene 4. prosinca 1927., s vokalima



Slika 17.b: Spekter analognog zapisa božićne pjesme *Narodi se kralj nebeski* snimljene 4. prosinca 1927., samo orgulje

bogoslova Nadbiskupskog sjemeništa u Zagrebu) i prisutni vjernici uz dirigiranje ravnatelja opere Hrvatskog narodnog kazališta u Zagrebu Nikole Fallera i uz sviranje na orguljama akademika i profesora Muzičke akademije u Zagrebu Franje Dugana st. Prijenos je bio od kora zagrebačke prvostolnice do studija u Music Hallu udaljenom 1,25 km. Organizator snimanja bila je hrvatska tvrtka Edison Bell Penkala iz Zagreba. Koliki je značaj tvrtka Edison Bell pridavala suradnji s tvrtkom Edison Bell Penkala vidi se po tome što je u srpnju 1927. generalni direktor tvrtke Edison Bell posjetio Zagreb. Sustav za snimanje (mikrofon, cijevna pojačala, uređaj za urezivanje ploča) razvio je i ispitao u Londonu inženjer tvrtke Edison Bell Paul Voigt te prenio u Zagreb u srpnju 1927. godine. Pod njegovim tehničkim vodstvom izvršeno je urezivanje ploča. Gramofonske ploče bile su u prodaji 1928. godine.

Literatura

- [1] V. Lipovščak, *Franjo Dugan st. – prvo javno snimanje za gramofonske ploče u Europi*, u knjizi *Franjo Dugan st.: Glazbena akustika*, ur. Zvonko Benčić), Kiklos, Zagreb, 2014.
- [2] L. Šafranek-Kavić: *Glazbena sezona u Zagrebu*, Sveta Cecilija, Smotra za crkvenu glazbu s glazbenim prilogom, Glasilo Cecilijina društva u Zagrebu, god. XXII., siječanj/veljača 1928., vol. 1, str. 27–28.
- [3] *Fonografija u Hrvatskoj, 1927. – 1997.*, ur. Željko Staklarević, Tehnički muzej, Zagreb, 1997.
- [4] *Gramofonska ploča*, članak, Hrvatska enciklopedija, sv. 4, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Zagreb, 2002., str. 320–321.
- [5] M. Šašić, *Iz zagrebačke prošlosti – tijekom četiriju godišnjih doba*, Školska knjiga, Zagreb, 2009., str. 266.
- [6] *Dugan Franjo st.*, članak, Hrvatska enciklopedija, sv. 3, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Zagreb, 2001., str. 292.
- [7] *Faller, Nikola*, članak, Hrvatska enciklopedija, vol. 3, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Zagreb, 2001., str. 578.
- [8] *Penkala, Slavoljub Eduard*, članak, Hrvatska enciklopedija, vol. 8, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Zagreb, 2001, str. 375–376.
- [9] Z. Milčec, *Galantni Zagreb*, Mladost, Zagreb, 1989.
- [10] *Imenik telefonskih pretplatnika*, tisak Nadbiskupske tiskare, Zagreb, 1922., str. 73.
- [11] *Telefonski imenik Kraljevine Srba, Hrvata i Slovenaca*, Direkcija pošta i telegrafa, tiskara Gaj, Zagreb, 1928., str. 49 i 64.
- [12] N. Nižić, *Pregled povijesti pošte, brzjava i telefona u Hrvatskoj*, Hrvatski Telekom, Zagreb, 2007.
- [13] M. Mikula, *Razvoj telekomunikacija – od dimnih signala do svjetlovoda*, Školska knjiga, Zagreb, 1994.
- [14] *Kako se prave ploče za gramophone*, Jutarnji list, Nedjelja, 24. srpnja 1927., str. 9.
- [15] B. Edgar, *An Interview with P.G.A.H. Voigt*, Part One, Speaker Builder, 3/81, pp. 12–16.
- [16] E. Stubbes, *Paul (P.G.A.H.) Voigt: A Great Audio Inventor*, www.pinkfishmedia.net
- [17] P. Wilson, *Paul Voigt and Edison Bell*, The Gramophone, November 1965, pp. 269–270.
- [18] P. Wilson, *Paul Voigt and Edison Bell*, Part II, The Gramophone, December 1965, pp. 326–327.
- [19] *Biographical Dictionary of the History of Technology*, edited by Lance Day and Ian McNeal, Taylor and Francis e-Library, 2005.

The First Remote Recording of Gramophone Records in Continental Europe (Zagreb, 1927)

Zvonko Benčić, Branko Hanžek

Abstract: In 1926, in an alliance between the Zagreb pencil factory Penkala and the English company Edison Bell, a gramophone and gramophone record factory was founded in Zagreb under the name Edison Bell Penkala. In 1927 experts from that factory undertook the first remote recording of a gramophone record in continental Europe, using a telephone line. This was the third recording in the world, after the recordings in the New York Metropolitan opera house and in London's Covent Garden. This article describes the technical recording methods used, from the microphone in Zagreb Cathedral, to the gramophone record cutting machine in a studio about 1250 m away. The recording arrangement was developed by Paul Voigt, an electrical engineer from Edison Bell Company who spent the second half of 1927 in Zagreb.

Keywords: Pencil factory Penkala, Edison Bell Company, Slavoljub Eduard Penkala, Paul Voigt, remote recording of gramophone records

Draško Marin

Morseova telegrafija u funkciji začetka stvaranja međunarodnih telekomunikacija

Sažetak: Ukratko je prikazana povijest telegrafije s naglaskom na razvoju električne telegrafije. Posebno je razmatran doprinos velikog američkog znanstvenika Samuela Finleyja Breesea Morsea razvoju telegrafije i njegovo otkriće telegrafskog uređaja s upotrebom telegrafske abecede, odnosno Morseova koda. Upravo zahvaljujući intenzivnom razvoju Morseove telegrafije, među europskim zemljama se sredinom XIX. st. javila potreba za sklapanjem međunarodnih sporazuma radi zajedničke upotrebe Morseove telegrafije, sve dok te zemlje nisu 1865. na konferenciji u Parizu osnovale Međunarodnu telegrafsku uniju. Tad je utvrđena jedinstvena norma za telegrafiju uvođenjem Morseova koda u međunarodni telegrafski promet. Ti su međunarodni sporazumi označili početak stvaranja međunarodnih telekomunikacija, što je nakon niza godina upornog rada te praćenja novih dostignuća u telekomunikacijama dovelo do osnivanja Međunarodne telekomunikacijske unije (*International Telecommunication Union* – ITU) u Madridu 1932. godine.

Ključne riječi: Samuel Morse, telegrafija, kodiranje, Chappeov telegraf, P. L. Šiling, Gauss, Weber, Steinhell, H. Hertz, G. Marconi, Međunarodna telekomunikacijska unija (ITU), frekvencijski spektar, frekvencijski pojasevi, telegrafski uređaj, prijava (notifikacija) frekvencija, Međunarodna lista frekvencija, Međunarodni savjetodavni odbor za telegrafiju i telefoniju (CCITT), Međunarodno tijelo za registraciju frekvencija (IFRB)

Uvod

Telegrafija označuje tehniku prijenosa pisanih poruka na velike udaljenosti (grč.: *tele*, daljina; *grafein*, pisanje; dakle pisanje na daljinu). Na odašiljačkom kraju tekst poruke pretvara se u niz signala određene vrste (svjetlosnih, zvučnih

i dr.), kojima se poruka dalje prenosi do primatelja. Jedino električna telegrafija omogućuje pisanje (tiskanje, ispis znakova), što predstavlja telegrafiju u pravom smislu riječi.

Međutim, ako se telegrafiju promatra kao *prijenos vijesti na daljinu*, može se konstatirati da se vrlo rano u ljudskoj povijesti javljaju razni oblici optičke i akustičke telegrafije. Npr. Babilonci i Egipćani služili su se vatrom, Grci, Perzijanci i Rimljani bakljama, razni narodi služili su se znakovima bubnjeva i sl. Svim spomenutim načinima prijenosa zajedničko je da se pojedina vijest na odašiljačkom kraju treba pretvoriti u odgovarajuće signale, a na prijamnom kraju vrši se pretvaranje tih signala ponovno u vijest. Takav sustav pretvaranja vijesti u odgovarajuće signale i obratno mora dobro poznavati onaj koji ih odašilje i onaj koji ih prima. Danas se takav sustav pretvaranja naziva kodiranje.

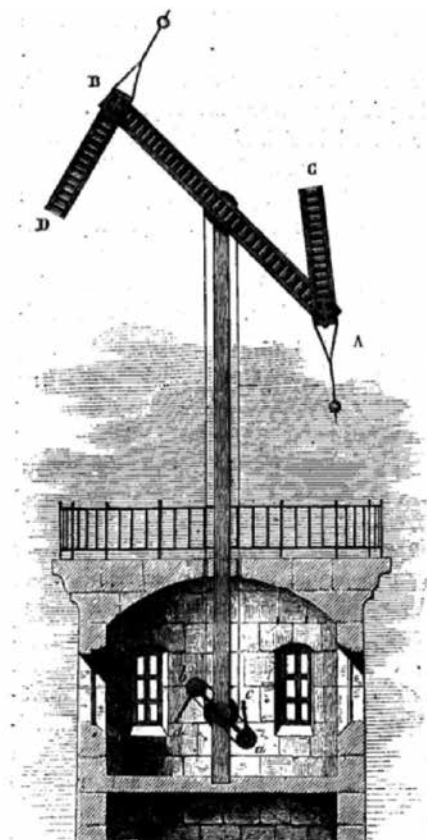
Razvoj telegrafskih uređaja, kojima je zadatak da obavljaju navedena pretvaranja, zavisio je o stupnju razvoja i primjene tehničkih dostignuća određenog vremena.

1. Optička telegrafija

U domeni optičke telegrafije jedan je od najvažnijih predstavnika Chappeov telegraf, nazvan i tahigraf, koji je konstruirao u XVIII. st., za vrijeme Francuske revolucije, francuski inženjer iz Lyona Claude Chappe, slika 1. Rad tog



Slika 1.: Toranj Chappeova optičkog telegrafa



Slika 2.: Princip rada Chappeova telegrafa

telegrafa sastojao se u tome da su na povišem tornju bile postavljene tri poluge, koje su mogle poprimati različite položaje s pomoću konopca kojim je upravljala posada iz tornja. Međusobni položaj poluga činio je određenu kombinaciju velikog broja signala (slova ili brojki), a čitanje se obavljalo s pomoću dalekozora s drugog takvog prijamnog tornja, slika 2. Tornjevi su bili izgrađeni na uzvisinama i na relativno maloj udaljenosti, oko 400 m, kako bi se iz svakog tornja vidio prethodni i sljedeći toranj u nizu. Nakon što bi posada primijetila signale koje je slao jedan toranj, ponavljala bi te signale nakon određenog vremena. Posada sljedećeg tornja primijetila bi te signale i također ih ponavljala pa se tako poruka širila s jednog na drugi kraj.

Problem prvih telegrafa bio je taj što se nisu mogli koristiti po noći ili lošem vremenu te što je u svakom tornju morao biti angažiran relativno velik broj ljudi. U Francuskoj je u to vrijeme postojao niz optičkih telegrafa, ukupno 534, u duljini od 5000 km. Pomorci se i danas npr. služe optičkom telegrafijom s pomoću zastavica ili svjetlosnih signala.

2. Električni telegraf

Prvi električni telegraf datira s početka XIX. stoljeća. Bio je to elektroke-mijski telegraf koji je konstruirao Samuel Thomas von Sömmering. Na odašiljačkoj strani se čep, spojen s jednim krajem baterije mogao uticati u odgovarajuće čepište, već prema željenom znaku. Na prijamnoj su strani u kiseloj kupki bile smještene 34 elektrode za toliko znakova, a jedna zajednička elektroda bila je spojena s drugim krajem baterije. Svako čepište na odašiljačkoj strani bilo je spojeno s odgovarajućom elektrodom na prijamnoj strani. Na taj način se uticanjem čepa u neko čepište zatvarao strujni krug i u kupki iznad elektrode, koja odgovara odaslanom znaku, javljali su se mjehurići plina zbog elektrolize. Očitavanje znakova na prijamnoj strani bilo je dosta sporo i prilično teško te taj telegraf nije imao veću praktičnu primjenu. Usto je bio i dosta skup s obzirom na to da je trebalo uspostaviti 35 vodova između svake postaje, uz pretpostavku da se u svakoj postaji nalazio odašiljač i prijamnik.

Otkriće Hansa Christiana Ørstedta 1819. godine o otklanjanju magnetske igle zbog magnetskog polja namotaja kojim protječe istosmjerna struja, pridonijelo je da se broj spojnih vodova znatno smanji. Tako je ruski znanstvenik P. L. Šiling konstruirao 1832. elektromagnetski telegraf s pet strujnih krugova. Za određenu kombinaciju znaka, na odašiljačkoj se strani s pomoću tipaka istodobno zatvarao određen broj strujnih krugova, što je na prijamnoj strani omogućivalo otklanjanje određenog broja magnetskih igala. Nakon toga su Gauss i Weber 1833. s pomoću jednog voda i jedne magnetske igle izveli odašiljanje kombinacije u vremenskom slijedu, što je označilo velik napredak za razvoj telegrafije.

Ipak, praktična telegrafija razvijala se neočekivano brzo izvođenjem elektromagnetskog ispitivanja i izumitelja Samuela Morsea 1837. godine. Morse je jedan od pronalazača telegrafa koji je uspio da se njegov izum istodobno i uvelike komercijalizira.

Kod Morsea se još tijekom studija na Yaleu razvio interes za elektricitet, o čemu je 1807. pisao Benjamin Silliman. Morse se u to vrijeme dosta bavio strojevima. Zanimljivo je spomenuti da je za vrijeme posjeta Europi 1830. Morse promatrao francuski telegrafski Chappeov sustav za prijenos poruka. Tad je Morse zabilježio da je “telegrafski odašiljač brži nego spora američka pošta”, iako je istodobno uvidio da je budućnost telegrafije u elektricitetu..

Samuel Morse prvi je put došao na zamisao za abecedu s crticama i točkicama za vrijeme povratka u Ameriku na brodu “Sully” koncem 1832. godine. Morse tad razvija konstrukciju svojeg poznatog telegrafskog koda točaka i crtica (engl. *dot – dash*).

3. Samuel Morse i njegova telegrafija

Samuel Finley Breese Morse, slika 3., rođen je 1791. u Charlestonu, Massachusetts, a umro je 1872. u New Yorku. Diplomirao je na poznatom sveučilištu Yale, gdje je ostvario i svoje prve radove s područja fizike i elektriciteta.

Međutim, najveća je Morseova ljubav bila slikarstvo, kojem će se nakon školovanja potpuno posvetiti. Morse odlazi u Englesku, studira slikarstvo i europsku umjetnost i uskoro postiže zapažene rezultate. Nakon povratka u domovinu slika brojne portrete i krajolike s kojima postiže uspjeh te osniva Nacionalnu likovnu akademiju u Washingtonu D. C. i vodi je gotovo 20 godina (od 1826. do 1845.).



Slika 3.: Samuel Finley Breese Morse

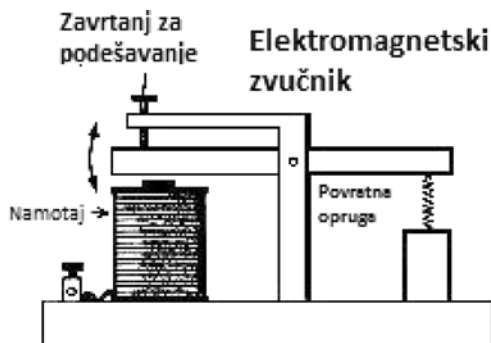


Slika 4.: Telegrafski uređaj s tipkalom za odašiljanje znakova

Morse se počinje baviti fizikalnim istraživanjima tek u zrelijoj dobi. Konstruirao je 1837. prvi telegraf, ali u početku s vrlo ograničenim tehničkim mogućnostima, koji je poslije dorađivan i usavršavan. Velik je Morseov doprinos razvoju telegrafije uspostava sustava pisanih znakova u kojem svako slovo ili brojka ima određen broj crtica i točaka. Točka se prenosila kratkim, a crtica duljim prekidom strujnog toka s pomoću tipkala, slika 4. Za najčešće slovo u engleskom, slovo 'e', Morse postavlja točku, a za sljedeće po učestalosti, slovo 't', crticu itd., što se naziva Morseova abeceda ili Morseov kod, slika 5.

Morseov kod			
E •	T —	A • —	N — •
I • •	M — —	U • • —	D — • •
S • • •	O — — —	V • • • —	B — • • •
H • • • •			
Z — • • •	G — — •	L • • • •	X — • • —
C — • • •	K • • —	F • • • •	Y — • • — —
P • — • •	J • — — —	R • • •	Q — • • —
			W • • — —
1 • — — — —	6 — • • • •		
2 • • — — —	7 — • • • •		
3 • • • — —	8 — — • • •		
4 • • • • —	9 — — • • • •		
5 • • • • •	0 — — — — —		

Slika 5.: Prikaz Morseova koda (abecede)

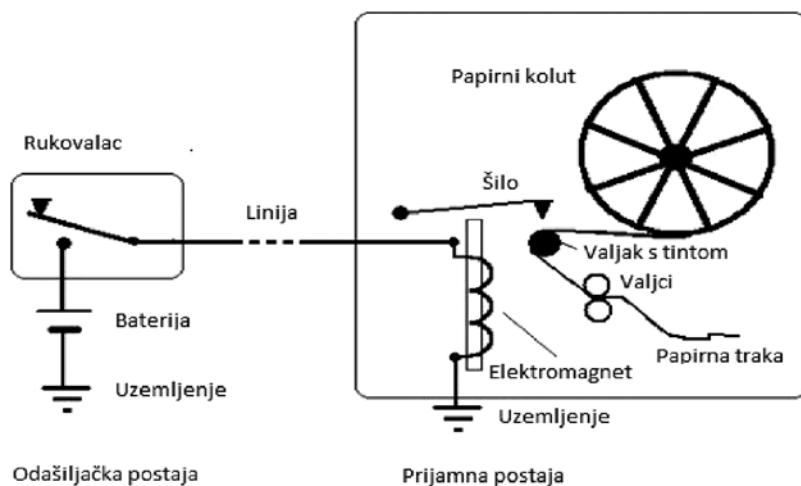


Slika 6.: Jednostavni prikaz Morseova telegrafskog uređaja s prijamom putem zvučnika

S pomoću Morseova uređaja izumljenog 1832., slika 6., otpremanje telegrama obavljalo se ručno, a primani su akustički. Optički način, tj. prenošenje znakova na traku, u upotrebi je od 1844. godine.

Uz dopuštenje Kongresa Sjedinjenih Američkih Država, Samuel Morse je 1844. godine konstruirao telegraf s linijom od Washingtona do Baltimora. Morse je 24. svibnja te godine napisao povijesnu poruku: “Što je Bog stvorio?” Ta je telegrafska linija dala poticaj razvoju telegrafije koja je usvojena kao tad najvrednija metoda komunikacije.

Telegraf dobiva na praktičnosti nakon otkrića Carla Augusta Steinhella da je moguć rad po jednom vodiču dok je drugi uzemljen. Uzemljenje je usavršeno spajanjem jednog vodiča s metalnom pločom ukopanom u vlažnu zemlju, što je preteča današnjeg načina uzemljenja. Princip takvog načina telegrafiranja prikazan je na slici 7.



Slika 7.: Princip rada Morseova uređaja

Morseov se telegraf 1848. koristi u Americi i Europi, a Morse u međuvremenu eksperimentira s polaganjem podmorskih telegrafskih kabela.

Nakon što je 1888. njemački fizičar Heinrich Hertz otkrio radiovalove, koji se, za razliku od električne struje, prenose prostorom bez potrebe za materijalnim vodičem, došlo je do razvoja bežičnog telegrafskog prijenosa. Istraživanja na tom polju provodio je i Nikola Tesla, a Guglielmo Marconi je 1896. godine izveo radiotelegrafski prijenos s Morseovim signalima koristeći radiovalove. Radiotelegraf je uskoro postao važan telekomunikacijski uređaj, posebno u pomorskom prometu.

Naprednija inačica telegrafa, nazvana teleprinter, razvijena je 1914. godine. Teleprinter je bio opremljen tipkovnicom za unos slova, brojki i drugih tekstualnih znakova. Otipkani znakovi pretvarali su se u električne signale, koji su se telekomunikacijskim vodovima prenosili do prijemnoga teleprintera. U njemu su se električni signali opet pretvarali u tekstualne znakove i ispisivali na papiru. Prijenosna brzina teleprintera bila je mnogo veća od brzine telegrafa i iznosila je i do 500 znakova u minuti. Globalna mreža teleprintera bila je formirana 1920. i nazvana je Telex Network. Daljnji razvoj telegrafije danas je uglavnom zaustavljen jer za prijenos tekstualnih poruka postoje naprednije usluge poput telefaksa, elektroničke pošte, pokretne telefonije i dr.

U Hrvatskoj je prvi Morseov telegraf uveden 1854. godine, a prvi podmorski telegrafski kabel bio je položen 1860. godine između kopna i otoka Cresa i otoka Vira. Prvi teleprinter u Hrvatskoj proradio je 1931. godine na relaciji Zagreb – Sušak. Prva funkcionalna automatska telegrafska centrala tipa *korak po korak* bila je uključena u promet u Zagrebu 1942., a prva javna automatska telegrafska centrala također u Zagrebu 1946. godine. Nadalje, prva poluautomatska međunarodna teleks centrala bila je postavljena 1953. godine, a prva je veza uspostavljena na relaciji Zagreb – Nürnberg.

4. Međunarodni telekomunikacijski sporazumi

Povijest telekomunikacija obilježio je velik broj međunarodnih sporazuma. Među europskim se zemljama potreba za međunarodnim organiziranjem pojavila još sredinom XIX. st. u vezi s razvojem telegrafskog prometa u sustavu Morseove telegrafije. Tako je prvi međunarodni sporazum postignut između Austrije i Pruske 1849. godine, u svrhu uvođenja zajedničkih telegrafskih norma i tarifa. Sličan sporazum između Francuske i Belgije postignut je 1851. godine.

Sljedećih godina brojne su se zemlje pridružile tim dvjema unijama, sve dok nisu 1865. na Konferenciji u Parizu osnovale Međunarodnu telegrafsku

uniju. Tad je utvrđena jedinstvena norma za telegrafiju uvođenjem Morseova koda u međunarodni telegrafski promet.

Godine 1903. počeo je rad i na propisima za pomorske radiokomunikacije. Na Berlinskoj konferenciji 1906. godine uz sudjelovanje 29 zemalja osnovana je Međunarodna radiotelegrafska unija. Na Konferenciji je donesena odluka o dvama regulativnim principima na kojima se još uvijek temelji upravljanje radiofrekvencijskim spektrom:

- grupiranje različitih radiokomunikacijskih službi u odgovarajuće frekvencijske pojaseve i
- obvezan postupak prijavljivanja (notifikacije) frekvencijskih nacionalnih dodjela Međunarodnoj registracijskoj agenciji koja je tad imala sjedište u Bernu, Švicarska.

Berlinska konferencija također je podijelila raspoloživi frekvencijski spektar, i to za daleke komunikacije ispod 188 kHz te za vojne potrebe između 188 kHz i 500 kHz.

Godine 1912. održana je Radiotelegrafska konferencija u Londonu na kojoj je odlučeno da se uvedu nove radiokomunikacijske službe, i to signal točnog vremena i izvješća o vremenu u pojasu ispod 188 kHz, a za radioamaterske postaje određene su frekvencije iznad 3 MHz. U Konvenciji je prvi put naglašena potreba za racionalnim korištenjem frekvencijskog spektra uz promicanje novih tehnologija.

U Washingtonu je 1920. održana Preliminarna svjetska konferencija o električnim komunikacijama, na kojoj je predloženo spajanje tadašnjih zasebnih telegrafskih i radiotelegrafskih konvencija u jedinstven dokument. Može se reći da je Konferencija stvorila pretpostavke za buduću Međunarodnu telekomunikacijsku uniju. Predložena je i struktura: savjetodavno tijelo za radio, upravljačko tijelo i središnji ured za upravne poslove.

Prva Konferencija Radiotelegrafske unije nakon Prvog svjetskog rata održana je 1927. u Washingtonu. Sudjelovalo je 80 zemalja, a obuhvatila je širok djelokrug regulatornih pitanja koja su dotad bila ograničena na javne pomorske komunikacije. Izrađena je i prva tablica frekvencijskih namjena, koja je i danas važna značajka propisa Međunarodne telekomunikacijske unije (ITU). Najveća organizacijska promjena dogodila se formiranjem stalnog Međunarodnog savjetodavnog tehničkog odbora za radio (*International Radio Consultative Committee* – CCIR), radi proučavanja tehničkih pitanja u radiokomunikacijama i predlaganja određenih rješenja višim tijelima ITU-a.

Važan događaj u povijesti međunarodnih telekomunikacija zajedničko je održavanje Telegrafske i radiotelegrafske konferencije u Madridu 1932. godine gdje je došlo do osnivanja Međunarodne telekomunikacijske unije (ITU) i spajanja propisa i koordinacije za radio, telefoniju i telegrafiju. Konferencija je, nadalje, odlučila dopustiti privatnim tvrtkama sudjelovanje na upravnim

konferencijama. Donesena je i odluka o zaštiti svih postojećih registriranih radiopostaja od štetnih smetnji i službeno je usvojena Međunarodna lista frekvencija (*International Frequency List*).

Prva konferencija nakon Drugog svjetskog rata održana je 1947. u Atlantic Cityju, SAD, gdje je struktura ITU-a doživjela najdublju reorganizaciju u svojoj povijesti. Utemeljeno je Upravno vijeće, a osim već postojećeg CCIR-a osnovan je Međunarodni savjetodavni odbor za telegrafiju i telefoniju (*International Telegraph and Telephone Consultative Committee – CCITT*), Glavno tajništvo i Međunarodno tijelo za registraciju frekvencija (*International Frequency Registration Board – IFRB*). Istodobno je ITU inkorporiran kao specijalizirana agencija u organizaciju Ujedinjenih naroda. Odlučeno je da samo suverene zemlje mogu biti punopravne članice ITU-a i ustanovljen je jedan glas za svaku zemlju, bez obzira na njezinu veličinu i financijsku snagu. Osim toga, sjedište Međunarodne telekomunikacijske unije prebačeno iz Berna u Ženevu gdje se nalazi i danas.

Zaključak

Morseova je telegrafija uvelike pridonijela bržem razvoju telekomunikacija. Za razliku od prijašnjih telegrafskih sustava, američki istraživač i znanstvenik Samuel Morse ostvario je model telegrafске abecede (koda) s crticama i točkama što je označilo bitan preokret u prijenosu vijesti.

Zahvaljujući ekspanziji Morseove telegrafije, od sredine XIX. st. sklopljeni su u europskim zemljama prvi međunarodni sporazumi na tom području. Daljnji razvoj telegrafije i drugih oblika telekomunikacija te praćenje novih dostignuća na području telekomunikacija rezultirao je novim međunarodnim sporazumima do konačne uspostave Međunarodne telekomunikacijske unije (ITU).

Literatura

- [1] Draško Marin, *Telegrafski uređaji*, Viša PTT škola, Zagreb, 1975.
- [2] Draško Marin, *Elektroničke komunikacije – regulativa, sustavi, norme*, Alfotel, Zagreb, 2011.
- [3] Internet, *Telegrafija Morse*, 2015.

Morse Telegraphy as the Beginning of International Telecommunications

Draško Marin

Summary: In this work has been represented in short, the history of telegraphy with accentuation the development of electrical telegraphy. In particular has been examined the contribution of development the great American investigator and scientist Samuel Finley Breese Morse and his discovery of telegraph apparatus with the use of telegraph alphabet using the Morse code. Precisely, thanks to intensive development of Morse telegraphy in the half of nineteenth century, there was a public opinion of the necessity of international common agreements, until these countries in 1865. has been established International Telegraph Union in the Conference in Paris. In that time has been established unique telegraph standard introducing Morse code in the international telegraph traffic. These international agreements has been represented the beginning of function for realisation of international telecommunications, and after very hard work during the years to come, and following the new overtaking in telecommunications, there was finally resulting in the establishment of the International Telecommunication Union (ITU) in Madrid 1932.

Key words: Samuel Morse, telegraphy, coding, Chappe telegraph, P. L. Šiling, Gauss, Weber, Steinhell, H. Hertz, G. Marconi, International Telecommunications Union (ITU), frequency spectrum, telegraph apparatus, notification frequency, International Frequency List, International Consultative Committee for Telegraphy and Telephony (CCITT), International Frequency Registration Board (IFRB)

Mirko Hlupić

Od žabe do najnovijih tehnologija – povijest i razvoj akumulatorskih baterija

Sažetak: Povijest energije povijest je čovjekova nastojanja da prirodne sile usmjeri u svoju korist i da njihovo djelovanje pretvori u koristan rad. Povijest elektroenergije počinje još u antici u VI. st. prije Krista (Tales), dok povijest akumulatorskih baterija počinje otkrićem Luigija Galvanija (1737. – 1798.) koji je prvi put 1780. registrirao elektricitet prilikom eksperimenta na žabljim krakovima. Skladištenje električne energije oduvijek je bio izazov. To je shvatio Gaston Plante te je 1859. konstruirao prvi upotrebljivi akumulator. Od tog trenutka već više od 150 godina Planteova baterija funkcionira i našla je svoju primjenu u svim segmentima u kojima ljudi žive i rade. Akumulatorska baterija jedinstven je elektroenergetski uređaj koji je istodobno i skladište električne energije. Osnovni princip korištenja pohranjene energije je akumuliranje električne energije u kemijsku energiju. Akumulator je svaki izvor električne energije proizvedene izravnim pretvaranjem kemijske energije, a sastoji se od jedne ili više ćelija. U funkciji je ponajprije rezervnog i neprekidnog napajanja električnom energijom, a obnovljivi izvori, kao što su fotonaponske elektrane, koriste akumulator kao skladište viška proizvedene energije. Osim olovniha akumulatora, bit će predstavljene i ostale vrste akumulatora. Od novih tehnologija zanimljiva je gorivna ćelija (engl. *fuel cell*).

Ključne riječi: povijest energije, akumulatorska baterija, skladištenje energije

Uvod

Akumulatorska baterija jedinstven je elektroenergetski uređaj koji je skladište električne energije i koji osigurava sigurnu i neprekidnu dobavu električne energije. Baterija je u prvom redu u funkciji rezervnog i neprekidnog napajanja

važnih i prioriternih trošila električnom energijom. Obnovljivi izvori, kao što su fotonaponske elektrane, koriste akumulator kao skladište električne energije.

Pohranjivanje energije oduvijek je bio izazov. To je shvatio Gaston Plante te je 1859. konstruirao prvi upotrebljivi akumulator. Od tog trenutka već više od 150 godina Planteova baterija funkcionira uz neke dorade i modernizacije i našla je svoju primjenu u svim segmentima života.

Osnovni je princip korištenja pohranjene energije pretvorba električne energije u kemijsku koja se prilikom korištenja opet pretvara u električnu energiju.

Povijest energije je povijest čovjekova nastojanja da prirodne sile usmjeri u svoju korist te da njihovo djelovanje pretvori u koristan rad. Prisjetimo se početaka korištenja energije, tehnološkog razvoja kroz povijesne epohe, izvora energije i energenata te načina na koji koristimo energiju danas u našim životima.

Povijest elektroenergije počinje još u antici u VI. st. pr. Krista (Tales). Prijev *električna* potječe od grčke riječi *elektron* (jantar), a koju je počeo upotrebljavati grčki znanstvenik Tales iz Mileta u VI. st. prije Krista, kad je uočio da se štapom od jantara, kad ga se protrlja, može privući perje ili kosa i da se pojavljuje iskra. Pojavu nije znao objasniti.

Američki znanstvenik i državnik Benjamin Franklin iznio je 1752. teoriju da je elektricitet isto što i munja, te je to i dokazao u eksperimentu s puštanjem zmaja dok nebom sijevaju munje. Njegov je rad sa strujom bio vrlo cijenjen te je odlikovan Copleyjevom medaljom i 1753. primljen u Kraljevsko znanstveno društvo. Elektron, kao česticu otkrio je 1897. engleski fizičar J. J. Thompson. Ustanovio je da prilikom prolaska električne energije kroz vrlo razrijeđene plinove u katodnoj cijevi nastaju nevidljive zrake. Te zrake, katodne zrake, sastoj se od negativno nabijenih čestica koje se mogu skrenuti djelovanjem električnog i magnetskog polja i nazvao ih je imenom elektron.

Devetnaesto stoljeće je bilo vrijeme velikih izuma i masovnijeg korištenja električne energije, konstruirana je prva akumulatorska baterija, a 1867. konstruiran je i motor s unutarnjim izgaranjem – Ottov motor.

Prva praktična upotreba električne energije počela je 1880. u New Yorku kad je puštena u rad prva javna električna rasvjeta istosmjernom strujom izvedena prema ideji Thomasa Edisona, a čiji je originalni dizajn i danas jedna od turističkih atrakcija. Konačno, razvoj elektrotehnike nezamisliv je bez velikih doprinosa Nikole Tesle. Tu je u prvom redu izum trofazne izmjenične struje.

Neosporna je činjenica da je električna energija pokretač čovječanstva i modernih tehnologija, ona je neizostavan dio svih naših aktivnosti, osnova cjelokupnog poslovanja i važan dio naše svakodnevnice. Potrošnja električne energije po stanovniku izravan je pokazatelj životnog standarda neke zemlje ili regije. Moderne industrije i tehnologije, transportni sustavi, žične i bežične

komunikacije, informatička industrija, internet, instalacije u zgradama i uredima ovise o proizvodnji, prijenosu, distribuciji i korištenju električne energije.

Danas je nezamislivo da bi čovjek koji živi u tehnološki naprednom svijetu mogao preživjeti bez energije, da bi se mogao vratiti u doba svojih pradjedova, dakle samo tri generacije unatrag. Sve lijepo izgleda kad smo na izletu u prirodi, no to je stoga jer znamo da nas u blizini čeka automobil, imamo vezu sa svojim putem mobitela, doma nas čeka hladnjak pun hrane itd. Kad bismo sve to izgubili ili ne bismo mogli koristiti jer bi nestalo energije, bio bi to sumrak ove civilizacije.

1. Povijest akumulatorske baterije

Nakon otkrića elektriciteta i električne energije, pojavila se potreba za akumulatorima električne energije. Skladištenje energije oduvijek je bio izazov.

Povijest akumulatorskih baterija počinje kad je Luigi Galvani prvi u povijesti 1780. registrirao elektricitet prilikom eksperimenta na žabljim krakovima. Naime, on je prilikom seciranja žabe, koja je bila obješena o mjedenu kuku, čeličnim skalpelom dodirnuo kuku i proizveo efekt trzanja žabljeg kraka. Međutim, tek je Alessandro Volta objasnio taj efekt i utvrdio da je kontakt dvaju metala, mjedi i čelika, proizveo električnu struju, a žablji krak bio je samo indikator struje.

Prvi izvor električne energije koji se temelji na metalnim pločama i elektrolitu izumio je 1800. Alessandro Volta. Volta ga je promovirao prvi put na Francuskom nacionalnom institutu kao prvi izvor električne energije dobiven kombinacijom metala i elektrolita – Voltina baterija, slika 2.



Slika 1.: Luigi Galvani



Slika 2.: Voltina baterija

Ideja za praktičnu primjenu izuma Alessandra Volte potekla je od Nijemca J. W. Rittera 1803. godine.

Godine 1859. Gaston Plante konstruirao je prvi upotrebljiv akumulator, slika 3. Nazvan je i *kiseli* zbog elektrolita – sumporne kiseline (H_2SO_4). Sastavljen je od dviju olovnih ploča, anode i katode, a kao elektrolit služi sumporna kiselina. To čini jedan članak, a napon jednog članka iznosi 2 V. Za pravilan rad potrebno je da je aktivni materijal na elektrodama: olovo na negativnoj i olovni dioksid na pozitivnoj i da su u pravilnom odnosu s elektrolitom. Plante je to postizao postupkom formiranja olovnih elektroda, odnosno ponovljenim nabijanjem i izbijanjem.



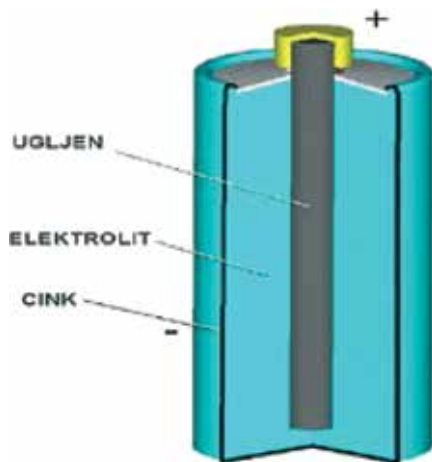
Slika 3.: Planteov akumulator

Njegov učenik Camille Faure pronašao je 1881. znatno brži postupak izrade elektroda pastiranjem – postupkom premazivanja površine olovne ploče slojem fino razdijeljenih olovnih oksida koji se pri prolazu struje mnogo brže pretvaraju u aktivne tvari nego kompaktni metal. Volckman je te godine patentirao ploču u obliku olovnih rešetaka koje služe kao nosioci paste za formiranje aktivnih tvari. Nakon toga usavršen je i Planteov postupak formiranja elektroda i povećana im je površina.

Od tog trenutka već više od 150 godina Planteova baterija funkcionira uz neke dorade i modernizacije te je našla primjenu u svim područjima ljudskog života. U prvom redu kao skladište električne energije, kao i za neprekidno ili rezervno napajanje.

Velik masa Planteova olovnog akumulatora bila je značajan problem u prvom redu za pogon električnih vozila. Stoga su Edison i Jungner krajem XIX. st. izumili lagane alkalične akumulateure. Za pozitivnu ploču upotrijebili su nikel, a kao elektrolit alkalijsku lužinu. Za negativnu ploču Edison je upotrijebio željezo, a Jungner kadmij. Napon NiCd akumulatora iznosio je 1,2 V.

Francuski električar Georges Leclanche izumio je novi tip baterije gdje je primijenio fizikalno-kemijsku reakciju kojom se na jednom kraju (negativnom priključku) nagomilaju slobodni elektroni koji će nedostajati na drugom kraju (pozitivnom priključku). Taj se učinak postiže u Leclancheovu članku, slika 4., koji se popularno naziva baterijski članak ili kraće samo baterija. On se sastoji od tuljka (elektroda) od cinka u koji se smješta kemijski aktivna tvar (elektrolit) i u njemu uronjen ugljeni štapić. Takav će članak fizikalno-kemijskim procesom u elektrolitu stvoriti razliku potencijala od 1,5 V na svojim izvodima. Pritom će se elektroni gomilati na cinčanom tuljcu. Na cinčani plašt priključit će se negativni izvod, a na ugljeni štapić pozitivni izvod ili pol baterije.



Slika 4.: Leclancheov članak

Akumulatorska baterija jedinstven je elektroenergetski uređaj koji je istodobno skladište električne energije i osigurava sigurnu i neprekidnu dobavu električne energije. Baterija je u prvom redu u funkciji rezervnog i neprekidnog napajanja važnih i prioritetnih trošila električne energije. Osim toga, služi kao startna baterija za pokretanje dizelskih i benzinskih motora automobila i agregata. Obnovljivi izvori, kao što su fotonaponske elektrane, koriste akumulator kao skladište energije kod proizvodnje električne energije. Konačno, uređaji za neprekidno napajanje (UPS) imaju ugrađene akumulatorske baterije kao osnovni element za osiguranje neprekidnog napajanja.

Električni automobili kao i oni na hibridni pogon koriste akumulatorsku baterije.

Prilikom projektiranja treba primijeniti norme IEC 60896-21, IEC 60896-22 o sigurnosti u eksploataciji akumulatorskih baterija i zahtjevima potrošača.

2. Tehnologija akumulatorskih baterija

Akumulatorska baterija je po definiciji elektrokemijski izvor električne energije.

Princip rada akumulatora je akumuliranje električne energije potencijalno u obliku kemijske energije, s tim što se pri nabijanju izaziva razlika u sustavu dviju elektroda (polarizacija) zbog čega nastaje galvanski članak koji može davati struju. Prema toj pojavi je naziv za akumulator i sekundarni članci. Više galvanskih članaka koji se mogu međusobno povezati nazivaju se akumulatorske baterije.

Akumulatorske baterije koje su nakon proizvodnje spremne odmah za upotrebu u praksi se nazivaju primarnim elementima ili primarnim baterijama. Primarnim baterijama ili elementima nazivamo i baterije koje služe kao jedino napajanje trošila, a nisu predviđene za ponovno punjenje iz vanjske mreže ili agregata. Poneke primarne baterije mogu se ponovno puniti kao što su baterije za mobilne telefone, informatičke uređaje (prijenosna računala) i sl. Akumulatorske baterije koje služe kao rezervno napajanje i mogu se višekratno puniti i prazniti u praksi se uobičajeno nazivaju i sekundarni elementi ili sekundarni akumulatori.

Osnovni parametri akumulatorske baterije su napon, kapacitet i struja. Uobičajeni napon ćelije akumulatora je 2 V, a napon akumulatora 6 V, 12 V; naponi od 24 V do 220 V postižu se serijskim spajanjem ćelija.

Karakteristike kapaciteta mijenjaju se s temperaturom okoline. Idealna temperatura je 20 °C, a s promjenom temperature kapacitet raste ili opada.

Kemijska reakcija: punjenje-pražnjenje

Akumulacija elektriciteta u olovnom akumulatoru nastaje tako da se djelovanjem električne struje masa pozitivnih i negativnih ploča kemijski mijenja. Nakon dovršenog punjenja nalazi se na pozitivnoj ploči sloj olovnog dioksida PbO_2 koji se, kad akumulator daje struju (pražnjenje), pretvara uz pomoć sumporne kiseline u olovni sulfat (PbSO_4) i vodu (H_2O). Sličan se proces odvija i na negativnoj ploči, pa se kod pražnjenja sumporna kiselina razrjeđuje. Slično, ali u obratnom smjeru, teku procesi za vrijeme punjenja električnom energijom, kad se olovni sulfat stvoren na pozitivnim i negativnim pločama pretvara ponovno u PbO_2 i povećava se gustoća sumporne kiseline. Dakle, pri punjenju se električna energija pretvara u kemijsku energiju, koja se opet pri pražnjenju pretvara u električnu.

3. Vrste akumulatorskih baterija

3.1. Vrste prema funkciji

Baterije različitih tipova možemo podijeliti po funkciji u različitim vrstama korištenja:

Starter

Označuje svaku bateriju ili akumulator za pokretanje motora s unutarnjim izgaranjem.

Prijenosna baterija ili akumulator

Označuje svaku bateriju ili akumulator koji je zatvoren, zapečaćen ili zabrtvljen, koji se može prenositi u ruci.

Industrijska baterija ili akumulator

Označuje svaku bateriju ili akumulator namijenjen industrijskom ili profesionalnom korištenju ili korištenju u električnom vozilu, te kod obnovljivih izvora u solarnim elektranama.

Gumbasta baterija (ćelija)

Označuje malu okruglu prijenosnu bateriju namijenjenu za ručne satove i sl.

Baterijski sklop

Označuje svaki niz baterija ili akumulatora koji su međusobno povezani i zapečaćeni.

3.2. Vrste baterija po tehnologiji

a) Vrste olovnih akumulatora

Olovne baterije možemo podijeliti prema načinu i tehnologiji izvedbe u dvije osnovne grupe:

Klasične baterije OPZ. Olovne ploče smještene u staklenu/plastičnu posudu, uronjene u sumpornu kiselinu, s poklopcem ili bez njega, na kojem je čep koji omogućuje isparavanje plinova u prostor. Zahtijevaju posebnu, ventiliranu prostoriju i dolijevanje vode tijekom održavanja te posebne mjere zaštite od eksplozije.



Slika 5.: Klasične baterije

Za klasičnu bateriju količina zraka koju treba izmijeniti tijekom sata je 15 kubičnih metara za akumulatorsku bateriju od 1000 Ah:

$$Q = 15 \times C_{N^2} \text{ litra/sat.}$$

Prema vrstama ploča dijele se na Planteove, ravne-pastirane i cjevaste. Karakteristika klasičnih, otvorenih olovnih baterija je gubitak vode. Kod elektrolize, kisik O_2 stvara se na pozitivnoj elektrodi, a vodik H_2 na negativnoj elektrodi, u omjeru 1 : 2. Oba se elementa izdvajaju u obliku mjehurića i djelomično izlaze iz članka. Stvara se plin praskavac. Nedostatak navedenih elemenata rješava se dolijevanjem vode. Kod niskoantimonskih članaka, koji koriste manje od 3 % antimona, intervali u kojima se uobičajeno treba korigirati optimalnu razinu vode iznose tri do pet godina.

Danas se otvorene baterije sve rjeđe upotrebljavaju, a njihovo mjesto zauzimaju ventilom regulirane VRLA baterije.

Ventilom regulirane baterije (hermetičke, VRLA). To je nova generacija akumulatorskih baterija – olovne ploče smještene u zatvorenu posudu koja na vrhu ima sigurnosni ventil čija je funkcija ne dopustiti ulazak zraka u bateriju, odnosno ispustiti dio razvijenih plinova iz ćelije. Elektrolit nije u tekućem stanju – apsorbiran je u posebnom separatoru ili je u stanju gela. Nije potrebno nadolijevanje vode i neznatni su zahtjevi za ventilaciju. Mogu se smjestiti u isti prostor/kabinet/stalak sa svom ostalom opremom ili ljudima.

VRLA baterije imaju nekoliko velikih prednosti u odnosu na klasične:

- ne cure
- ne zahtijevaju nadolijevanje vode
- manji zahtjevi za ventilaciju prostora
- niži troškovi održavanja
- veća sigurnost za opremu, prostor i osoblje
- mogućnost smještaja u stalak s opremom
- mogućnost instaliranja horizontalno ili vertikalno u prostoru
- manje zahtjevni transportni uvjeti.

Često se u praksi čuje i izraz hermetičke baterije, što ne odgovara istini jer one to i nisu. Konstrukcijski imaju ugrađen sigurnosni ventil koji propušta određenu količinu vodika prilikom eksploatacije, no ona je zanemarivo mala u odnosu na klasične baterije. Stoga i normalno ventilirana soba ili kabinet mogu zadovoljiti potrebe sigurnosti za taj tip baterija. Količina zraka (litara/sat) određuje se za 48 V bateriju po formuli:

$$Q = 1,4 \times C_N, \text{ litra/sat}$$

To znači da i relativno velika baterija od 1000 Ah zahtijeva za ventilaciju 1,4 kubična metra zraka na sat.

b) NiCd (nikal-kadmij) baterija

NiCd baterija prva je opće prihvaćena punjiva baterija opće namjene. Postavila je temelj baterijama za transport, različite aparate i sl., te današnjem poimanju punjivih baterija, a postavila je i dobru tehnološku osnovu za razvoj novijih vrsta. Unatoč tomu što nudi nisku gustoću energije, a i kemijski sastav joj je daleko od ekološki prihvatljivog (toksični kadmij), velik životni vijek (čak do 1500 ciklusa) i dobro podnošenje većih struja pražnjenja čini je i danas pogodnom za određene primjene (kućanski uređaji i alati, prijenosne radiostanice, medicinska oprema, profesionalne videokamere). Ne preporučuje se u EU-u zbog opasnog kadmija.

c) NiMH (nikal-metal-hidrid) baterija

NiMH baterija donijela je mnoga poboljšanja, ali i neke probleme. Osnovni napredak je u tome što je toksični kadmij zamijenjen hidridom (spojem metala i vodika) netoksičnog metala. Taj ekološki znatno prihvatljiviji kemijski sastav donio je i znatno veću (do 50 %) gustoću energije od NiCd baterija. NiMH baterije odlikuju se i znatno smanjenom kristalizacijom pa su stoga osjetno manje zahtjevne za svakodnevnu uporabu jer traže tek minimalno održavanje. Osnovni nedostatak im je oko dva puta kraći životni vijek. NiMH bateriju ćete napuniti i isprazniti barem 300 do 500 puta prije nego primijetite pad kapaciteta. Proizvođač Sony unaprijedio je tehnologiju NiMH baterija tako da su postale jedne od vodećih u mobilnim telefonima.

d) Litij-ionska baterija (Li-Ion)

Li-Ion veći je korak u evoluciji punjivih baterija. Budući da kao osnovnu aktivnu tvar koristi litij, jedan od najlakših metala, ta vrsta baterije odlikuje se vrlo malom masom. Jedna od najvećih prednosti joj je vrlo velika gustoća energije, čak dvostruko veća od tipične NiMH baterije, a odlikuje se i tri puta većim nazivnim naponom od niklenih baterija (3,6 V u odnosu na 1,2 V). Velika prednost joj je i u tome što, za razliku od baterija na bazi nikla, Li-Ion baterija ne zahtijeva apsolutno nikakvo održavanje jer ne pati ni od memorijskog ni od kristalizacijskog efekta. Dakle, moguće ju je puniti bilo kad i nema potrebe za periodičkim pražnjenjem. Li-Ion baterija iznimno je osjetljiva na prepunjavanje i pretjerano pražnjenje, no za to se, umjesto korisnika, brine elektronika koja je ugrađena u svaku komercijalnu Li-Ion bateriju. Iako nije pogodna za pražnjenje jakom strujom, pokazala se kao izvrsno rješenje za pogon električnih automobila i hibridnih vozila te za mobilne telefone.

e) Li-Poly (litij-polimer) baterija

Li-Poly baterija slična je Li-Ion bateriji, s kojom dijeli i većinu značajki. Elektrolit baziran na polimeru omogućuje joj svojstvo koje je gotovo nezamislivo kod ostalih navedenih vrsta. Riječ je o mogućnosti gotovo potpuno proizvoljnog oblikovanja baterije, čak i u vrlo tanke oblike. Tu se mogu iskoristiti mogućnosti tehnologije u trendu smanjivanja aparata. Nedostaci u odnosu na Li-ion bateriju su prije svega kraći vijek (približno jednak NiMH bateriji), te veća osjetljivost na niske temperature.

f) Zn-Air (cink-zrak) baterija

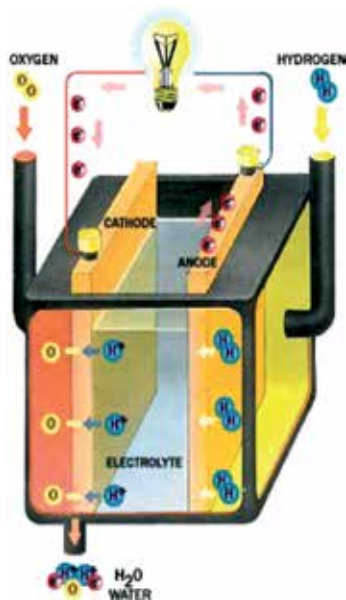
Zn-Air baterija, iako nije punjiva, pokazala se korisnom u funkciji rezervne baterije ili baterije za hitne slučajeve. Isporučuje se hermetički zapakirana i specifičnog je izgleda. Kao što joj ime govori, stvaranje električne energije temelji se na reakciji cinka i zraka, tj. kisika. Kako bi kisik imao pristup do cinčanih elektroda u unutrašnjosti baterije, kućište baterije ima mnoštvo malih otvora. Kad

se hermetičko pakiranje jednom otvori, kisik u dodiru s cinčanim elektrodama proizvodi električnu energiju i baterija se postupno prazni, koristili je ili ne. Kapacitet tih baterija obično je više od tri puta veći od prosječnih Li-Ion ili NiMH baterija, što znači da će se moći koristiti dulje od dva tjedna – ali samo jednom. Kad prestane davati napon, Zn-Air bateriji preostaje samo recikliranje.

g) Gorivna ćelija (engl. *fuel cell*)

Koncept gorivnih ćelija izgleda kao djelo pisaca znanstvene fantastike. Davni su san elektrokemičara koji su pokušali kombinirati prednosti motora s unutarnjim izgaranjem i baterija. Gorivne su ćelije učinkovite, nemaju pokretnih dijelova, na stvaraju nikakvu buku, ne onečišćuju okoliš, a jedini je otpadni produkt njihova rada voda. Dakle, idealan su proizvod, i mogle bi, teoretski, biti rješenje svih prethodno navedenih želja. No, ipak nije baš tako. Zašto?

Prije nego što odgovorimo na pitanje, moramo ukratko objasniti princip rada gorivnih ćelija. Po svojem su radu slične baterijama, ali za razliku od njih zahtijevaju stalan dovod goriva i kisika. Pritom gorivo može biti vodik, sintetski plin, prirodni plin ili metanol, a produkti njihova rada (reakcija s kisikom) su voda, toplina i električna energija. Slika 6. prikazuje tipičnu gorivnu ćeliju. Na jednu se elektrodu (anodu) dovodi vodik, a na drugu (katodu) kisik ili smjesa zraka iz okolice bogate kisikom. Na anodi se stvaraju elektroni i protoni. Elektroni se odvođuju u strujni krug, a protoni prolaze kroz vodljivu membranu između elektroda. Na drugoj strani membrane protoni vodika susreću se s kisikom i elektronima



Slika 6.: Tipična gorivna ćelija

koji su prošli kroz vanjski strujni krug (i obavili koristan rad). Rezultat te elektrokemijske reakcije je čista voda. Proces je u stvari obratan od klasične elektrolize vode. Praktički je potencijal takve reakcije na otvorenom strujnom krugu iznosa oko 1 V, a maksimalna se snaga postiže prilikom prolaska struje kroz trošilo i tad je napon 0,5 V. Napon, dakle, izravno ovisi o opterećenju, odnosno jakosti struje pa se kod gorivnih ćelija ne izražava kapacitet u ampersatima nego kao gustoća jakosti struje, odnosno jakost struje po jedinici površine (A/cm^2). Najčešće se odabire radni napon između 0,6 V i 0,7 V jer je tad i stupanj djelovanja zadovoljavajući (kod premalenog napona je stupanj djelovanja malen, a kod prevelikog napona je prevelik, ali je tad gustoća snage mala).

4. Trend razvoja

Želje, potrebe, navike i mogućnosti korisnika različitih tehnoloških usluga u današnjem svijetu natjerale su proizvođače da razviju sve veći broj spomenutih usluga, no niti jedna od njih ne može se koristiti bez energetskog izvora. Trend je da se većina usluga može koristiti i izvan kuće/posla, dakle u pokretu, a do fiksnog se priključka dolazi mrežom optičkih niti. Bakar se kao takav u modernim telekomunikacijama, informatičkim tehnologijama i industriji zabave napušta i odlazi u povijest, no pitanje je kako osigurati kvalitetan, siguran i pouzdan izvor energije u svakom trenutku i na svakom mjestu.

Kao što znamo, energija se ne može prenositi ni optikom ni zrakom, nego samo *bakrom*, pa kako pomiriti činjenicu da se bakar napušta u suvremenim tehnologijama, a bez njega je nemoguće transferirati energiju do trošila i kako pomiriti te dvije suprotnosti?

Jedino je rješenje osigurati autonomni izvor energije svugdje i stalno, izvor koji bi uvijek imao dovoljno energije na raspolaganju, bio siguran i pouzdan, ne bi bio štetan za opremu, okoliš i ljude, bio dugog životnog vijeka, imao veliku gustoću energije i bio razumne cijene.

Velik dio navedenog mogu osigurati već dulje od 150 godina prisutne baterije (primarne ili sekundarne), te donekle i gorivne ćelije.

a) Budućnost baterija

Što su to ultimativna baterija i pametna baterija? Izrazi *ultimativna* ili *perfektna* baterija (engl. *ultimate and perfect battery*), spominju se u različitoj literaturi kao željeni cilj odnosno vizija buduće baterije koja bi trebala riješiti sljedeće izazove:

- proširiti temperaturne granice primjene
- smanjiti ovisnost o temperaturi
- ubrzati vrijeme punjenja

- smanjiti obujam i težinu
- smanjiti troškove baterije i sustava za napajanje
- smanjiti troškove održavanja
- povećati gustoću energije
- povećati životni vijek
- povećati broj ciklusa pražnjenja
- posebno omogućiti izvedbu za specifične cikluse kod skladištenja energije proizvedene solarnim izvorima i vjetrogeneratorima.

Izraz ‘pametna baterija’ (engl. *smart battery*) koristi se za bateriju koja nije samo *crna kutija* koja ne može komunicirati s korisnikom i koja ga ostavlja na milost i nemilost, nego za onu koja će korisnika informirati o dvama najvažnijim podacima: trenutačnom stanju napunjenosti (engl. *state of charge*, SoC) i trenutačnom stanju baterije u odnosu na novu bateriju (engl. *state of health*, SoH). Dakle, baterije koje mogu komunicirati s korisnikom nazivaju se pametne baterije. To su baterije koje su opremljene mikročipovima i mogu komunicirati s punjačem odnosno korisnikom zbog davanja podatka punjaču koliko je energije još potrebno da bi bila puna, i podatka korisniku o stanju napunjenosti i kondiciji.

Danas svaki proizvođač baterija nudi svoje rješenje pametne baterije pa je zato osnovan forum SBS (engl. *Smart Battery System*) koji bi trebao normirati definicije i uvjete temeljem kojih neki proizvođač može reći da je njegova baterija pametna.

Konačno, nanotehnologija je tehnologija budućnosti u svim segmentima života i rada koja će donijeti revoluciju i akumulatorskim baterijama odnosno skladištenju električne energije.

Zaključak

Skladištenje energije oduvijek je bilo i želja i izazov. To je omogućio Plan-teov izum. Akumulatorska baterija odnosno uređaj za akumuliranje/skladištenje električne energije i nakon 150 godina bilježi sve širu primjenu. Bez akumulatorske baterije teško je zamisliti neprekidnu i sigurnu dobavu električne energije važnim i prioritetnim trošilima. To se u prvom redu odnosi na telekomunikacijske, elektroničke, informacijske, alarmne i nadzorne uređaje te na primjenu u transportu, bolnicama, elektranama, transformatorskim stanicama, mobilnim telefonima, svemirskim sustavima, radijskim i televizijskim stanicama, odašiljačima, odnosno u svakom segmentu čovjekova djelovanja. Akumulatorske baterije služe kao rezervno napajanje, ali u velikom broju slučajeva i kao glavno i jedino napajanje. Osim toga, služe za skladištenje – akumuliranje električne energije – iz solarnih elektrana i ostalih obnovljivih izvora energije.

Literatura

- [1] Mirko Hlupić, Ivan Galetić, *Sustavi pričuvnog napajanja za važne potrošače* (SPNVP)
- [2] Mirko Hlupić, Ivan Galetić, *Akumulatorske baterije – rezervni izvori napajanja*
- [3] *Hrvatska enciklopedija*, sv. 1. (A–Bd), Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Zagreb 1999.
- [4] Wikipedija
- [5] INEM–Končar, *Besprekidni sustavi*
- [6] Skok S., *Besprekidni izvori napajanja*, KIGEN 2002.

From the Frog to the latest Technology – the History and Development of Batteries

Mirko Hlupić

Abstract: The history of energy is the history of mankind's endeavour to direct natural forces to his own benefit, and to transform their actions into useful work. The history of electrical energy began as long ago as in ancient times, in the 6th century B.C. (Tales), whilst the history of rechargeable batteries begins with the discoveries of Luigi Galvani (1737 – 1798) who for the first time in 1780 registered electricity during an experiment on frog's legs. Storage of electricity has always been a challenge. Gaston Plante realized this in 1859 when he constructed the first usable rechargeable battery. From that moment, for more than 150 years now, Plante's batteries have functioned and found their use in all fields in which people live and work. A rechargeable battery is a single electrical device which also stores electrical energy. The basic principle of using stored energy is the accumulation of electrical energy as chemical energy. A rechargeable battery is any source of electrical energy produced by direct transformation of chemical energy, consisting of one or more cells. It is primarily in the function of a reservoir or an uninterruptible supply of electrical energy, and renewable sources, such as photovoltaic power stations, use batteries as stores of surplus energy produced. Apart from lead batteries, other types of batteries are also presented. One of the new technologies of interest is the fuel cell.

Key words: history of energy, rechargeable batteries, energy storage

Ernst Mihalek

Munja i zaštita od njezina djelovanja kroz povijest

Sažetak: Ukratko je opisan povijesni razvitak razumijevanja pojave atmosferskih izbijanja i zaštite od munje, počevši od predantičkih i antičkih legendi sve do suvremenih metoda zaštite.

Ključne riječi: munja, povijesne legende, Franklin, Tesla, suvremene metode zaštite

1. Mitovi i legende od antike do kraja srednjeg vijeka

Munje i grmljavina uvijek su izazivali strah i poštovanje u ljudi, što se može vidjeti po važnoj ulozi koju su takve pojave imale u religijama i mitovima kod gotovo svih modernih civilizacija.

Rani kipovi Bude prikazuju ga kako nosi munju zašiljenu strelastim vrhovima na objema stranama. U starom Egiptu munje i gromove bacaio je bog Set. Indijske *Vede* opisuju Indru, sina Neba i Zemlje, kako vozi munje na svojim bojnim kolima. Na sumerskom pečatu iz razdoblja približno 2500. pr. Kr. prikazana je božica munja Zarpenik kako jaše na vjetru s pregrštom munja u svakoj ruci.

Prema grčkoj mitologiji, prije nastanka ljudi gospodar svemira bio je bog Kron (za Rimljane – Saturn) koji je vladao uz pomoć svoje sestre kraljice Reje (za Rimljane Ops). Jedan od njegovih sinova Zeus (za Rimljane – Jupiter) koji će poslije postati gospodarom nebesa pobunio se protiv oca. Kron je, bojeći se sudbine da ga neki od sinova jednog dana ne smijene s prijestolja, redom gutao svoju tek rođenu djecu. Čim je Rea rodila Zeusa, sakrila ga je od Krona na

Kreti, a mužu dala kamen omotan u dječje pelene, koji je on, misleći da je riječ o djetetu, odmah progutao. Kad je Zeus stasao u mladića, uz pomoć svoje bake Zemlje prisilio je oca da povрати taj kamen i ostalo petero djece, Zeusove braće i sestara. Nakon toga zbila se strašna bitka koja je gotovo uništila svemir. S jedne strane bili su Kron i njegova braća titani, a s druge Zeus i njegova braća i sestre. Na Zeusovu stranu prešao je i vrlo pametni Prometej, jedan od sinova titana Japeta. Titani su pobijeđeni jer je Zeus na njih iz zatvora pustio storuka čudovišta koja su se za njega borila svojim neodoljivim oružjem – munjama, gromovima i potresima, ali pomogla je i Prometejeva pamet.

U antičkoj Grčkoj munja se općenito smatrala kaznom koju šalje otac bogova Zeus ili netko iz njegove obitelji. Međutim, već su Jonjani slutili da bi uzrok oluje mogao biti vjetar zatvoren u oblacima koji prodire van kad rastrga plašt oblaka. Činilo se da bi se tako mogla razjasniti i munja jer s otvaranjem oblaka zasjalo bi i svjetlo nebesa.

Grčki je filozof Demokrit slutio da oblaci sadrže atome vatre koji prodiru kroz otvore u plaštevima oblaka. Aristotel je smatrao da se oblaci stvaraju od vlažnih isparavanja sa zemlje i topline te pale u obliku udara munja. Heraklit je također smatrao da olujno nevrijeme nastaje od zapaljenih para isparenih sa zemlje. U grčkoj se stoičkoj filozofskoj školi razmišljalo o mogućnosti da munje nastaju uzajamnim trljanjem oblaka, kao što se prema starom običaju dobivala vatra trljanjem dvaju komada drva. U antičkom Rimu smatralo se da se vrhovni bog Jupiter koristi munjama ne samo za kažnjavanje nego i kao upozorenje na nedostojno ponašanje.

Od približno 300. pr. Kr. do četvrtog stoljeća naše ere u starom je Rimu tzv. kolegij *augura* (vračeva, svećenika), istaknutih rimskih građana imao dužnost objašnjavati Jupiterove želje u vezi s državnim poslovima i to na temelju promatranja ptičjeg pjeva i leta, pojave meteora te munja. Što se tiče munja, *auguri* su se pri promatranju okretali uvijek prema jugu, a smjer u kojem su se vidjele munje uzimao se kao znak Jupiterova odobravanja ili neodobravanja.

Možda najpoznatiji od starih bogova vezanih uz munje je bog Tor, vikinški bog vatre. On je, vozeći se bojnim kolima iznad oblaka, proizvodio munje udaranjem čekića o nakovanj. Engleski naziv za četvrtak (*Thursday*) etimološki je vezan uz tog nordijskog boga (*Thor's day*, tj. Torov dan), a u suvremenom danskom jeziku glasi *Torsday*.

U njemačkoj predaji bog gromova zove se Donar. Donar se kroz oblake vozi u kolima koja vuku dva jarca, u desnoj ruci ima teški kameni čekić koji baca i tako proizvodi munje. Čekić mu se potom vraća u ruku pa koliko ga puta baci, toliko munja izbija iz njegovih očiju. Bljeskajućim strijelama munje Donar muze mlijeko iz punih vimena nebeskih krava – oblaka, a ono kao kiša pada na zemlju. Međutim, svake godine divovi ukradu Donaru čekić i sakriju ga tijekom

sedam zimskih mjeseci u svojim planinama, dok ga bog u proljeće ponovno ne nađe i opet sve krene ispočetka. Tako je danas u njemačkom četvrti dan u tjednu *Donnerstag*, dakle Donarov dan. Drvo posvećeno Donaru je hrast, ali još uvijek postoji uzrečica (ako se netko zateče vani tijekom oluje) “hrast izbjegavaj, bolje potraži bukvu”. Danas se zna da se tijekom oluje ne smije sklanjati pod drveće, pogotovo ono osamljeno.

Od latinskog je naziva za četvrtak *dies Iovis* (Jupiterov dan) u francuskom dobiven naziv *jeudi*, u talijanskom *giovedì*, u španjolskom *jueves*, u katalonskom *dijous*, u rumunjskom *joi* itd.

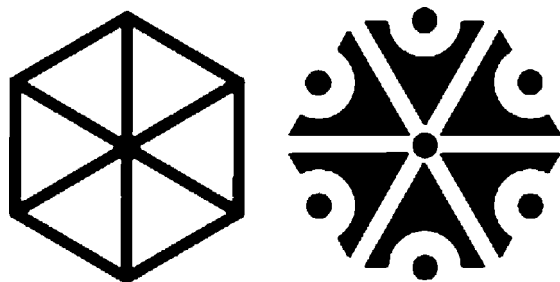
U nekim se indijanskim plemenima u Sjevernoj Americi, kao i u nekim plemenima u Africi, vjerovalo da munje izlaze iz bljeskajućih pera mistične ptice munje koja mahanjem krila proizvodi grmljavinu. Ime i simbol poznatog automobila (*Thunderbird*) preuzelo se u komercijalne svrhe, primjerice, iz crteža ptice munje u američkoj indijanskoj umjetnosti.

U slavenskoj je mitologiji u ulozi glavnog boga najčešće spominjan Perun (čije se ime u praslavenskom razvilo nakon podosta etimoloških prilagodbi) od pojma ‘udariti’, a Perun je kao bog gromovnik progonio i udarao munjama svojeg protivnika, vodenog boga podzemlja Velesa.

U većini slavenskih jezika riječ za ‘grom’ jest odraz praslavenskog naziva. Poljaci uz naziv ‘grom’ rabe i *piorun*, srodan s Perunovim imenom. U kašupskom su, kao i u poljskom, očuvane neke sintagme te naziv za grom. U slovačkom jeziku postoji naziv *parom* te sintagma *do paroma*, tj. “neka te Perun pogodi” ili “Peruna mi”.

Ostatak Perunova imena je i u riječi za četvrtak. U regiji Wendlandu, zapadno od Labe, Njemačka, u dijalektu obodritskih Slavena naziv za četvrtak glasi *Perundan*.

Osim toga, ostatak je Perunova imena i u nazivu biljke perunike (*iris*), katkad zvane i *bogiša* (božja biljka), za koju se vjerovalo da raste na mjestu u koje je Perun udario munjom. Ne treba zaboraviti ni starohrvatsku legendu o svetom Iliji Gromovniku koji vozi kola po oblacima zbog čega dolazi do grmljavine.



Slika 1.: Drevni Perunovi simboli munja

Kao zaštita od munja (gromova), može se na krovovima kuća naći ukrasna i ljekovita višegodišnja biljka, u narodu zvana ‘čuvarkuća’, ‘gromova trava’ (lat. *Sempervivum tectorum* i *Sempervivum alpinum*) za koju se vjerovalo da, kako hrvatski naziv govori, čuva kuću od gromova, ali i od požara i drugih nedaća.

U srednjovjekovnoj je Europi zanimanje zvonara bilo iznimno opasno zbog munja. Bio je običaj da se tijekom oluja s grmljavinom crkveno zvono oglasi što jače jer se smatralo da će tako spriječiti udare munje u vrh tornja. Vjerovalo se da zvonjava rastjeruje zle duhove koji vatrom žele uništiti crkvu, kao i da buka zvonjave lomi munje. O tome i danas svjedoče natpisi izliveni na srednjovjekovnim zvonima: *Vivos voco. Mortuos plango. Fulgura frango* (Žive pozivam. Umrle oplakujem. Munje slamam).

Od 1753. do 1786. (dakle u 33 godine), prema njemačkim ljetopisima, munje su 386 puta udarile u crkvene tornjeve. U navedenom razdoblju su, nastojeći *slomiti* munje zvonjavom, stradala 103 zvonara, slika 2. Približno svaka



Slika 2.: Prikaz pogibije zvonara od udara munje (XIX. st.)

treća munja koja je udarila u neku crkvu za nekog je bila kobna pa je takvo *slamanje* munja nakon toga zabranjeno.

Toranj crkve svetog Marka u Veneciji pogodila je munja više puta, i to 1388. (uz znatne štete), 1417. i 1489. (razorni požari), a zatim i niz udara s više ili manje šteta (1548., 1565., 1653. i 1745.). Takvo je bilo stanje prije Franklina izuma zaštite od munje. Godine 1766. postavljen je na toranj Franklinov gromobran i nakon toga nisu zabilježene daljnje štete.

U literaturi su poznate štete od munja, primjerice, kad su 14. travnja 1718. pogodile i oštetile 24 crkvena tornja duž obale Bretanje. U XVIII. st. često su crkveni podrumi služili kao skladišta baruta i oružja. Tako je 1789. munja pogodila toranj crkve sv. Nazairea u Brescii, u čijim je podrumima bilo uskladišteno oko sto tona baruta. Eksplozija tog baruta prouzročena udarom munje ubila je tri tisuće ljudi i razorila šestinu grada.

Zanimljivo je da neke povijesne građevine nisu nikad bile oštećene udarom munje, posebno jer su slučajno dobile sustav zaštite koji se poslije kao izum pripisao Franklinu. Solomonov hram u Jeruzalemu u tisuću godina postojanja nije imao štete od udara munja jer mu je kupola prekrivena metalnim pločama, a metalni kišni oluci služili su kao odvodi struje munje prema zemlji. Katedrala u Ženevi ima drveni krov pokriven metalnim pločama povezanim sa zemljom i nije imala nikad štete od munja. Naprotiv, obližnji niži toranj crkve sv. Gervaisa često je puta bio oštećen udarom munje.

Šteta i ozbiljnih žrtava od munja bilo je i na drvenim brodovima s drvenim jarbolima. U britanskoj je mornarici od 1799. do 1815. zabilježeno 150 slučajeva udara munja u ratne brodove. Svaki osmi brod doživio je požar (totalne ili djelomične štete), poginulo je 70 mornara, a više od 130 ih je ranjeno. Deset je brodova uništeno, a 1798. uništen je i ratni brod *Resistance* s 44 topa koji je unatoč imenu (*Otpor*) bio neotporan na atmosferska električna izbijanja.

2. Početak istraživanja munja

2.1. Benjamin Franklin

Autor prvog djela o munjama koje se može smatrati znanstvenim je američki državnik, znanstvenik i izumitelj Benjamin Franklin (1706. – 1790.).

Prije toga o elektrici se znalo samo toliko da se pozitivni i negativni naboji mogu razdvojiti električnim uređajima, trljanjem dvaju različitih materijala, a ti su se naboji onda mogli spremići u tzv. leidensku bocu. Proučavajući iskre dobivene trljanjem, Franklin je u studenom 1749. napisao sljedeće (iskre je nazvao električnim fluidom):

“Električni fluid podudara se s djelovanjem munje u sljedećem:

1. daje svjetlo
2. sličan je po boji svjetla i
3. po krivudanju
4. po brzini kretanja
5. po vođenju kroz metal
6. po pucketanju i šumu pri eksploziji
7. održava se u vodi ili ledu
8. uništava tijela kroz koja prolazi
9. ubija životinje
10. otapa metale
11. pali zapaljive tvari
12. miriše na sumpor.



Slika 3.: Potonuće broda nakon udara munje (XIX. st.)

Privlače ga oštri vrhovi. Ne zna se je li to svojstvo ima i munja. Međutim, s obzirom da se te pojave podudaraju u svim detaljima u kojima ih možemo usporediti, nije li moguće da su slične? Načinimo pokus.”

Franklin je prvi predložio pokus kojim bi se dokazalo da munja ima električna svojstva, iako su i drugi prije toga teoretizirali o sličnosti laboratorijski dobivenih iskri i munja. Tako je u srpnju 1750. Franklin pisao:

“Za odgovor na pitanje jesu li oblaci koji sadrže munje elektrizirani ili ne, predložio bih izvođenje pokusa na nekom pogodnom mjestu. Neka se na vrhu neke visoke kule ili tornja postavi mjesto u obliku neke vrste stražarske kućice ... dovoljno velike za smještaj čovjeka, s električnim stajalištem (izolatorom). Iz sredine stajališta prema gore, svijajući se kroz vrata, neka se postavi željezni štap sve do visine od



Slika 4.: Dalibardov pokus dokazivanja elektriciteta olujnog oblaka, svibanj 1752.

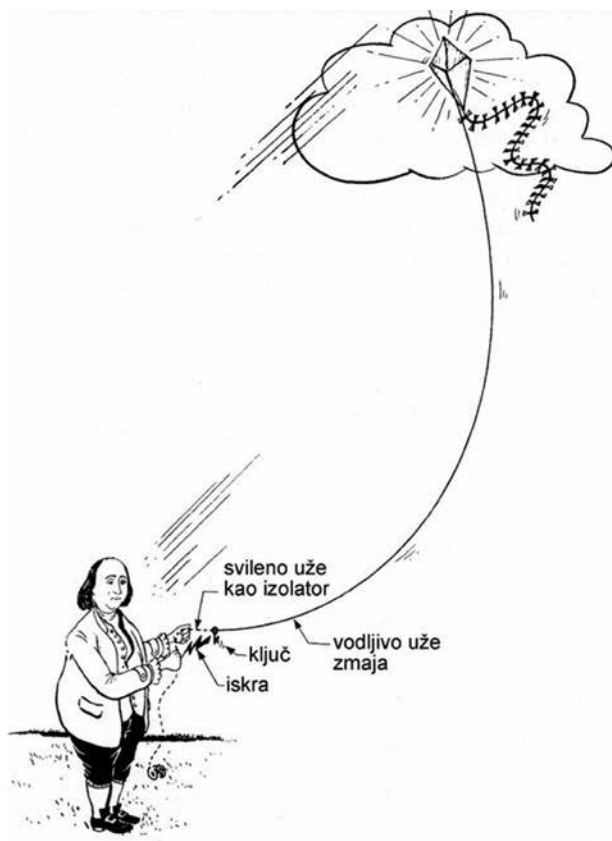
dvadeset ili trideset stopa, s vrlo ostrim vrhom na gornjem kraju. Ako se električno stajalište drži čistim i suhim, čovjek koji na njemu stoji pri prolazu niskih oblaka može biti nabijen elektricitetom i odavati iskre, pri čemu mu vatru dovodi štap iz oblaka. Ako postoji bojazan od neke opasnosti za čovjeka (po mom mišljenju ne postoji), neka stane na pod kućice i neka povremeno štapu približava petlju žice, čiji je drugi kraj spojen na olovne pločice, a prvi kraj drži s pomoću ručice od voska; na taj će način, ako je štap elektriziran, iskre skakati sa štapa na žicu i neće ga ozlijediti.”

Franklinov je cilj bio pokazati da su oblaci električno nabijeni, jer ako je tako, slijedilo bi da su munje također električne naravi i slutio je da između oblaka i zemlje vlada električno polje. Franklin nije do kraja procijenio opasnost koju skriva taj pokus koji predviđa dobivanje iskri iz tinjavih izbijanja, pa nije predvidio (iako je rekao da nema opasnosti), što bi se moglo dogoditi udari li munja izravno u štap. Eksperimentator bi vrlo vjerojatno poginuo ili bio teško ozlijeđen, a poslije se to stvarno i dogodilo. Najprije je pokus u Francuskoj počeo izvoditi 1752. opat Thomas-François Dalibard, a tijekom oluje javljale su se iskre od tinjavog izbijanja. Pokus je nekoliko puta ponovljen u Francuskoj, Engleskoj i Belgiji. Međutim, u srpnju 1753., pokušavajući ga ponoviti poginuo je u Sankt-Peterburgu fizičar Georg Wilhelm Richmann, kad je munja udarila izravno u istaknuti željezni štap za koji se držao.

Prije nego što je počeo izvoditi pokuse, Franklin je predložio, čekajući postavljanje svoje hvataljke na vrh nove crkve u Philadelphiji, bolji način dokazivanja svoje teorije – i to s pomoću papirnatoг zmaja kakvim su se igrala djeca. Zmaj je trebao zamijeniti ulogu željeznog štapa jer se mogao dignuti na veću visinu i polijetati s bilo kojeg mjesta, slika 5. Tijekom oluje 1752. Franklin je pustio u zrak, kažu, najslavnijeg zmaja u povijesti. Lijevom rukom držao je svileno uže, privezano na zmajevo uže (izolacija!). Primijetio je da su se dlačice na užetu nakostriješile, približio je ruku, a iz metalnog ključa zavezanog na kraju zmajeva užeta prema zglobu njegove desne ruke skočila je iskra. Kako je ruku odmicao i primicao skakale su i daljnje iskre. Tako je dokazao svoju teoriju, ali nije znao da je u međuvremenu Dalibard u Europi već izveo isti dokaz. Međutim, pokus sa zmajem u povijesti je ostao poznatiji.

U *Gentlement's Magazineu* objavljeno je 1750. Franklinovo pismo u kojem je naveo:

“Ima, međutim, nešto u pokusima s ostrim vrhovima koji odašilju ili privlače električnu vatru, što još nije u potpunosti objašnjeno i što namjeravam dati u sljedećem ... odakle sam gledao na pokuse, mišljenja sam da kuće, brodovi, a čak i tornjevi crkvi trebaju ubuduće biti osigurani od udara munja vlastitim sredstvima; umjesto drvenih kugli



Slika 5.: Franklinov pokus sa zmajem

koje se obično postavljaju iznad vjetrokaza (pijetla), crkvenih ‘vretena’, šiljaka ili jarbola, treba postaviti željezni štap duljine osam ili deset stopa, blago zašiljen kao igla i pozlaćen protiv hrđanja, ili štap treba imati više vrhova, što bi bilo bolje jer bi tako električna vatra, mislim, bila tiho privučena prije nego dođe do udara.”

To je najranije objavljena Franklinova ideja o štapnoj hvataljci munje. Najprije ju je nazvao *lightning attractor*, tj. vabitelj munje, a danas je poznata pod nazivom Franklinov štap ili Franklinova hvataljka. U pokusu sa šiljcima doveo je električni naboj na izolirani vodič i potom pokazao da se odatle naboj može odvesti (izbiti) polako i tiho ako se u blizini nađe zašiljeni i uzemljeni vodič. Kad je zašiljeni vodič doveo preblizu nabijenom vodiču, izboj se dogodio naglo putem električne iskre. Godine 1750. u raspravi u kojoj je predložio pokus za dokazivanje električne prirode munje, Franklin je ponovio svoj prijedlog o potrebi postavljanja zaštitnih štapova uz napomenu da moraju biti uzemljeni.

Isprva je Franklin mislio da štapna hvataljka munje može potihom izbiti električni naboj olujnog oblaka i tako spriječiti udar munje¹. Međutim, 1755. ipak je napisao:

“U nekoliko svojih pisama, osim jednom, spomenuo sam da zašiljeni štapovi na građevinama spojeni sa zemljom mogu ili spriječiti udar, ili ako ga ne spriječe, odvesti ga tako da građevina ne pretrpi nikakve štete.”

Međutim, nije bilo jednostavno uvjeriti crkvene oče da je potrebno na crkvene tornjeve postaviti štapne hvataljke. Rekli su da je munja djelo Božje i stoga se ne treba miješati u Njegove poslove. Franklin ih je uvjerio da ipak moraju postaviti zaštitu od munje koju je izumio, govoreći da je Bog stvorio i kišu pa se svedeno na kućama postavljaju krovovi koji štite ljude i stvari.

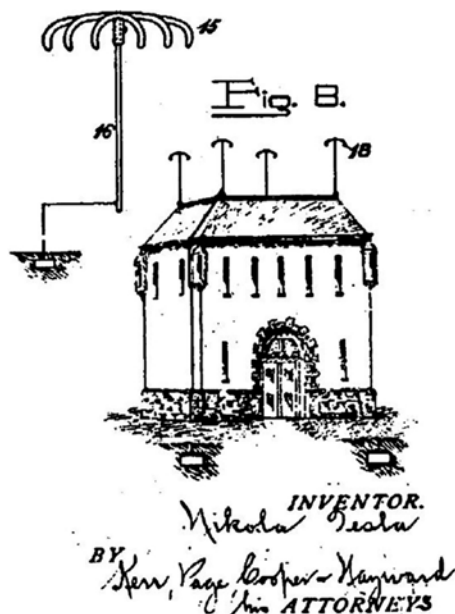
Štapne su hvataljke najprije uporabljene u svrhu zaštite 1752. u Francuskoj, a kasnije te godine u Americi. Nadalje, štapna hvataljka prva je praktična primjena učenja o elektricitetu. Drugo veliko otkriće, galvanski članak (Volta), izumljen je tek 1799. godine.

Franklinov izum najšire se primjenjuje u svijetu i još i danas služi ponajprije za zaštitu građevina i objekata od udara munje. Osim toga, ukazujući da oblaci sadrže elektricitet, Franklin je, mjerenjem predznaka naboja koji prima štapna hvataljka tijekom oluje, mogao zaključiti da je donji dio oblaka uglavnom negativno nabijen, što je potvrđeno tek u ranim godinama XX. stoljeća.

Tijekom XIX. st. zaštita od munje postaje arhitektonski dodatak na mnogim javnim i privatnim zgradama. Zašiljenom štapu dodavani su ukrasi, npr. staklene kugle, i to ne samo u dekorativne svrhe, nego se smatralo da kao cjelina pridonosi učinkovitosti zaštite od munje. Načinjen je opet korak natrag jer se takva konstrukcija opravdavala time da se, s obzirom da staklo ne provodi elektricitet, naboj privremeno odbija i vjerovalo se da je to znanstveno utemeljeno.

Ozbiljan nastavak proučavanja te problematike slijedi tek početkom XX. st. s otkrićima Charlesa Thomsona Reesa Wilsona (izumitelj maglene (Wilsonove) komore za otkrivanje prolaza čestica nastalih radioaktivnim raspadima ili čestica iz svemira), koji je mjerenjima električnog polja procijenio strukturu naboja u olujnim oblacima. Wilson je uvelike pridonio sadašnjem razumijevanju električnih izbijanja u atmosferi pri olujnom nevremenu.

¹Danas to nazivamo tinjavim izbijanjem ili pojavom korone. Na temelju te ideje i u novije su doba predložene i izvedene neke patentne hvataljke i mreže takvih hvataljki koje bi, prema izjavama proizvođača, trebale spriječiti pojavu munje. Međutim, dokazano je da se time ne može ni spriječiti izbijanje munje ni postići zaštita građevina.



Slika 6.: Teslin patent hvataljke *Lightning protector* iz 1918. (izvor: Patenti Nikole Tesle, CD uz izložbu *Tesla – iskre genijalnosti*)

2.2. Teslin patent hvataljke

Nikolu Teslu zvali su i gospodarom munja, sasvim zaslužen, jer je 1899. u Colorado Springsu stvorio najdulju umjetno izazvanu munju, dugu 41 metar. Zanimljivo je idejno rješenje koje je dao u patentu br. 1,266,175 pod nazivom *Lightning protector* od 14. svibnja 1918. (inače prijavljenom 1916.), tj. štitniku od munje. Predložio je izvedbu hvataljke munje s velikim polumjerom zakrivljenosti u odnosu na dotadašnje (a i donedavno) shvaćanje da vrh Franklinova štapa kao hvataljke mora biti oštar. Smatrao je, prema saznanjima iz pokusa u svojem laboratoriju, da je količina elektriciteta koji može strujati iz neke površine mnogo veća nego iz jedne točke. Smatrao je da se sa smanjenjem gustoće električnog polja postiže veća sigurnost s obzirom na to da okolni zrak ne postaje vodljiv (danas bi rekli da zrak nije ioniziran), pa time izbjegava izbijanje munje prema građevini (čemu je Franklin namijenio svoj izum).

Ta je Teslina misao unekoliko potvrđena pokusima pa se danas Franklinovi štapovi preporučuju izvoditi s tupim vrhom i djeluju tako da stvaraju određeni zaštićeni prostor, a tinjavo izbijanje kao zaštita, makar i uz veliki polumjer zakrivljenosti vrha hvataljke, pokazalo se neuporabljivim. Suvremenim je pokusima potvrđena učinkovitost Franklinovih štapnih hvataljki, a Teslin patent, kao takav, nije dobio potporu u praksi.

Tesla je u posebno objavljenom članku u američkim novinama o tome raspravljao s Franklinom i suprotstavio se ideji zaštite na temelju *vabljenja munja*, kako je to na početku mislio Franklin.

3. Suvremeni pristup zaštiti od munje

3.1. Današnje metode zaštite od djelovanja munje

Današnje metode zaštite od munje temelje se na tzv. elektrogeometrijskom modelu zaštite, razvijenom na temelju proučavanja fizike udara munje. Ta su znanja pretočena u suvremene međunarodne tehničke norme, koje su usvojene i kao hrvatske norme. U našoj normizaciji nije prihvaćena zaštita patentnim tzv. ESE² hvataljkama čije djelovanje nije znanstveno dokazano.

Prema priznatim normama rabe se tri metode zaštite od munje:

- metoda zaštićenog kuta štapne ili vodoravne hvataljke
- metoda kotrljajuće kugle (glavna metoda) i
- metoda mreže vodiča.

Građevine koje se štiti moraju se nalaziti u tzv. zaštićenom prostoru hvataljke i odvoda koji završavaju na uzemljenju. Kao hvataljke služe štapne hvataljke, vodoravne hvataljke među nosećim stupovima (uže, žica) te vodiči položeni na određeni način na krovnim potporama. Gušći ili rjeđi raspored hvataljki i odvoda ovisi o razini izvedbe zaštite na temelju procjene rizika. Osim te vanjske zaštite, suvremene metode obuhvaćaju i postavljanje odvojnih elemenata te odvodnika struje munje i prenapona. Također se moraju osigurati tzv. sigurnosni razmaci i učinkovito izjednačivanje potencijala.

3.2. Mogući razvoj zaštite od djelovanja munje

S velikom se vjerojatnošću može reći da će se sustavi zaštite kakve je pokrenuo Benjamin Franklin, uz kasnija istraživanja na polju elektromagnetizma (Michael Faraday, James Maxwell) i nadalje usavršavati i graditi. U skladu s tim usavršavat će se i norme koje uvijek moraju pratiti znanstvena dostignuća.

S obzirom na to da ESE tehnologija nije znanstveno potvrđena, ponuda tih naprava morala bi postupno nestati. Naravno, uvijek će ostati dosta neupućenih koji će na takva rješenja pristajati, što se ne smije dopuštati, posebno kad je

²ESE – engl. *early streamer emission* – hvataljka na načelu tzv. prethodnog uzlaznog izbijanja hvataljke

riječ o zaštiti u javnom sektoru, tj. građevinama koje posjećuje veći broj ljudi, kao što su javne ustanove, kazališta, škole, muzeji, građevine s osjetljivom električnom opremom, velike poslovne zgrade itd.

Nekoliko skupina znanstvenika, posebno u SAD-u i Japanu, eksperimentira s laserskom tehnologijom. Njom bi se važnije objekte, kao što su nuklearne elektrane, zračne luke i dr., štitilo laserskim sustavima s pomoću kojih bi se možda ostvarila ideja ne toliko o sprečavanju, koliko o skretanju udara munja.

S druge strane, radi se i na sustavima za rano upozoravanje uz pomoć kojih se može neposredno prije grmljavinske oluje alarmirati ljude kako bi se mogle poduzeti potrebne zaštitne mjere.

Literatura

- [1] Hasse, Wiesinger, Zischank: *Priručnik za zaštitu od munje i uzemljenje*, prijevod 5. njemačkog izdanja, Kigen, Zagreb, 2009.
- [2] E. Mihalek, *Priručnik za pripremu i izvedbu sustava zaštite od munje*, ZIRS, Zagreb, 2010.
- [3] M. A. Uman: *The Lightning discharge*, Dover Publ. Inc., Mineola, NY, 2001.
- [4] *Scientists Oppose Early Streamer Air Terminals*, pismo ICLP-a poslano National Lightning Safety Instituteu, 26. veljače 1999.
- [5] Patenti Nikole Tesle, CD uz izložbu *Tesla – iskre genijalnosti*, povodom Godine Nikole Tesle, Državni zavod za intelektualno vlasništvo, Zagreb, 2006.

Lightning and the History of Lightning Effects

Ernst Mihalek

Abstract: Briefly has been described historical evolution of atmospheric discharges understanding and lightning protection from preantique and antique legends to modern protection methods.

Key words: lightning, historic legends, Franklin, Tesla, modern protection methods

Ernst Mihalek

Neobična atmosferska izbijanja

Sažetak: Ukratko je prikazano nekoliko vrsta atmosferskih izbijanja koja su neposredno ili posredno vezana uz pojave tijekom grmljavinskih oluja i ostalih atmosferskih zbivanja, kao što su izbijanja u vulkanskim oblacima i tornadima. Kao zanimljivost navedene su i pojave munja na drugim planetima.

Ključne riječi: neobične munje, visokoatmosferska izbijanja, kuglaste munje, munje na planetima

Uvod

Izbijanja munja koja nastaju u grmljavinskim olujama većina ljudi smatra *običnim* munjama. Tijekom grmljavinskih oluja nastaje razdvajanje električnih naboja zbog toplinskih strujanja u atmosferi punoj vlage i kapljica vode. Zrak se pri uzdizanju hladi i u jednom trenutku postiže temperaturnu relativnu zasićenost vodenom parom. Nastaju vodene kapljice, a time i oblaci. Pri kondenzaciji oslobađa se toplina koja zagrijava zrak, on postaje lakši i nastavlja se uzdizati. Na granici zaleđivanja kapljice se počinju lediti čime se opet oslobađa toplina. Zrak se grije i nastavlja se uzdizati. Vodene kapljice i ledene čestice se trenjem i razbijanjem u oblaku elektrostatički nabijaju. Pozitivno nabijene čestice općenito su lakše od negativno nabijenih. Na taj način vertikalno strujanje zraka može razdvojiti naboje pa se na gornjem dijelu oblaka gomilaju čestice s pozitivnim nabojem, a u donjem one s negativnim nabojem. Kako je opisano, npr. u [1], važno je što se na dnu oblaka nalazi i mali centar pozitivnog naboja, nastao vjerojatno zbog koronalnog izbijanja iz vrhova na tlu (drveća i sl.), koje



Slika 1.: Prikaz razvitka tipične (obične) olujne ćelije

se prenosi strujanjem zraka prema oblaku zbog jakog električnog polja između oblaka i zemlje.

Među *obična* atmosferska izbijanja ubrajaju se:

- izbijanja munja od oblaka prema zemlji
- izbijanja od zemlje prema oblaku
- izbijanja između oblaka i unutar oblaka.

Osim *običnih* atmosferskih izbijanja, postoje i druge vrste koje se rijetko viđa i o kojima se obično malo zna, a u ovom bismo ih kontekstu mogli nazvati neobičnim.

1. Neobične vrste munja i atmosferskih izbijanja

1.1. Munje prouzročene vulkanskim erupcijama i uraganima

Za nastanak munja tijekom uragana i vulkanskih erupcija nema još dovoljno teorijskih objašnjenja, ali može se protumačiti međusobnim trenjem vulkanske prašine koja se naglo i kaotično diže uvis pa nastaju skupine suprotnih naboja koji se međusobno izbijaju putem munja. Smatra se da su vulkanske munje možda imale važnu ulogu u geološkoj prošlosti pri nastanku života na Zemlji. Za pojavu organske tvari sve je bilo na raspolaganju: voda, vodik, amonijak i metan. Možda su baš munje molekule tih tvari pretvorile u aminokiseline koje su osnovni dijelovi strukture bjelančevina, bitnih za građu živih organizama, kako je pokazao pokus Ureyja i Millera izveden još davne 1953. godine na Sveučilištu Michigan. Iako danas ima više teorija o nastanku života na Zemlji, taj pokus ima svakako povijesno značenje.



Slika 2.: Munja uz pojavu: a) uragana (SAD) i b) erupcije vulkana (Čile)

1.2. Catatumbo munje

Što se tiče međuoblačnih izbijanja, u svijetu su poznate i takozvane Catatumbo munje prema mjestu gdje se javljaju, tj. na ušću rijeke Catatumbo u jezero Maracaibo u Venezueli. Ti spektakularni međuoblačni bljeskovi munja na visini od oko 5 km iznad zemlje traju od 140 do 160 noći godišnje i to po 10 sati dnevno uz oko 280 izbijanja munja na sat!



Slika 3.: Catatumbo munje

Catatumbo munje najčešće se vide poslijepodne kad je isparavanje najintenzivnije. Brodovi koji noću plove po Maracaibu ne moraju se bojati mraka, sijevanje im omogućuje plovidbu gotovo kao po danu. Catatumbo munje ne prati grmljavina kao inače u drugim međuoblačnim sijevanjima. Smatra se da Catatumbo prouzročuje sudar zračnih masa s Anda i ioniziranih plinova, u prvom redu metana, koji je produkt raspada organske tvari u tamošnjim močvarama, ali i nusprodukt intenzivnog crpljenja nafte. Zanimljivo je i iznimno važno da Catatumbo

munje sudjeluju s nekoliko postotaka u stvaranju atmosferskog sloja ozona na Zemlji koji nas štiti od Sunčeva ultraljubičastog zračenja.

1.3. Vatra sv. Elma

Vatra sv. Elma, zaštitnika pomoraca, javlja se tijekom olujnih nevremena – načelno nakon završetka glavnog naleta oluje – kad u zraku nastane jako električno polje. Pri suhom zraku potreban je viši napon nego pri vlažnom. Olujni oblak privlači naboje na površini zemlje prema vrhovima gdje se jakost električnog polja povećava. Pojava počne kad električno polje dostigne približnu jakost od 10 000 V/cm do 30 000 V/cm. Ta jakost polja ima dovoljnu energiju za nastanak izbijanja i ionizaciju molekula kisika (O_2) i dušika (N_2) u zraku te stvaranje korone u takvoj plazmi. Elmove se vatra javlja na uzemljenom vodiču s istaknutim šiljkom na vrhu, kao što su npr. vrhovi brodskih jarbola, crkvenih tornjeva, avionskih krila ili propelera, pa čak i govedih rogova. Pojava može trajati i dulje od sata.

U znanosti je pojava vatre sv. Elma poznata pod imenom *točkasto izbijanje* ili *korona*. Elmo je izvedenica od imena Erazmo, ranokršćanskog mučenika iz doba progona kršćana. Erazmo je uhićen u Iliriku i mučen, a nakon smrti Crkva ga je proglasila svecem i zaštitnikom mornara. Kad bi mornari vidjeli plavičasto svjetlo na vrhovima svojih jarbola i snasti, mislili bi da je to znak Erazmove zaštite i pojavu bi zvali vatrom sv. Elma.

Pojava se javlja kad se vrhom prsta dodirne predmet koji je nabijen električnom, npr. kaput od sintetičkih vlakana, što se najbolje može pratiti u mraku.

Ako se osoba nakon oluje nađe na mjestu pojave Elmove vatre, sve izgleda sasvim nerealno, ali ima i stvarne učinke pa električnost diže kosu, a osoba ima osjećaj zatezanja kože na glavi.



Slika 4.: Vatra sv. Elma



Slika 5.: Srednjovjekovni prikazi *vatrenih kugli*, odnosno pojave kuglaste munje u kućama

1.4. Kuglaste munje

Kuglasta munja prirodna je pojava, tj. atmosfersko električno izbijanje koje se rijetko viđa, traje nekoliko sekundi, a često nije u obliku kugle. Javlja se većinom pri kraju oluje, ali i na početku i sredinom oluje. Smatra se da je kuglasta munja kugla plazme nastala pri udaru munje u tlo koja pritom stvori rastopljenu *vruću lopticu*. Kuglasta se munja ne smije poistovjetiti sa zamišljenom kotrljajućom kuglom koja se odnosi na metodu za projektiranje i provjeru zaštite od munje.

Kuglasta munja nema snagu obične munje, promjer joj iznosi od 10 cm do 30 cm, a ponekad je i veći. Granična površina nejasna je i okružena plavičastom aureolom. Neki je put prati šištanje i zujenje, a kad nestane, u zraku se osjeća oštar miris. Prosječno traje tri do pet sekundi.

Objašnjenje prirode kuglaste munje dao je u travnju 2002. u časopisu *Physics World Digest* John Abrahamson, profesor na Sveučilištu Canterbury u Christchurchu, Novi Zeland. Abrahamson tvrdi da je preduvjet za pojavu kuglaste munje obična munja. Drugi je uvjet da munja mora udariti u neki objekt kao što je građevina, tlo ili drvo koji sadrže neki metal ili oksid. Primjerice, ako u tlu ima silicijeva oksida i ugljika, udar munje u takvo mjesto izdvaja metal silicij jednako kao kao što se dobiva industrijski. Silicijeve pare kondenziraju se u obliku silicijevih nanokuglica koje se skupljaju u dugim nizovima. Treći je uvjet da na mjestu udara nastanu fulgeriti (lat. *fulgur*, munja), tj. duge prirodne šuplje staklene cjevčice u obliku kobasice, pune vrućih para.

Pri udaru u tlo, munja iskopa udubinu uz stvaranje jako vrućeg kanala. Nakon udara munje u tlo, geolozi su našli takve cjevčice i utvrdili da su načinjene od rastopljenih i potom ohlađenih oksida stakla. Silicijeve pare potom

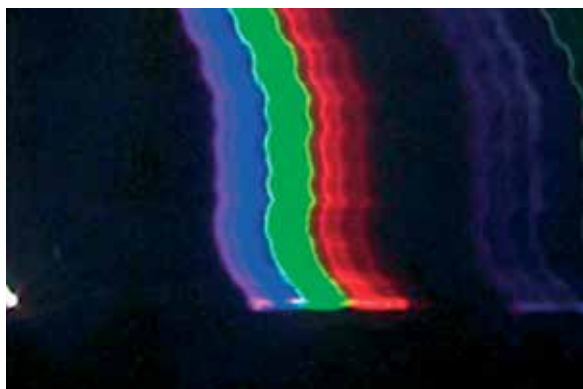


Slika 6.: Snimke kuglaste munje

bivaju izbačene iz tla stvarajući vrtlog u obliku kugle – slično kao što pušači ispuhivanjem dima stvaraju dimne prstenove u zraku. U tom obliku kuglasta munja putuje i na veće udaljenosti. Tako nastala tvorevina nastavlja oksidirati te je i dalje usijana i vidljiva. Sloj oksida na površini svake čestice usporava taj proces sve dok u pojedinim česticama ne oksidira sav metal. U tom trenutku kuglasta munja nestane ili eksplodira.

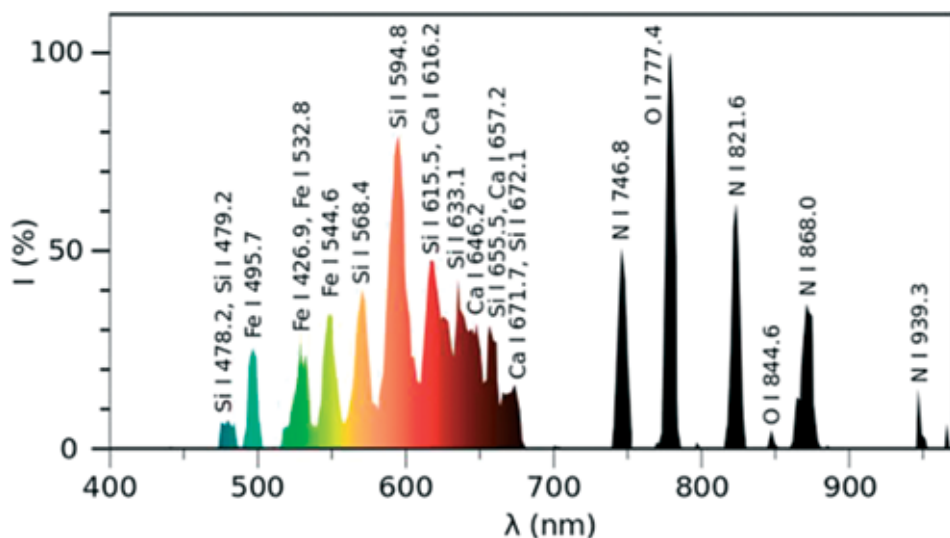
Japanski su istraživači pod vodstvom profesora Yoshihika Otsukija s tokijskog Sveučilišta Wasuda uspjeli proizvesti kuglastu munju (izvještaj o tome podnesen je na Simpoziju o kuglastim munjama u Tokiju, 4.– 6. srpnja 1988., pod naslovom *Science of Ball Lightning*, tj. znanost o kuglastim munjama). Prema neizravnim obavijestima, pokus je izveden na otvorenom. Kao izvor poslužila je mikrovalna pećnica snage 2 kW čiji je izlaz spojen na cijev od bakrene mrežice kao otvoreni valovod. Kad su uključili pećnicu, iz cijevi je izašla svjetleća optica promjera od 2 cm do 3 cm koja je lebdjela duž mrežice približno 2 minute. Tijekom tog vremena optica je mijenjala boju od bijele do blještavo narančaste.

Sličan je pokus ponovljen u više laboratorija. Kineski fizičari J. Cen, P. Yuan i S. Xue objavili su u časopisu *Physical Review Letters* 112, 1/2014.



Slika 7.: Kineski su fizičari snimili spektar kuglaste munje (kuglasta je munja u lijevom donjem kutu)

članak *Observation of the Optical and Spectral Characteristics of Ball Lightning* u kojem su izvijestili da su u srpnju 2012. uspjeli snimiti emisijski spektar kuglaste munje. Kugla je rasvjetljivala okolicu na oko 5 m i pomicala se vodoravno približno 10 m na visini od oko 3 m iznad tla.



Slika 8.: Spektar kuglaste munje s oznakom elementa i valne duljine odgovarajuće emisijske linije (u nanometrima)

Istraživači su tom snimkom otkrili da spektar koji su mjerili u opsegu valnih duljina od 400 nm do 1000 nm sadrži nekoliko emisijskih linija silicija, željeza i kalcija – svih elemenata kojih ima mnogo u tlu. Međutim, ne zna se zašto nema emisijskih linija aluminija kojeg također ima mnogo u mineralima u tlu.

2. Visokoatmosferska izbijanja

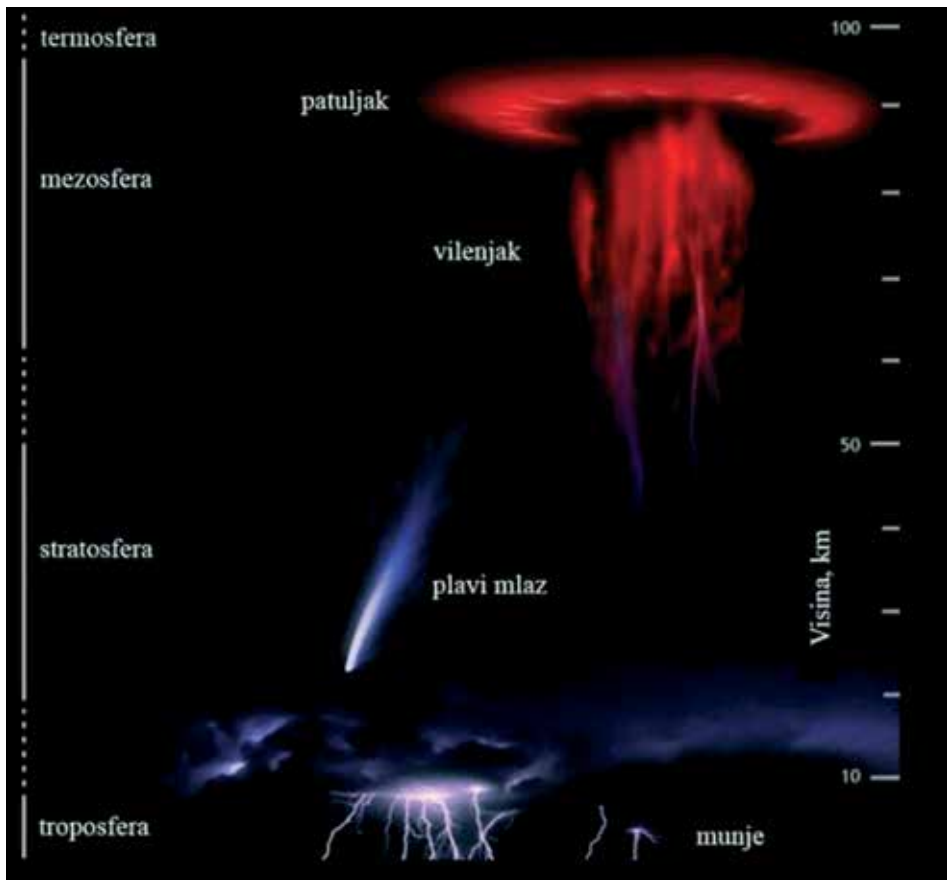
2.1. Patuljci, vilenjaci i ostala visinska izbijanja

Patuljci (engl. *elves* – kratica od *Emissions of Light and Very Low Frequency Perturbations from Electromagnetic Pulse Sources*), emisije svjetla i niskofrekvencijske smetnje iz elektromagnetskih impulsnih izvora) jesu vrsta izbijanja oblaka, koja izgleda kao blijedi, spljošten sjaj, oko 400 km u promjeru, traje oko 1 ms i gotovo se ne može opaziti okom. Javlja se u ionosferi oko 100 km iznad tla kao reakcija na vrlo jaka izbijanja *običnih* munja iz grmljavinskih oblaka. Prvi su put snimljeni 7. listopada 1990. godine.

Smatra se da patuljak nastaje zbog pobude molekula dušika prouzročenog sudaranjem elektrona, a moguće je da su elektroni pobuđeni elektromagnetskim impulsima zbog električnog izbijanja munje ispod patuljka.

Vilenjaci (engl. *sprites*, nazvani prema opisu vilenjaka u literaturi, npr. kod Shakespearea), jesu električna izbijanja na velikim visinama iznad grmljavinskih oblaka ili kumulonimbusa, što dovodi do pojave vrlo različitih vizualnih oblika. Poticaj za njihovu pojavu su izbijanja tzv. pozitivne munje između gornjeg dijela grmljavinskog oblaka i tla. Obično su crvenkasto-narančasti ili zelenkasto-plavi s visećim viticama i lukovima izbijanja iznad njih. Ponekad im prethodi crvenkasti halo. Javljaju se često u grozdovima na visini od 50 km do 90 km iznad površine Zemlje.

Pojava je zapažena puno puta i smatra se da bi mogla biti uzrok nesreća (koje se ne mogu drukčije objasniti), s raketama i balonima na velikim visinama iznad grmljavinskih oluja.



Slika 9.: Prikaz visokoatmosferskih munja i pojava električnih izbijanja

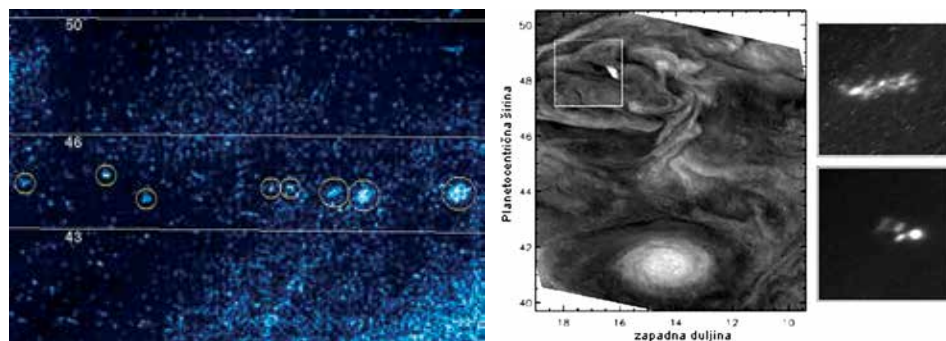
Zanimljivo je da bi nedavna istraživanja tih pojava mogla potvrditi teoriju C. T. R. Wilsona iz 1925. prema kojoj električna polja na velikim visinama iznad Zemlje mogu prouzročiti ionizaciju, a potom i izbijanja munja između oblaka i više atmosfere. Postoji mogućnost da te stratosferske munje ondje deponiraju znatnu energiju uz znakovite kemijske promjene. Te munje mogu stvoriti jaka električna polja i elektromagnetske impulse koji opet mogu međudjelovati s ionosferom i magnetosferom Zemlje. Jaka polja na velikim visinama mogu izbijati elektrone koji u sudarima s česticama atmosfere stvaraju rendgenske i gama zrake.

3. Izbijanje munja na drugim planetima Sunčeva sustava

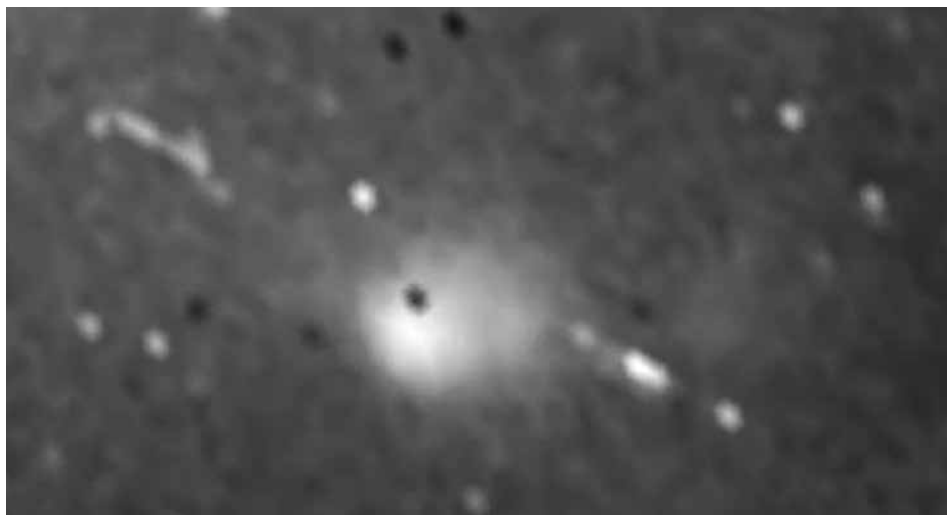
Svemirske sonde poslane u razne misije u Sunčevu sustavu otkrile su radio i svjetlosne signale koji potječu od izbijanja munja na drugim planetima (Veneri, Jupiteru, Saturnu, Uranu i Neptunu). Zanimljivo je da je svemirska sonda *Voyager 2* (lansirana u kolovozu 1977.), u srpnju 1979. tijekom prolaska kraj Jupitera snimila bljeskove munja.

Jupiter je najveći planet Sunčeva sustava, s promjerom 11 puta većim od Zemljina i masom oko 300 puta većom od mase Zemlje. Slika 10. prikazuje, označeno kružićima i okvirima, svjetlosne bljeskove na Jupiteru (brojevi lijevo označuju joviografsku širinu). Najveći svjetlosni bljesak ima promjer od približno 500 km, što vjerojatno potječe od nekoliko jakih udara munja u visokim oblacima. Snaga tih munja daleko nadilazi naše poimanje o munjama na Zemlji.

Munje su opažene i snimljene i na drugom po veličini planetu, Saturnu. Ustanovljeno je da električne oluje na Saturnu mogu trajati mjesecima. Uz svjetlosnu pojavu munja, snimljeni su i zvučni zapisi pucketanja putem radiovalova



Slika 10.: Snimke munja na Jupiteru 12. svibnja 1997. (letjelica *Galileo orbiter*, kružila oko Jupitera od 1989. do 2003.). (prema http://antwpr.gfc.nasa.gov/apod/image/9705/juplight_gal.jpg).



.Slika 11.: Snimka udara munja na Saturnu

koje su munje odaslale. Snimka iz studenog 2009. prikazuje oblak veličine oko 3200 km, dok su područja koja goleme munje obasjavaju promjera oko 300 km. Prema uhvaćenim zračenjima, ocijenjeno je da su energije Saturnovih munja i do tisuću puta snažnije od tzv. supermunja (pozitivni udari iz gornjeg sloja oblaka) na Zemlji.

Na Veneri, Uranu i Neptunu vjerojatno ima pojava munja, što je tek djelomično potvrđeno. Za pojave munja na Marsu i Saturnovu mjesecu Titanu postoje tek nagađanja, dok se pojava munja na našem Mjesecu, planetu Merkuru i malom planetu Plutonu smatra nemogućom.

U svakom slučaju, mnoge navedene pojave nisu do kraja objašnjene pa slijedi puno posla da se sve to teorijski i praktično istraži.

Literatura

- [1] Hasse, Wiesinger, Zischank: *Priručnik za zaštitu od munje i uzemljenje*, prijevod 5. izdanja, Kigen, Zagreb, 2009.
- [2] Wikipedia, *Upper-atmospheric lightning*, (stranica Patuljci – u nešto kraćoj hrvatskoj inačici)
- [3] *Observation of the Optical and Spectral Characteristics of Ball Lightning*, Physical Review Letters 112, 1/2014.
- [4] <http://lightning.nsstc.nasa.gov>
- [5] Yoav Yair, *Lightninig on Earth and other planets...*, IDC Herzliya, Israel, 2010.

Unusual Atmospheric Discharges

Ernst Mihalek

Abstract: A few types of atmospheric discharges are presented which are directly or indirectly in relation to lightning discharges during thunderstorms and other atmospheric appearances, e.g. discharges in volcanic clouds and tornadoes. For the sake of common interest, some appearances on other planets are mentioned.

Key words: unusual lightning, discharges in high atmosphere, ball lightning, lightning on other planets

4.

Tehnika i društvo

Zvonko Benčić

Osamljeni tehničari ne mogu riješiti krizu društva

*The crisis deepens. Everyday life is plundered
as much as physical environment.
Our predicament points us toward the solution.
The voluntary abandonment of the industrial mode
of existence is not self-renunciation, but a healing return.*

Kriza se produbljuje. Svakidašnji život je poharan
kao i fizički okoliš.

Naše teško stanje ukazuje na rješenje.
Dobrovoljno napuštanje industrijskog načina života
nije samoodricanje, nego spasonosno vraćanje.

filozof i anarhist John Zerzan (r. 1943.)

Sažetak: Povijest zapadnog svijeta u zadnja dva stoljeća pokazuje da su se krize pojavljivale gotovo periodično, u razmacima od od 40 do 60 godina. Zanimljivo je primijetiti da ritam kriza podsjeća na ritam biološkog života čovjeka. Izlazak iz krize uvijek je bio povezan s nekom inovacijom na području materijalike, energetike i informatike. Zadnja kriza započela je 2008. godine. Ta kriza je povijesna kriza jer se trenutačno ne sagledavaju bitno novi materijali, novi izvori energije i nova tehnologija informatike. Nedvojbeno je došlo vrijeme da se pronade nova paradigma društvenog sustava, a nju ne mogu pronaći, postaviti i provesti osamljeni tehničari. Nužna je suradnja svih struka: od teologa, političara, pravnika, ekonomista... pa sve do umjetnika.

Ključne riječi: kriza društva, Kondratjevljevi ciklusi

Uvod

Putujući prema Genovi, u suprotnom smjeru išle su stotine kamiona kontejnera. Palo mi je na um virtualno pitanje: “Ako bih kojim slučajem znao da treba smanjiti kamionski promet, kako bih to proveo?”

Od koga zatražiti promjene ako ne mogu prepoznati *stvarne ljude* koji podupiru kamionski prijevoz? Od koga zatražiti promjene ako ne mogu prepoznati *stvarne ljude* koji podupiru sablasnu logiku kapitala?

Teškoću identificiranja *stvarnih ljudi* izrekao je Slavoj Žižek (slovenski filozof i teoretičar psihoanalize, rođen 1949.) u knjizi *O nasilju* (Naklada Ljevak, Zagreb, 2008.) ovim riječima: “Upravo u tome počiva fundamentalno sistemsko nasilje kapitalizma, neugodnije od bilo kojeg izravnog društveno-ideološkog nasilja u razdoblju prije nastanka kapitalizma: ovo nasilje više nije moguće pripisati konkretnim pojedincima i njihovim ‘zlim’ namjerama, jer ono je u cijelosti ‘objektivno’, sistemsko, anonimno.” Sablasni duh tog kapitala slijedi svoj put ne obazirući se na humanost ili probleme zaštite okoliša.

Inženjeri na svojim stručno-znanstvenim skupovima ne uspijevaju identificirati *stvarne ljude*. Od trijade: donošenje zaključka, utvrđivanje mehanizama provedbe zaključaka i identificiranje osoba (institucija) koje će provesti zaključke zaustavili su se na prvom koraku: na donošenju zaključaka. Riječ je o ortodoksnom (tj. istinskom) voluntarizmu.

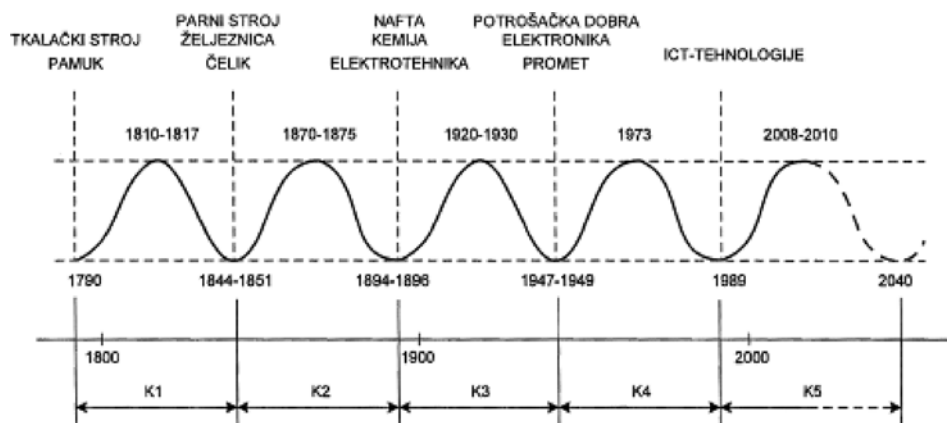
Unatoč tim uzaludnim stručno-znanstvenim skupovima, ne treba šutjeti. Treba zamjećivati ljudsku bijedu i ekološke probleme; neprekidno ukazivati na povećanje siromaštva i povećanje onečišćenja okoliša, posebice u Hrvatskoj. Sve više treba sustavno misliti, ne na razini tehnike, nego na razini tehnologije (tehnologija je sveobuhvatna znanost o isprepletenosti tehnike, gospodarstva i društva).

Nedvojbeno je došlo vrijeme da se zapitamo trebamo li novu paradigmu življenja. Thomas Kuhn (američki povjesničar i filozof znanosti, 1922. – 1996.) kaže da nove paradigme kvantno mijenjaju svijet. Siguran sam da se popravljanjem postojeće paradigme ne da ništa učiniti. Danas, za ekonomiste i političare nije važna stvarnost nego samo zdravstveno stanje kapitala. Zar to ne pokazuju i naši stručno-znanstveni skupovi čije zaključke ekonomisti i političari vjerojatno čitaju, ali ne uvažavaju.

Nužan je civilizacijski pomak u znanosti, tehnici, kulturi i društvu. Nužan je pomak od disparatnog k integrativnom mišljenju, ili kako to danas hrvatski bioetičari nazivaju, pluriperspektivnom mišljenju. Potrebno je naučiti kako se na Zemlji može živjeti bez njezina uništavanja. Potrebno je razviti holističko mišljenje, odnosno holističku svijest.

1. Kondratjevljeva teorija

Kondratjev je ustanovio da se konjunktura kapitalističke privrede od kraja XVIII. st. do početka XX. st. mijenjala periodično s razmakom od 40 do 60 godina (srednja vrijednost: 50 godina). Do tog je zaključka došao analizom dinamike kretanja cijena, kamatnih stopa, nadnica, vanjske trgovine, prometa te proizvodnje i potrošnje. Tako je postavio teoriju o dugim ciklusima kretanja kapitalističke privrede (tzv. Kondratjevljevi dugi valovi ili K-valovi), koji se očituju u smjeni rasta i pada konjunktura. Svaki val ima vrijeme *rasta* (prospeziteta, ekspanzije), *stagnacije* (kolapsa, oko maksimuma), *pada* (recesije) i *depresije* (oko minimuma). Početak rasta svakog K-vala pada u vrijeme velikih promjena uvjeta privređivanja.



Slika 1.: Shematski prikaz zapadne ekonomije prema Kondratjevljevoj teoriji dugih ciklusa konjunktura

Slika 1. prikazuje pet K-valova. Prva dva vala analizom prošlosti potvrdio je Kondratjev. Treći i četvrti K-val potvrdila su zbivanja u XX. st. Peti K-val je prognoza: rezultat je vrlo pesimistički – do otprilike 2040. godine trajat će recesija koja će završiti depresijom.

2. Vjerodostojnost Kondratjevljeve teorije

Povjesničar Eric Hobsbawm u knjizi *Doba ekstrema* (izvorno: *The Age of Extremes*, objavljeno 1994.) na tri mjesta spominje ekonomista Kondratjevljeva (str. 82, 232, 484), te piše:

“Ranih dvadesetih godina dvadesetog stoljeća ruski ekonomist, N. D. Kondratjev, kasnije jedna od prvih žrtava Staljinovog režima, prepoznao je obrazac gospodarskog razvoja od kasnog osamnaestog stoljeća kroz serije ‘dugih valova’ od pedeset do šezdeset godina. No ni on, ni itko drugi nije mogao dati zadovoljavajuće objašnjenje tih pokreta, pa su zato skeptični statističari čak nijekali njihovo postojanje. Ti su valovi od tada u stručnoj literaturi poznati pod njegovim imenom. Kondratjev je, uzgred rečeno, zaključio da je došlo vrijeme u kojem se može očekivati opadanje trećeg vala svjetskog gospodarstva. Bio je u pravu.”

“To da su se dobra predviđanja na temelju Kondratjevljevih dugih valova pokazala mogućim – što nije česta pojava u ekonomiji – uvjerilo je mnoge povjesničare, pa čak i neke ekonomiste, da ima nešto u tim valovima, iako ne znam što.”

“Ako ima ičeg u Kondratjevljevoj periodizaciji, svjetsko bi gospodarstvo trebalo stupiti u još jednu eru prosperitetne ekspanzije prije kraja tisućljeća, iako bi to na neko vrijeme moglo biti ometano popratnim učincima raspadanja sovjetskog socijalizma, padanjem dijelova svijeta u anarhiju i rat s možda i pretjeranom predanošću slobodnoj trgovini, kojom su skloniji zanimati se ekonomisti nego ekonomski povjesničari.”

Nedavno, 2001. godine, Tessaleno Devezas (rođen 1946.), brazilski fizičar i znanstvenik koji se bavi sustavima, objasnio je postojanje K-valova i njihovo trajanje. Poboljšanu teoriju zasnovao je na tzv. modelu generacijskog učenja. Njegova teorija kaže da trajanje jednog K-vala iznosi približno dvije generacije (oko 60 godina).

Moje je obiteljsko iskustvo da prva generacija sinergijski stvara, druga generacija održava, a treća generacija individualno troši stvoreno. Ja ću jedva održati ono što je moj otac duhovno i materijalno stvorio.

Rijetke su obitelji koje kroz više generacija napreduju. Takva je bila obitelj fizičara i matematičara Bernoulli. Započinje s dvojicom braće: Jakobom (1654. – 1705.) i Johannom (1667. – 1748.). Johann je imao tri sina: Nicolausa (1695. – 1726.), Daniela (1700. – 1782.) i Johanna II (1710. – 1790.). Tu je i nećak Jakoba i Johanna: Nicolaus II (1687. – 1759.). Johann II imao je također tri sina: Johanna III (1744. – 1807.), Daniela II (1751. – 1834.) i Jakoba II (1759. – 1789.). Daniel II imao je sina Christopha (1782. – 1834.), a Christoph sina Johanna Gustava (1811. – 1863.). Dakle, ukupno pet generacija, od 1654. do 1811. (srednji vremenski interval između generacija je 31,4 godine). Obitelj Bernoulli najpoznatija je po Bernoullijevu teoremu i Bernoullijevoj nejednadžbi (Jakob), Bernoullijevoj diferencijalnoj jednadžbi (Jakob i Johann), Bernoullijevoj jednadžbi (Daniel) i po petersburškom paradoksu (Nicolaus).

3. Što nas očekuje prema Kondratjevljevoj teoriji?

Kondratjevljeva teorija predviđa da razvoj teče u valovima, da val traje oko 50 godina i da početak vala pada u vrijeme velikih promjena uvjeta privređivanja. Teorija ne kaže o kakvim je promjenama privređivanja riječ, zato nema elemente povijesnog proročanstva, nema elemente povijesnog ili razvojnog zakona koji omogućuje proricanje čovjekove sudbine (tzv. historicizma).

Karl K. Popper (1902. – 1994.), britanski filozof austrijskog podrijetla, u djelu *Otvoreno društvo i njegovi neprijatelji* (KruZak, Zagreb, 2003.) (Jeste li čitali tu knjigu kad niste smjeli?) u uvodu prvom dijelu piše: "Budućnost ovisi o nama, dok mi ne ovisimo ni o kakvoj povijesnoj nužnosti." Također, kršćanski svjetonazor ne priznaje sudbinu, čovjek u suradnji s Bogom određuje svoju budućnost (kršćanski svjetonazor tvori otvoreni sustav).

Nalazimo se u intervalu petog K-vala. Nedvojbeno je nakon 2008. godine došlo je do recesije. Sve stroži zahtjevi za zaštitu okoliša pogodovat će recesiji. Kondratjevljeva teorija predviđa da će tek oko 2040. godine započeti interval prosperiteta. Generacija koja sad završava škole 3/4 karijere radit će u intervalu recesije. Zar je to moguće?

4. Mišljenja o uzrocima recesije (krize)

Većina mojih kolega nema mišljenje, nego odgovara protupitanjem: "Znate li bolji društveni sustav od neoliberalističkog? Taj sustav jamči najveći mogući napredak." Ne mogu ništa odgovoriti, jer misle da pripadaju društvenoj eliti.

Ljubomir Antić (r. 1946., povjesničar, profesor na Hrvatskim studijima Sveučilišta u Zagrebu) piše:

"Ono što se može uočiti bez formalnog znanja o ekonomiji jest da ova kriza nije posljedica tek nečijih grešaka, nego načina života i preferencija suvremenoga čovjeka te će stoga trajati dugo i barem se još neko vrijeme produbljivati." (*Vijenac*, 26. siječnja 2012.)

Anđelko Milardović (r. 1956., profesor na Hrvatskim studijima Sveučilišta u Zagrebu) piše:

»Današnje psihologiziranje ili čak psihijatriziranje pojma kriza nije ništa drugo do li instrumentaliziranje u funkciji prikrivanja slabosti, promašaja i pokvarenosti aktera materijalističke civilizacije." (*Vjesnik*, 8. siječnja 2009.).

Duško Miličić (r. 1934., umirovljeni profesor Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu) pita se:

Tablica 1.: Kondratjevljevi dugi ciklusi konjunktura

K-val	Doba	Period	Karakteristična inovacija	Kolaps
1	Prva industrijska revolucija	oko 1800. – 1850.	tkalački stroj, industrija zasnovana na preradi pamuka	od 1810. do kraja napoleonskih ratova
2	Druga industrijska revolucija	oko 1850. – 1900.	parni stroj; npr. željeznica, brodovi, teška industrija	1870-te godine (od 1850. do 1873. je tzv. viktorijski bum)
3	Treća industrijska revolucija	1908. – 1947.	nafta, električna energija; npr. motor s unutarnjim izgaranjem, električni motor	1920-te i 1930-te (kriza između dva svjetka rata)
4	Doba nakon Drugog svjetskog rata	1947. – 1991.	potrošačka dobra, elektronika	1973.
5	Sadašnje doba	1991. – do danas	internet, mobilne tehnologije, biotehnologije i sl.	2008. godine

“Je li nužno raditi bilo što, pa i štetno, samo da bi se moglo jesti i uživati. Taj ustroj društva u cjelini nema smisla. Ili ga ima kako bi nas se reduciralo tisuću put u povijesti pa da bismo se popunjavali zamecima iz epruvete koji će možda biti pametniji.” (*Vjesnik*, 12. ožujka 2012.)

Zlatko Miliša (r. 1958., profesor Sveučilišta u Zadru) pesimistički piše:

“Ostat ćemo bez svega. Brojne zemlje u tranziciji, kao i one koje su tek ušle u Uniju, koje su nekad živjele od vlastite proizvodnje, ribarstva, poljoprivrede, sad sve uvoze iz Unije i sve se više zadužuju. Sve prema pomno razrađenu scenariju.”

ali optimistički zaključuje:

“Kraj ove civilizacije može biti iskorak prema humanijoj budućnosti” (*Vjesnik*, 16. ožujka 2012.)

Vesna Krmpotić (r. 1932., književnica) u jednom intervjuu kaže:

“No vjerujem da će se stvari promijeniti, da će se pojaviti jedna opća i svesrdna suradnja, shvaćanje da će tebi biti dobro samo ako je i drugima dobro. Dakle, nova vizija, novi odnosi. Sada smo očito svi zaraženi virusom materijalne dobiti. Zato nam je ponuda EU privlačiva. Zato smo i mi privlačivi EU. No to nije valjan razlog za istinsku slogu.” (*Vijenac*, 16. prosinca 2012.)

Osobno ne vjerujem da je natjecanje pokretač napretka, pogotovo natjecanje stimulirano novcem. Želja za znanjem je unutar čovjeka, a ne izvan čovjeka. Smiješno mi je kad vidim svoje kolege kako sjede u sobama okićenim diplomama i priznanjima.

5. Što poduzeti?

Teorija determinističkog kaosa uči da napredovanje bilo kojeg sustava (npr. tehničkog, biološkog) ovisi o toku energije, informacije i tvari. Elektronički učinski pretvarač upravlja tokom električne energije u skladu s informacijom na svojem informacijskom ulazu. Dijete na njihaljki savija noge (tok energije) u točno određenim kutnim položajima njihaljke (tok informacije). Država napreduje ako troši energiju (zato SAD nije potpisao Kyotski protokol), ako prima informacije i ako tvar pretvara u hranu i robu.

Shematski prikaz Kondratjevlevijevih dugih ciklusa konjunktura svjetske ekonomije pokazuje da se počeci K-valova podudaraju s promjenama u toku energije, informacije i tvari. Prvi val započinje primjenom pamuka (tvar), drugi primjenom parnog stroja (energija), treći primjenom nafte i elektrike (energija), četvrti masovnom proizvodnjom potrošnih dobara (tvar) i peti uvođenjem informacijsko-komunikacijskih tehnologija, tzv. ICT-tehnologija (engl. *information and communication technologies*) (informacija).

Šesti val mogao bi se pokrenuti pronalaženjem novog izvora energije (npr. fuzijske elektrane). Dopunski izvori energije (npr. sunčane, vjetrene i geotermalne elektrane) vjerojatno ne mogu sami riješiti problem recesije u petom valu, nego ih treba kombinirati sa *zahvatima u društveni sustav*. U biti, društveni sustav nije se promijenio od antičke Grčke i Rima. Ruski književnik i nobelovac Aleksandar Solženjicin (1918. – 2008.), u *New York Timesu* od 28. studenog 1993. napisao je:

“Ako je ovozemaljski ideal socijalizma-komunizma propao, problemi koje je trebalo riješiti su ostali: besramno korištenje društvene prednosti i pretjerana moć novca što često usmjerava sam tijekom događaja. A ako globalna lekcija dvadesetog stoljeća ne posluži kao ljekovito cjepivo, onda se golemi crveni vihor može u potpunosti ponoviti.”

Zaključak

Znanstveno-tehnički proces razvoja putem neprekinutog povećavanja protoka energije, informacije i tvari kroz okamenjeni društveni sustav ne može se nastaviti *ad infinitum*. Četvrtim K-valom započeo je potrošački besmisao i samoisprpljivanje. Stalno se traži veća proizvodnja i potrošnja (protok tvari), veća

proizvodnja energije (protok energije) te brža i veća proizvodnja informacija (protok informacija). Dok protok tvari i protok energije nagriza prirodu (tzv. ekološka bomba), protok informacija nagriza čovjeka (tzv. informacijska bomba). ICT-tehnologije tjeraju nas na ubrzavanje života do suludog samoiscrpljivanja. Ne da je liberalni kapitalizam lud, on je potpuno lud i vodi konačnom uništenju ljudi na Zemlji iscrpljivanjem prirode.

Prihvatljiva budućnost ne može biti nastavak prošlosti. Postoje znakovi da smo došli, ne do recesije petog K-vala, nego do točke povijesne krize. Društveni sustav u kojem živimo u stanju je uništiti prirodu (tj. materijalnu osnovu života) i čovjeka (tj. privatnu osnovu života). Nedvojbeno je došlo vrijeme da pronađemo novu paradigmu društvenog sustava. Američki filozof i fizičar Thomas Kuhn kaže da nove paradigme skokovito (kvantno) mijenjaju svijet.

Zaključit ću rečenicama Erica Hobsbawma kojima je završio knjigu *Doba ekstrema*:

“Ako čovječanstvo ima budućnost koja se može spoznati, ona ne može biti produžavanje prošlosti i sadašnjosti. Ako novo tisućljeće pokušamo stvoriti na tim temeljima, ne ćemo uspjeti. A cijena tog neuspjeha, što će reći, alternativa promjeni društva, je tama.”

Technicians Alone Cannot Resolve a Social Crisis

Zvonko Benčić

Abstract: The history of the Western world of the past two centuries shows that crises have occurred almost regularly, every 40 to 60 years. It is interesting to note that the rhythm of crisis is reminiscent of the biological life of man. The end of a crisis has always been linked with a new innovation in the field of materials, energy or information science. The last crisis began in 2008. That crisis is historic, because at the moment we cannot see any significantly new materials, new sources of energy or new information technology. The time has undoubtedly come to find a new paradigm for our social system. Technicians cannot find, establish and implement a new paradigm alone. Cooperation between all professions is necessary: theologians, politicians, lawyers, economists... even artists.

Key words: social crisis, Kondratiev waves

Aleksandar Lutkić

Moral i biokemija

Sažetak Kako to ja, kao biokemičar, gledam na dodir morala sa svojom strukom? Upravo su me to i tako pitali. Jer, biokemija se bavi proučavanjem bioloških tvari i procesa, kemijskih promjena tih tvari u živom organizmu, a moral je filozofska kategorija koja objedinjuje logiku, etiku, estetiku, metafiziku i epistemologiju, da kažemo učeno. I taj dakle moral daje nam (kako u kojoj sredini) standarde i pravila ophođenja među nama smrtnicima u kratkom boravku u ovom našem malom svemiru, već prema učenju i zahtjevima i običajima rečene sredine, što je pravo a što nepravo, posebice što je grijeh.

Ključne riječi: biokemija, moral, etika, neoliberalizam

Uvod

Ovdje se naziru i temeljne značajke tih dvaju aspekata ljudske predanosti a to je da biokemija, kao prirodna znanost proučava što se i kako odigrava u materijalnom svijetu živih organizama, a moral kao odvajetak filozofije iskazuje uzroke i zakone stvarnosti, osvjetljuje načela postojanja, ophođenja i pravoga i nepravoga. Jest da su nazori takvog morala podložni i promjenama, ali su od drevnih vremena poštivani u danoj sredini već prema tome kad ih je i koja sredina kreirala i usvojila.

I dok se biokemičar trudi svim silama, jer tako su ga učili, da istinito i reproducibilno prikaže rezultate svojeg djelovanja, za filozofa se bez zamjerke može reći da mu je djelatnost kao vrtnja kaleidoskopa i u tome ima, uz nenadmašnu šarolikost, i ljepote o kojoj će sad biti riječi.

1. Međuodnos prirodnih znanosti, umjetnosti i morala

Za razliku od prirodne znanosti (u ovom primjeru biokemije) koja proučava i opisuje neprekidni dinamički protok stalnih promjena, izgled i svojstva i mijene svake pojedine materijalne međufaze, moral (filozofski) pak ima sličnosti s umjetnošću jer umjetnik stvara svoj unikatni uradak, kao što i filozof fermentira i kreira svoj stav i doživljaj pa onda obznani svoj pogled na stvari, njihove međuodnose i svoje viđenje stvarnosti. Pritom je umjetnik uvjerljiv i propitkuje promatrača postavljajući mu pitanja o njegovu doživljaju.

Umjetnik može biti likovni, slikar ili skulptor (u grafičkom ili plastičnom mediju), muzički kompozitor ili reproduktivac, koji dakle imitira, mijenja, nadomješta ili kreira obličja, boje, pokrete tijela ili drugih elemenata (balet) na način da zamjećuje i utječe na osjećaj lijepog, na doživljaj prirode, pa i na protivnost prirodi, slijedi zatim literarno stvaralaštvo, vještina pisanja pisama, pa umijeće, gluma, ples, balet, pantomima i sve to stvara svoju verziju umjetničkog djela, doživljaja i osjećaja i ugođaja ljepote i sveukupnog dojma.

2. Međuodnos društvenih vrijednosti i morala

Zamišljivo je nazirati paralelni sustav vrijednosti rada jer bi, recimo, trebalo postaviti da rad sam po sebi vrijednost nije ako nema društvenog priznanja. Tada nevrijednosti postaju vrijednosti. Djeca vide da uobičajeni sustav vrijednosti ne funkcionira. Odmah vide i da nema odgovornosti, jer odstupanja od sustava nisu sankcionirana s obzirom na to da nema kazni. Tako nastaje sukob tih društvenih vrijednosti. Uništavaju se i najbolji moralni sadržaji krivim predočavanjem. Odgoj djece vezan je za izgradnju moralnog identiteta pa se obistinjuje tvrdnja da je lako poginuti za načela, a teško živjeti s njima.

3. Međuodnos biokemije i morala

Da još malo bacimo pogled na relacije i dodirne točke biokemije s moralom. Bojim se da je prva pomisao svakodnevnog čovjeka da su kemičari silno štetni sa svojim kemijskim tvarima kojima nas truju no ipak, ponešto i priznaje – da su kemičari dali i mnoštvo lijekova koji su korisni ljudima u liječenju bolesti. Pa onda, suvremena poljoprivreda troši znatne količine kemikalija pri obradi i poboljšavanju usjeva i nasada; za poboljšavanje kakvoće hrane, uzgoj domaćih životinja jednako tako ide s potrošnjom lijekova za liječenje bolesnih

životinja te sa sasvim različitim tvarima što se troše za poboljšavanje kakvoće proizvoda u uzgoju domaćih životinja, mahom na farmama.

Dodajmo još i pojavu genetski modificirane hrane za što još nitko ne zna ima li i kakve dugoročne posljedice na ljudsko zdravlje. Sve su to dodiri biokemije s moralom gdje mnoge zasade bivaju kritizirane, s razlogom i bez razloga. Ima, dakle, ozbiljnih i dobrohotnih kritika, a ima i zaista zlonamjernih. Povrede etičkih načela i normi nisu rijetke.

Ista Europska unija kojoj mnogi upućuju prigovore za brojne grijehe donijela je posredovanjem svoje Agencije za kemikalije (European Chemicals Agency – ECHA) Uredbu o prometu svih kemikalija što se rabe u proizvodnji hrane, pića, odjevnih predmeta, sredstava za čišćenje i onda s mjerama opreza i uputama za zaštitu ljudskog zdravlja i okoliša. Pravo pitanje zapravo glasi: Je li uputno prihvaćati moderne inovacije ili se njima suprotstavljati?

4. Međuodnos neoliberalizma i morala

U današnje doba neoliberalizma mnoge su zakonitosti i relacije izmijenjene, pa premda sociološke značajke svakodnevice stalno bivaju mijenjane utjecajem nekih često mračnih silnica kojima jedva primjećujemo pridolazak jer se često ne stvaraju na našem tlu, a ipak razborit građanin uočava posljedice koje nastupaju njihovim pridolaskom pa se pita kamo vodi bezidejnost, kaotičnost, besperspektivnost hrvatskog društva i osjeća da mu se srozava svijest o dostojanstvu i nada da će se nešto poboljšati. u moralnoj svijesti. Gasi se važna humana poruka o shvaćanju jedinstva čovjeka s prirodom, i u egzistencijalnom i u epistemološkom smislu. Ta humanizacija istraživanja prirode biva danas sudbinska, kad primjena znanosti i razmahane tehnologije, pod vodstvom profita, vojnih ciljeva i birokratskih planova, prijetu da opustoše Zemlju i unište cijeli ljudski rod. Je li cjelokupna zamisao Europske unije možda implicate usmjerena i naciljana na spašavanje čovječanstva?

5. Međuodnos morala i etike

Naše je doba sve manje moralno a sve više etično. Raspada nam se čovjek i zajednica. Što kaže o svemu tome filozof Ante Čović, etičar? Čitajte sami! (*Vijenac*, XIX, broj 443, 24. veljače 2011.). Profesor Čović navodi i literaturni izvor o bioetici američkog biokemičara Vana Rensselaera Pottera u dvjema njegovim knjigama, *Bioetika: most prema budućnosti* (1971.) i *Globalna bioetika: zasnivanje na Leopoldovu nasljeđu* (1988.). Bioetika, kaže prof. Čović,

obilježava nastup nove epohe u povijesti svijeta. Uz bioetiku razvijani su i drugi veliki etički projekti od globalne važnosti, Hans Küng, *Svjetski ethos za svjetsku politiku i svjetsko gospodarstvo* (1997.), koji se pojavio u Njemačkoj, a u Švicarskoj se je pojavio Peter Ulrich, *Integrativna gospodarska etika* (1997.). Profesor Čović drži da je etički preporod čovječanstva počeo s nastankom bioetike što je sve kulminiralo kad se taj rasplamsao na samom kraju prošlog stoljeća.

6. Međuodnos političara, bioetike i etike

U svojim razmišljanjima dolazimo do zamjećivanja uloge političara u našem društvu, jer oni daju smjer i ton svemu. Mi smo svi već odavno *izdresirani* da trpimo nasilje, a s druge strane, zadnjih pola stoljeća koštalo je svakog onog tko je uopće i pokušao načeti ulogu i ocjenjivanje političara. Jer, njima nitko ne smije ni slova prigovoriti. Nekakvog narodnog tribuna nemamo, zato ćemo ovdje sad pametno izostaviti bilo kakav razgovor o političarima. Sindikati laviraju kako ocijene da smiju i kako se dogovore s političarima, a novinari su sveznajući neznalice, prtljaju se u mnoge pojave, trude se dati dojam da sve vide, da su dobro upoznati sa svime pa to stalno gledamo i dalje ćemo gledati.

U pogledu odlučivanja sasvim letimice mogao bih dodati da se puk obavještava sredstvima dobro organiziranog javnog informiranja i gotovo da su radio i TV u službi politike. Emisije u kojima se slušatelji mogu javljati sa svojim komentarima, mišljenjem i prijedlozima vode oni koji ne daju nikome da završi rečenicu, nego ga prekinu i traže novog sugovornika.

Puku se obećava *šećerlema* (tur. slastica, bombon) Europske unije, crta se sjajna budućnost tipa med i mlijeko i oblaci uz stalne opomene da za to moramo nisko pognuti glavu jerbo mi smo jedan mali neprimjetan i beznačajan fenomen, kao *štrih* u povijesti Europe, pa eto, budimo sretni za zrak koji zasad još smijemo udisati. A drugi, sretniji od nas, sve će dobiti sad i odmah i bez uvjeta.

A naša svakidašnjica? Životni troškovi veći su nego u drugim zemljama, oni i stalno rastu jer su nam loši domaćini, penzije su odavno zamrznute, ali se ipak vidi da su se poneki bolje snašli pa su si uspjeli osigurati bolji život, sva-ka im čast! A za puk postoje rad na određeno vrijeme, uskrata zarade, ovrhe, prisilne naplate jer – neka se zna što je red! U davnim smo vremenima slušali o *legiji gladnih* kojom si je ondašnji *truli* kapitalizam osiguravao prevlast nad pukom, no danas o tome nema ni spomena. Danas nam je vodilica neoliberalizam koji nam se predstavlja kao napredak čovječanstva. Egzistencija pojedinca nije sigurna i taj može lako biti oglašen za državnog neprijatelja, heretika, urotnika, za slugu nekih sila.

Budući da Hrvatska gubi ingerencije nad vitalnim područjima društvenog života kao što su bankarstvo, energetika i komunikacije (što preuzimaju stranci), može se zamisliti da će uslijediti kraj hrvatske povijesti nakon što nastupi potpuna debilizacija nacije, istodobno s rasprodajom nekretnina kako je odobrio i požurivao *ekspremijer* Sanader. Jer, rasprodaja narodnog blaga očito je vrlo izdašna i unosna.

Da još jednom odstupim od najavljene problematike morala i etike samo ću dodati da smo mi evidentno podvrgnuti manipulaciji prilikom raznih izbora pa tako na referendum o pristupanju Europskoj uniji izlazi 43 % birača od čega 29 % glasuje za, a 14 % protiv. Zakon o radu bio je ismijan umjesto da ode na referendum. Pa onda, i svi drugi izbori raznih fela imali su nevjerojatne varijacije, Bože mi prosti! No, o tome nećemo. O glasovanju pokojnika i turista iz susjednih zemalja također nećemo. Bože sačuvaj! To jest pitanje morala, ali nije moje biokemije. Pa, ostaci starih vremena u liku petrificiranih kadrova iz pregaženih vremena i danas drže ključne pozicije. I to nije moja biokemija. Pa niti o tome nećemo. Političare koji se ulaguju Bruxellesu Zdravko Tomac naziva *bruxelleskom služinčadi*. Dnevni tisak služi se epitetom poslušnici dok u prvoprilskoj Poljoprivrednoj emisiji Hrvatskog radija 1. 4. 2012. rekoše da je tržište u nas kako hrvatski miljenici odrede.

7. Osnovne značajke bioetike i etike

Da još kratko sažmem dio najosnovnijih značajki bioetike i, naravno, dosadašnje *klasične* etike osvijetljeno toplim suncem zapadnog Balkana u pogledu aktualnih gibanja i događaja u ovom našem mediju, barem kako ih vidim svojim očima.

Sasvim uvodno je već rečeno da etika utvrđuje koji su to moralni standardi po kojima se onda prosuđuje kakvo je stanje moralne svijesti i opisuje kakve su forme ponašanja u određenoj zajednici i određenom trenutku te zajednice. Tvrdi profesor Čović da je hrvatsko društvo u akutnoj fazi raspadanja čovjeka i zajednice. Jer, neznani su činitelji destruirali najosnovnije dimenzije strukture društva i mnoge fasete¹ te strukture, privredu, medije, društvene djelatnosti, umjetnički rad, školstvo, zdravstvo, mirovinsko osiguranje, svako na svoj način. Pristajem i na tvrdnju da je sve to etički procvat u svezi s najdubljom krizom u povijesti čovječanstva. Neću toliko živjeti da se u to uvjerim. Naravno da je znanstveni i tehnički napredak u bazi toga procvata. A motor *movens* je rečeni neoliberalizam na koji stalno čujemo prigovore, začudo iz SAD-a.

¹Ploha brušenog dijamanta ili kojeg drugog dragog kamena.

Zaključak

Dodat ću opservaciju iz blaga mudrosti starog njemačkog puka: *Alles ist besser geworden, nur eine Sache ist schlechter geworden – es ist Moral!* Ovdje ću dodati iskaz o dugotrajnim promatranjima u medicini, naime da istine u medicini ne traju dugo; uvijek se pojavi nova istina na njihovu mjestu da bi i ona doživjela istu sudbinu jednog dana; ali predrasude (ljepše rečeno neistine) žive vječno, prenose se s pokoljenja na pokoljenje dok ne postanu dogme.

Nerado ću iznijeti o ružnoj pojavi u biokemiji (sasvim sigurno i u drugim znanostima), a to je pojava krađe i prekrađe intelektualne svojine. Nju nije teško ustanoviti, sramotna je pa čak koji put izazove sukobe. U Njemačkoj sam čuo: *Das machen doch alle!* Još je gore izmišljanje znanstvenih rezultata koji nisu dobiveni nikako nego *papirometrijom* kako mi to nazivano. Molim čitatelja da mi to oprost. Da malo rastjeram oblake dopustite ove dvije pošalice:

- *We talk too much, love too seldom and lie to often.*²
- *We multiplied our possessions, but reduced our values.*³

Vre nigdar ni bilo da nekak ni bilo i tak nam vre ni nebu da nam nekak nebu!

Morals and Biochemistry

Aleksandar Lutkić

Abstract: How do I, as a biochemist, look at how morals affect my profession? That is precisely how they asked me the question, because biochemistry deals with the study of biological matter and processes, and chemical changes in those substances in living organisms, and morals are a philosophical category which unites logic, ethics, aesthetics, metaphysics and epistemology, to put it in scholarly terms. So these morals give us (depending on the setting) standards and rules of conduct amongst us mortals in our brief stay in this our little universe, according to the teachings, requirements and customs of that setting, of what is right and what is not right, and in particular what constitutes sin.

Key words: biochemistry, morals, ethics, neo-liberalism

²Pričamo previše, ljubimo prerijetko, a lažemo prečesto.

³Umnožili smo naše vlasništvo, ali smanjili smo naše vrijednosti.

5.

Tehnika i obrazovanje

Josip Moser

Značaj pojave serije knjiga “Novovjeki izumi” Matice hrvatske prije stotinu godina, posebno u elektrotehnici

Sažetak: Pokazan je sadržaj serije od pet knjiga pod zajedničkim naslovom Novovjeki izumi, koje je Matica hrvatska objavila od 1882. do 1925. godine. Posebna pozornost posvećena je dijelovima koji se odnose na elektrotehniku, a koji čine oko 55 % svih tekstova. Dan je i kratak prikaz poglavlja vezanog uz izum žarulje s volframovom žarnom niti.

Ključne riječi: izumi, Matica hrvatska, elektrotehnika, Kišpatić, Šah, Kučera, Plivalić, Božičević, Rossi, rasvjeta, istosmjerna struja, izmjenična struja, volframova žarulja, Hanaman, Kessler, Tesla

Uvod

Matica hrvatska utemeljena je 1874. kao slijednica Matice ilirske. Tijekom svoje 143 godine duge povijesti bila je i zabranjivana i obnavljana, prošla je niz bura i oluja. Naime, sredinom XIX. st. u preporodnim nastojanjima slavenskih naroda pojavljuju se društva kojima je svrha bila izdavanje knjiga za narod, da se time širi književnost i kultura. U Hrvatskoj je još 1836. u Zagrebu osnovana Čitaonica ilirska kako bi već 1842. započela izdavanjem knjiga. U prvi Odbor izabrani su ilirci Lj. Gaj, P. Štoos, A. Mažuranić, Lj. Vukotinović, V. Babukić, J. Vancaš. Kada je 1850. ilirsko ime zabranjeno, Čitaonica i Matica postaju samostalne, a Matica promjenom statuta 1874. godine postaje Matica hrvatska. Cijelo to vrijeme osnovna je svrha je bila izdavanje knjiga i njihov *ulazak* među hrvatski narod. Posebno su putem učitelja pučkih (osnovnih) škola i narodnih

čitaonica izdanja Matice stizala u svaki kutak gdje su živjeli Hrvati. Mnoge su knjige dosezale vrlo visoke naklade, čak i do nekoliko desetaka tisuća primjerala.

Matica hrvatska nije bila samo izdavač lijepe književnosti, beletristike, nego je tu bilo knjiga iz znanosti, umjetnosti te iz drugih područja. Tako se od 1882. pojavila serija od pet knjiga pod zajedničkim naslovom:

NOVOVJEKI IZUMI u znanosti, obrtu i umjetnosti.

Svaka knjiga imala je podnaslov, kao i predgovor. Prva knjiga objavljena je koncem 1882. godine, druga kao njezin nastavak 1883., zatim slijedi dulja stanka te je treća knjiga izašla 1910., četvrta 1913., a zadnja je objavljena 1925. godine, premda je bila u planu izdanja za 1923. godinu. Dakle, pokriveno je razdoblje od gotovo 43 godine. Svaka knjiga imala je dva ili više autora koji su obradili sva tad poznata tehnička područja. Zanimljivo je, kad se zbroje sve stranice tiskanog teksta, ima ukupno 1498 stranica s ukupno 619 slika. Ako iz sadržaja izdvojimo tekstove koji se odnose na elektrotehniku, ustanovit ćemo da je riječ o 791 stranici (gotovo 55 % teksta) i oko 400 slika. O svakoj od pet knjiga bit će poslije nešto detaljnije rečeno.

Svrhu izdanja i namjenu knjiga definira predgovor prvoj iz kojeg citiramo nekoliko misli:

“Matica Hrvatska podavajuć ovu knjigu svojim članom, koja opisuje: novovjeke izume u znanosti, obrtu i umjetnosti; nedvoji, da će ista i ‘Matičine’ članove i ostalo hrvatsko čitateljstvo zadovoljiti. U njoj će naći svatko, i radnik i poljodjelac, i trgovac i obrtnik, i mladić i djevojka, što će ih zanimati, naći će tu nauke, koja će im mnogu stvar u svagdanjem životu razjasniti. U ovoj knjizi se razpravlja o najzanimljivijih zadaćah, kojimi se je um ljudski bavio i sretno ih riešio, a kojih riešenje služi za uvijek na čast čovječjem geniju. Ovakove knjige posjeduju svi naobraženi narodi, te kao što su drugdje velika pomoć u obće prirodoslovnoj obuci, tako neće ni u nas biti od manje koristi. I pisac uvoda u novovjeke izume, i pisac ove prve knjige izuma trudili su se, da u što shvatljivijoj formi predoče sliku i ljudskoga razvoja i našega napredka u izumih u poslednjih vjekovih. ... nadalje za dalnje knjige izuma, koje kani Matica Hrvatska tečajem sliedećih godina prema potrebi i sabranom materijalu, koji moraju razni pisci obzirom na razne grane izuma priredjivati, izdati. Bio ovo u našoj književnosti i na tom polju dobar i sretan početak!”

S obzirom na to da je između prve i druge knjige serije proteklo 28 godina, a između četvrte i pete 12, autori su i u treću popratili predgovorom. Evo kako glasi:

“Nakon duže stanke izlazi treća knjiga ‘Novovjeknih izuma’, što ih je Matica Hrvatska prije mnogo godina zasnovala kao posebnu seriju izdanja u svojoj poučnih knjižnici. Odbor misli, da se odaziva živo osjećajnoj potrebi članova, ako pored redovitih poučnih izdanja Matice Hrvatske o različnim naukama proslijedi izdavanjem ‘Novovjeknih izuma’, u kojima bi se u kraćim člancima prikazivale novije tekovine, navlastito iz prirodne nauke i njezinih primjena. Kako su sada primjene elektricitete u središtu nastojanja, pak se te primjene naglo razvijaju i šire, posvetila je ‘Matica Hrvatska’ ovu knjigu posve nekim novijim pojavama i izumima na području elektricitete, među njima i jednomu izumu mladoga Hrvata. Prema sredstvima i odzivu zaredat će i drugi izumi, koji se u naše dane obilno javljaju u svim područjima.”

Evo i predgovora petoj knjizi koja je objavljena koncem 1925. godine, malo prije nego što je proradila prva radiostanica istočno od Beča, Budimpešte i Berlina, Radiostanica Zagreb:

“Nastavljajući nakon duže stanke svoje ‘Novovjekne izume’ (posljednja 4. knjiga izašla je g. 1913.), daje ‘Matica Hrvatska’ u ovoj 5. knjizi svojim članovima u ruke knjižicu, kojoj je svrha, da tek u najkrupnijim crtama opiše i razjasni osnovne uredbe jednog izuma posljednjih desetgodišta, koji je u najširim vrstama svih obrazovanih naroda pobudio zanimanje, kakvom do sada nema premca. Navlastito od časa, kada se je pokazalo, da se govor daje bez žica prenositi na velike daljine, nastalo je neobično gibanje najprije u Americi i Engleskoj, koje se brzo širi po čitavoj Evropi. Došlo je i do nas, pa se osjetila potreba, da se razumijevanje ovoga zaista velebnoga izuma što razumljivijim načinom ponese u široke vrste hrvatskoga naroda. Stvar baš nije lahka, pa i ova knjižica hoće da bude proučena i ne može biti čitana tek za zabavu. Literatura je o tom i stručna i popularno vanredno velika. Glavna su upotrebljena djela Graetza, Lertesa, Günthera i Fuchsa i dr., iz kojih su i slike uzete. Prvobitno je bilo zamišljeno, da se stvar izradi u knjizi dvostrukoga opsega. Prilike ne dadoše toga, pa je mnogo toga trebalo izostaviti, a ostalo što više stegnuti, a to nije na uhar razumljivosti. Hvala ‘Matici Hrvatskoj’, što je i u ovim teškim vremenima knjižicu lijepo opremila slikama, pa tim znatno pomogla razumijevanju stvari.”

Kako iz predgovora vidimo, obuhvaćene su brojne teme. Ipak, prednjače one iz elektrotehnike. Tako je u tih pet knjiga tiskano ukupno 1498 stranica teksta, od čega se 791 odnosila na elektrotehniku. Uz tekst je otisnuto ukupno 619 slika, tako da su teme postale vrlo razumljive. Dakle na gotovo 60 % teksta obrađene su teme iz elektrotehnike. To je razumljivo jer u rasponu od izdanja prve do pete knjige razvoj i primjena elektrotehnike i njezinih izuma doživljava vrlo velik razvoj. Zato je u knjigama opisano od osnova znanosti o elektricitetu i prvih spoznaja o istosmjernoj struji, do izmjenične struje i telefonije i radija.

1. Sadržaj pojedinih knjiga serije Novovjeki izumi

1.1. Knjiga prva – Novovjeki izumi

Knjigu iz 1882. potpisuju autori dr. Mijo Kišpatić i Ivan Šah. Šah je ujedno tvorac pojma *novovjeki izumi*, jer je svojem tekstu, na 263 stranice i 198 slika dao taj naslov. Kišpatić je, na 64 stranice, napisao *Uvod* u kojem je dao povjesni razvoj ljudske civilizacije od starih naroda Kine, Indije, Babilona i Egipta, te preko Grčke i Rima do svojeg doba. Posebno je istaknuo razvoj od sredine XVIII. do XIX. st., odnosno do tadašnje godine izdanja 1882. Mnogo su zanimljivija područja koja je obradio Ivan Šah. On je dao pregled onodobnog stanja 15 područja i to redom (po tad uobičajenom nazivlju):

- | | |
|--|----------------|
| 1. Magnet | 9. Zrakoplov |
| 2. Munjivo | 10. Razsvjeta |
| 3. Munjovod | 11. Ura |
| 4. Munjivna struja | 12. Parostroj |
| 5. Brzozjav | 13. Željeznica |
| 6. Telefon | 14. Parobrod i |
| 7. Mikrofon | 15. Lokomobil. |
| 8. Galvanoplastika i galvaničko posrebrivanje i pozlaćivanje | |

Kako se iz tema vidi, elektricitet i magnetizam i sve vezano uz elektrotehniku zauzima preko pola Šahova teksta. Svaka tema iz elektrotehnike obuhvaća između 15 do 25 stranica i vrlo su zanimljivo i jednostavno pisane. Šah je razumljivim jezikom upoznao široko čitateljstvo s mnogim stvarima koje se nisu učile u školama i za koje čitateljstvo u Hrvatskoj nije nikad čulo, pogotovo zato što je u to doba bilo vrlo malo školovanih ljudi. Većina stanovništva imalo je obično samo pučku školu, to jest, samo četiri razreda osnovne škole.

1.2. Knjiga druga – Novovjeki izumi

Druga knjiga izdana je 1883. godine kao nastavak prve. Autori su dr. Bogoslav Šulek, dr. Mijo Kišpatić i Ljudevit Rossi. Knjiga obuhvaća 515 stranica teksta i 165 slika.

Bogoslav Šulek obradio je prvi dio knjige koji obuhvaća sljedeće teme:

1. Papir (1 – 35)
2. Pismo (36 – 101) i
3. Tiskarstvo ili pečatnja (102 – 238).

Kišpatić (koji je očito bio *duša* prvih dviju knjiga, nešto što bi se danas zvalo glavni urednik), obradio je u drugom dijelu knjige sljedeće teme:

- | | |
|--|--|
| 4. Termometar i barometar | 5.2. Dalekozor (336 – 358) i |
| 4.1. Zrak (239 – 251) | 5.3. Sitnozor (358 – 374) |
| 4.2. Termometar ili Toplomjer
(251 – 282) | 6. Fotografija (375 – 403) |
| 4.3. Barometar (282 – 306) | 7. Glina i porculanača (403 – 439) |
| 5. Dalekozor i sitnozor | 8. Staklo (440 – 467) i |
| 5.1. Svjetlo (306 – 336) | 9. Puščani prah, puščani metak i
dinamit (468 – 478). |

Ljudevit Rossi u trećem je dijelu knjige obradio temu:

10. Ubojito oružje (476 – 515).

Dakle, u knjizi nema puno toga o elektricitetu, ali niz tema vrlo je zanimljiv i poučan.

1.3. Knjiga treća – Novovjeki izumi

Treća knjiga objavljena je 1910., s odmakom od 27 godina. Imala je podnaslov *Noviji električni pojavi i izumi*, te obasezala 285 stranica i 107 slika. Autori su bili dr. Oton Kučera, dr. Stanko Plivelić i prof. Juraj Božičević. Autori su smatrali da je potrebno čitatelje obavijestiti zašto se nastavlja serija te je napisan kratak predgovor, pogotovo što je izišla s velikim odmakom u odnosu na prve dvije. Predgovor smo citirali u prethodnom poglavlju referata, odmah iza općeg predgovora Mije Kišpatića.

Nakon predgovora (5 – 8) Kučera je napisao sljedeća poglavlja:

1. Atomi i elektroni (8 – 42)
2. Elektroni u stanju mirovanja: električni naboj (43 – 81)

3. Elektroni u gibanju: električna struja (82 – 110)
4. Elektroni u gibanju: jednaka električna struja; osnovni zakoni te struje (111 – 137)
5. Moderni izvori jednake električne struje: dinamo za jednaku struju (138 – 170)
6. Dinamo kao pogon ili elektromotor jednake električne struje: električno prenošenje radnje (171 – 195).

Dr. Plivelić obradio je poglavlje:

7. Električna vozila (196 – 258),

dok je J. Božićević obradio poglavlje:

8. Električni aparati Nikole Kesslera za sprječavanje nesreća na željeznicama (259 – 278).

Kučera je u dodatku nabrojio:

9. Najvažnije jedinice mjerenja (278 – 281).

Posebno je zanimljivo što je Plivelić opisao izume Nikole Kesslera za zaštitu od prometnih nesreća na željeznicama, koji su početkom XX. st. u Njemačkoj patentirani. Ti se patent (električne kočnice, signalizacija, spuštanje i podizanje brklji) uz manje inovacije koriste i danas. U knjizi obasežu dvadesetak stranica teksta i desetak slika. Kessler je rođen u Križevcima u Hrvatskoj, a kao student politehnike u njemačkom Postdamu istaknuo se svojim patentima. Izumio je signalizaciju za prolaz vlakova, prebacivanje skretanja, zvučno označavanje prolaza vlakova te spuštanje i podizanje brklji na prijelazima preko pruge, kao i električnu kočnicu vagona. Nikola Kessler poginuo je 1915. na bojištu u Galiciji. U Njemačkoj ga danas smatraju svojim izumiteljem, a da nema Plivelićeva teksta kod nas se o njemu ne bi znalo ništa.

Kako vidimo, treća knjiga posvećena je elektricitetu, a odnosi se uglavnom na istosmjernu (jednaku) struju.

1.4. Knjiga četvrta – Novovjeki izumi

Četvrta knjiga serije izišla je 1913., na 190 stranica i s 92 slike. Nosi naznak da je iz programa 1911. godine. Autori su dr. Oton Kučera i dr. Stanko Plivelić. Kučera je knjizi dao podnaslov *Najnoviji izvor jakih električnih struja: dinamo izmjenične struje*. Kučera je obradio ova poglavlja:

1. Osobite pojave i zakoni izmjeničnih struja (3 – 35)
2. Dinamo izmjenične struje, različni tipovi (35 – 53)

3. Osobiti učinci izmjenične struje (53 – 58)
4. Dinamo izmjenične struje kao motor (58 – 67) i
5. Dinamo izmjenične struje i električno prenošenje radnje (67 – 83).

Plivelić je svoj dio knjige nazvao *Električna rasvjeta* i obradio poglavlja:

1. Električne sijalice (83 – 93)
2. Električne plamene lampe (93 – 122)
3. Električne lampe sa živinim parama (122 – 136) i
4. Mooreovo električno svjetlo (136 – 139).

Na kraju knjige Plivelić je obradio posebno poglavlje:

1. Električni akumulator (139 – 190).

Kako vidimo, za razliku od treće knjige koja je cijela posvećena istosmjernoj struji (DC, ili kako su je tad zvali jednakoj struji), četvrta je posvećena izumima i pojavama izmjenične struje (AC). Zanimljivo je da među brojnim imenima u knjizi Kučera spominje, ali samo na jednom mjestu, Nikolu Teslu, jer je cijeli njegov tekst vezan uz Siemensov pristup izmjeničnoj struji. Vrijedno je citirati tu rečenicu: "Na tom planu svojim izumom obrtnog polja puno je doprinjeo u Americi i naš zemljak Nikola Tesla." Danas se možemo zapitati je li Tesla 1913. bio u Europi i u nas toliko nepoznat ili su koji drugi razložili što ga autori ne spominju. Čitajući tekstove, zaključujem da su autori bili toliko pod dojmom stručne literature iz Njemačke jer stalno citiraju izume tvrtke Siemens Halske, tako da nisu obraćali pažnju na dopirnos drugih, pa i Nikole Tesle.

Za razliku od Kučere, Plivelić je u *Električnoj rasvjeti* puno riječi posvetio Franji Hanamanu i otkriću volframove žarne niti i sijalicama sa žarnom niti. Nije ni čudo, jer Hanaman je bio Plivelićev učenik u gimnaziji.

1.5. Knjiga peta – Novovjeki izumi

Peta knjiga ima podnaslov *Telegraf i telefon bez žica*. U cijelosti je autor dr. Oton Kučera, a obaseže 183 stranice i 57 slika. Kučera je autor koji je napisao najveći dio svih tekstova te serije knjiga. Knjiga je objavljena 1925., premda nosi naslov izdanje za 1923. godinu, ali očito su Matičini financijski problemi odgodili izdanje.

Objavljena je malo prije nego je u pogon puštena Radiostanica Zagreb, prva javna radiostanica istočno od Beča, Budimpešte i Berlina. Kučera je nakon predgovora obradio sljedeća poglavlja:

1. Fizikalni pojavi i zakoni (8 – 49)
 - 1.1. Titranje (8 – 14)
 - 1.2. Valovi i zrake (15 – 22)
 - 1.3. Pojavi električne indukcije (22 – 26)
 - 1.4. Zakoni jednake i izmjenične struje (26 – 43) i
 - 1.5. Pojavi i zakoni elektronske cijevi (43 – 49).
2. Telegraf bez žica (TBŽ) (50 – 83)
 - 2.1. Hertzovi električni titraji i valovi (postaje šiljačice i postaje primalice)
 - 2.2. Daljnji razvoj postaja šiljačica
 - 2.3. Postaje primalice
 - 2.4. Utišani i neutišani titraji na postaji šiljačici
 - 2.5. Antene
 - 2.6. Daljnji razvoj postaja primalica
 - 2.7. Postaje šiljačice neutišanih valova
 - 2.8. Postaje primalica za neutišane valove cijevnih šiljača.
3. Telefon bez žica (84 – 102)
 - 3.1. Princip telefona sa žicama
 - 3.2. Princip telefona bez žica
 - 3.3. Shema moderne postaje šiljačice telefona bez žica
 - 3.4. Moderna postaja za primanje glasova i smetnje kod prenošenja glasova.

Kako vidimo, cijela je knjiga posvećena radiju i telefoniji, što je u ono doba bilo u žiži interesa, kao velika civilizacijska novost. Jasno je peta knjiga danas nije više u cijelosti aktualna jer ju je nadmašio brzi razvoj elektronike, ali u ono doba bez nje ne bi bilo toliko mnogo oduševljenih radioamatera u Hrvatskoj, a ne bi bilo niti takvog razumijevanja elektronike.

Sve su knjige iz niza Novovjeki izumi tijekom vremena dotiskivane ili izdavane kao pretisci, zato je teško ustanoviti koliki je bio ukupan broj tiskanih primjeraka, posebno pojedinih knjiga. Činjenica je da su znatno utjecale na povećanje tehničkih znanja u Hrvatskoj, posebno u elektrotehnici.

2. Primjer teksta iz spomenute serije knjiga

2.1. Plivelić o Hanamanovoj volframovoj sijalici sa žarnom niti

Kao ilustraciju tekstova u nizu Novovjeki izumi navest ćemo Plivelićev tekst i prepričati o izumu volframove sijalice iz četvrte knjige. Opis će prikazati kako su u seriji obrađena pojedina područja i izumi te se može uvidjeti stil tekstova. Posebno sam izabrao ovaj Plivelićev tekst jer se odnosi na opis izuma našeg Franje Hanamana. Citiram uvodne rečenice:

"Izum ove vrsti sijalica osobito je važan za razvitak moderne rasvjetne tehnike uopće, a napose električnog svjetla, jer se njome po mišljenju mnogih elektrotehničkih auktoriteta pronadjeno ono odavno traženo sredstvo, pomoću kojega će si električna rasvjeta prokrciti put i u najšire slojeve pučanstva, pa ćemo se s izumom tih lampa pobliže zabaviti. A ovo je za nas to zanimljivije, jer ovdje glavnu zaslugu ima Hrvat, inženjer kemije dr. Franjo Hanaman u Berlinu, moj negdanji izvrsni učenik na kraljevskoj velikoj realci u Zemunu."

Franjo Hanaman (Županja, 1877. – Zagreb, 1941.), s odličnim je uspjehom maturirao šk. god. 1894./1895. te upisao kemijski studij u Beču na Visokoj tehničkoj školi. Godine 1900. postao je asistent na Kemijsko-analitičkom zavodu kod profesora Vortmana. Tu je upoznao Slovenca dr. Aleksandera Justa, dvije godine starijeg kolegu s kojim će zajedno raditi. Saznavši za Auerova istraživanja s metalnim nitima, Hanaman i Just će od 1902. istraživati metale visokih tališta. Prema pisanju samog Hanamana, kojeg u svojem tekstu citira Plivelić, bilo je ovako:

"U ono doba bila su još nepoznata tališta od molibdena, wolframa, titana, urana, vanadija i torija. Ali od svih tih metala jedino je wolfram lako proizvodjat i to tih metala i to redukcijom njegova oksida s vodikom kod 700 – 800 °C, pa su njih dvojica odmah pomislili da će wolfram u tu svrhu biti najzgodniji. Sad je trebalo najprije stvoriti nit od wolframa za sijalicu, da se može njegovo talište i druga mu svojstva u vakuumu ispitati."

Prvi proces patentirali su u travnju 1903., ali pokazali su nespretnost jer nisu poznavali patentne prilike. Zatražili su samo patent za metodu za pravljenje volframa za električne sijalice, a ne za sam wolfram. Posljedice toga osjetili su kad je počelo istraživanje metoda za dobivanje volframove niti te se začas pojavio, osim Hanaman-Justove metode, još niz drugih.

Treba naglasiti da su Hanaman i Just započeli pregovore s tvrtkom Siemens i Halske u Berlinu, pokazavši da njihova žarulja ekonomski povoljno gori 300 sati. Budući da se nisu sporazumjeli, javila im se tvrtka Vereinigte Glühlampen und Elektrizitäts Aktien-Gesellschaft iz Újpesta kod Budimpešte, koja je počela proizvodnju te žarulje uz vrlo povoljne uvjete. Važno je naglasiti da je proizvodnja započela u veljači 1905., dakle, već dulje od stoljeća žarulja sa žarnom niti nalazi se posvuda, proizvodi na milijarde komada i osvjetljava naše živote.

Spomenimo da je nakon Prvog svjetskog rata Franjo Hanaman postao redoviti profesor kemije na Tehničkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, na kojem je osnovao Katedru za metalurgiju. Umro je 1941. obnašajući funkciju rektora Sveučilišta u Zagrebu, kao vrlo cijenjen i ugledan profesor.

Zaključak

Danas nam je jasno da je serija knjiga Novovjeki izumi značajno utjecala na razvoj razumijevanja elektrotehničke struke. Teško je utvrditi u kojoj je ukupno nakladi objavljena svaka od knjiga, jer su pojedine tijekom vremena dotiskivane, a bilo je i drugih izdanja, pa i pretisaka. Može se ocijeniti da je ukupno objavljeno oko 60 000 primjeraka cijele serije, što je, posebno za današnje prilike, vrlo velik broj.

Vrijedno je i danas povremeno prelistati te stranice, pogledati neke stvari koje su činile temelj iz kojeg se razvila danas opće raširena tehnika i posebno elektrotehnika koja je ušla u srž života suvremenog stanovnika Hrvatske.

Literatura

- [1] Mijo Kišpatić i Ivan Šah, *Novovjeki izumi, Knjiga prva*, Matica Hrvatska, Zagreb, 1882.
- [2] Mijo Kišpatić i Ivan Šah, *Novovjeki izumi, Knjiga druga*, Matica Hrvatska, Zagreb, 1883.
- [3] Bogoslav Šulek, Mijo Kišpatić i Ljudevit Rossi, *Novovjeki izumi – Knjiga treća – Noviji električni pojavi i izumi*, Matica Hrvatska, Zagreb, 1910.
- [4] Oton Kučera i Stanko Plivelić, *Novovjeki izumi – Knjiga četvrta – Najnoviji izvor jakih električnih struja: dinamo izmjenične struje*, Matica Hrvatska, Zagreb, 1913.
- [5] Oton Kučera, *Novovjeki izumi – Knjiga peta – Telegraf i telefon bez žica*, Matica Hrvatska, Zagreb, 1925.

The Importance of the Publication of the “Inventions of the Modern Era” Series of Books by Matica Hrvatska One Hundred Years ago, especially for Electrical Engineering

Josip Moser

Abstract: The contents are given of a series of five books under the joint title “Inventions of the Modern Era” which was published by Matica Hrvatska in the period from 1882 to 1925. Particular attention is given to the parts of the books relating to electrical engineering, which account for 55 % of the entire series. A brief presentation is also given of a chapter related to the invention of the light bulb with a tungsten filament.

Key words: inventions, Matica Hrvatska, electrical engineering, Kišpatić, Šah, Kučera, Plivalić, Božičević, Rossi, lighting, direct current, alternating current, tungsten light bulb, Hanaman, Kessler, Tesla

Tatjana Kren

Otpori uvođenju visokoškolske nastave tehnike u Hrvatskoj

Sažetak: U Zagrebu je 1874. otvoreno osuvremenjeno Kraljevsko sveučilište Franje Josipa I., čime su stečeni uvjeti za postupno uvođenje visokoškolske nastave tehnike u Hrvatskoj. Umjesto potpore javljaju se otpori ondašnje vlasti, nesklone razvitku Hrvatske. Također, neki sveučilišni profesori bili su neskloni uvođenju tehnike u Sveučilište, stoga je borba za uvođenje visokoškolske nastave tehnike u Hrvatskoj bila teška i dugotrajna.

Razmatrana su zbivanja u Hrvatskom šumarskom društvu u Šumarskom domu koja su 1898. dovela do osnivanja trogodišnje Kraljevske šumarske akademije (Akademija) u Šumarskom domu. Zbog otpora, Akademija je dva desetljeća ostala u privremenom statusu kao poseban odjel prislonjen uz Mudroslovni fakultet. Akademija je 1908. reorganizirana u četverogodišnju šumarsku visoku školu, ali i dalje kao poseban odjel. Bez obzira na sve okolnosti, Akademija je bila preteča svih tehničkih fakulteta u Hrvatskoj. Iz istovjetnih razloga nije osnovan tehnički fakultet u Hrvatskoj. Analizirani su napor Društva inženjera i arhitekata za osnivanje visokog tehničkog obrazovanja u Hrvatskoj. Kao jezgra visokog tehničkog obrazovanja godine 1908. osnovan je u Šumarskom domu dvogodišnji geodetski studij. Geodetski zavod bio je samostalan i privremen do osnivanja tehničkog fakulteta. Akademiju je 1919., nakon Prvog svjetskog rata, uspjelo ravnopravno uključiti u Sveučilište kao Gospodarsko-šumarski fakultet. Konačno je početkom 1919. osnovana i Tehnička visoka škola koja je 1926. postala Tehnički fakultet u sklopu Sveučilišta. Tehnički fakultet dalje se postupno razdvajao u zasebne tehničke fakultete.

Ključne riječi: Kraljevsko sveučilište Franje Josipa I. (Sveučilište), austro-garska vlada, Hrvatsko šumarsko društvo, Šumarska akademija (Akademija), Mudroslovni fakultet (Fakultet), Društvo inženjera i arhitekata, Geodetski tečaj (zavod), Fakultet za poljoprivredu i šumarstvo, Tehnička visoka škola, Tehnički fakultet

Uvod

Diplomom rimskog cara i ugarsko-hrvatskog kralja Leopolda I. iz 1669. isusovačkoj Akademiji koja je osnovana u Zagrebu priznati su status i povlastice. Nakon ukidanja isusovačkog reda 1773., Dekretom carice i kraljice Marije Terezije osnovana je Kraljevska akademija znanosti (*Regia scientiarum academia*) s Filozofskim, Bogoslovnim i Pravnim fakultetom [1]. U prvoj pol. XIX. st., uz ostale predmete u sklopu prirodne filozofije, predavana je i primijenjena matematika u koju su ulazile mehanika i geometrijska optika te arhitektura i hidrotehnika s hidrodinamikom. Predavana je i praktična geometrija odnosno geodezija [2]. Stoga začetke visokoškolske nastave tehnike u Hrvatskoj nalazimo već u sklopu filozofije na zagrebačkoj Akademiji. Bogoslovni fakultet prebačen je 1850. u središnje sjemenište u Pešti, a Filozofski fakultet ukinut, odnosno reformom školstva vraćen na srednjoškolsku razinu 7. i 8. razreda gimnazije te je sve do 1874. u Zagrebu djelovao samo Pravni fakultet [1].

U Zagrebu je 1841. osnovano Hrvatsko-slavonsko gospodarsko društvo, a 1846. njegova Šumarska sekcija, što se smatra početkom rada Hrvatskog šumarskog društva (dalje: HŠD). Kraljevsko gospodarsko-šumarsko učilište u Križevcima osnovano je 1860., što je bio velik napredak u odnosu na dotadašnje stanje, ali još daleko od visokoškolskog obrazovanja šumara i ostalih zainteresiranih za tehničke struke. Znanstveno-stručno glasilo Šumarski list, koji izlazi i danas,



Slika 1.: Sveučilište u Zagrebu

počeo je izlaziti 1877. godine. U Austriji su već 1870. svi politeznički instituti pretvoreni u visoke tehničke škole, a 1889. omogućeno je zakonsko izjednačavanje sa sveučilištima i mogućnost stjecanja doktorata znanosti. U Hrvatskoj je situacija bila bitno drukčija. Osvremenjeno Kraljevsko sveučilište Franje Josipa I. (dalje: Sveučilište) osnovano je 1874., a u njemu je počeo djelovati Mudroslovni (Filozofski) fakultet (dalje: Fakultet). Kraljevska zemaljska vlada (dalje: Vlada) donijela je 1877. Naredbu o ovlastima civilnih tehnika. Skupni pojam civilnih tehnika dijelio se na *civilne inženire, arhitekate, građevne mjernike, mjernike i zemljomjere*. Naslov *civilnog inženira* stjecao se diplomiranjem na visokoj tehničkoj školi ili akademiji likovnih umjetnosti izvan Hrvatske. Nakon donošenja spomenute Naredbe započela su u Hrvatskoj strukovna okupljanja pa je 1878. utemeljen Klub inženira i arhitekata. Od 1884. postaje Društvo inženira i arhitekata u Zagrebu, a od 1894. Društvo inženira i arhitekata u Hrvatskoj i Slavoniji (dalje: DIA). U okviru DIA-e započeli su dugotrajni naponi oko osnivanja tehničkog visokog školstva u Hrvatskoj [3].

1. Kraljevska šumarska akademija

Želja visokoobrazovanih hrvatskih šumarskih stručnjaka koji su diplomirali izvan Hrvatske, većinom na Šumarskoj akademiji u Mariabrunnu i Visokoj školi za kulturu tla u Beču, bila je sustavno organiziranje šumarstva i obrazovnih institucija te šumarske politike za dobro Hrvatske, kojom bi se izbjegao utjecaj šumarskih stručnjaka stranog podrijetla koji nisu vodili računa o dobrobiti hrvatskih šuma za Hrvatsku. Zakon o uređenju šumarsko-tehničke službe iz 1894. zahtijevao je od državnih činovnika obvezatno stjecanje diplome visoke škole te je bio dodatni poticaj za osnivanje takve škole u Hrvatskoj. Zalaganjem profesora na križevačkom učilištu, Frana Kesterčaneka¹ i banskog savjetnika Ive Mallina²,

¹Fran Kesterčanek (1856. – 1915.), šumarski stručnjak i jedan od osnivača suvremenog šumarstva u Hrvatskoj. Visoko obrazovanje stekao je na Šumarskoj akademiji u Mariabrunnu i Visokoj školi za kulturu tla u Beču. Predavao je na križevačkom učilištu. Nakon osnutka Akademije predavao je Uzgajanje šuma, Uporabu šuma, Čuvanje šuma, Šumarsku politiku, Šumarsku mehaniku tehnologiju i strojarstvo te Lovstvo. Smatrao je da obrazovanje šumara mora biti jednako kao drugih *akademski obrazovanih ljudi* i jednako obrazovanju šumara zapadne Europe. Bio je prvi pročelnik Akademije, urednik Šumarskog lista, upravitelj Šumarskog muzeja Hrvatsko-slavonskoga šumarskog društva, osnivač Hrvatskoga društva za gajenje lova i ribarstva te urednik njegova glasila.

²Ivo Mallin (1853. – 1907.), poljoprivredni stručnjak i pravnik. Imenovan je 1896. predstojnikom Narodnog gospodarskog odjela hrvatske vlade i promaknut za banskog savjetnika. Zaslužan je za donošenje Zakona o promicanju gospodarstva iz 1896. Organizirao je Božjakovinu kao pokusno poljoprivredno dobro. U agronomskoj literaturi vrijeme djelovanja Ive Mallina često se naziva Mallinovim dobom zbog postignutih velikih rezultata. Od 1860., kad je osnovano križevačko učilište pa do 1915., u Hrvatskoj se vrlo uspješno razvijalo poljodjelstvo, a pogotovo stočarstvo.



Slika 2.: Fran Kesterčanek

utemeljena je 1898. trogodišnja Kraljevska šumarska akademija (dalje: Akademija), u koju je uključen i šumarski odjel križevačkog učilišta. Uređena je po uzoru na trogodišnju Visoku šumarsko-rudarsku školu u Ščavnici³ u Ugarskoj. Prigodom osnivanja označena je *provizorijem naslonjenim na Mudroslovni fakultet* te se to privremeno stanje trebalo naknadno riješiti. U njoj su bile zastupljene i druge grane tehnike povezane sa šumarstvom te je Akademija dva desetljeća bila temelj cjelokupnoj hrvatskoj tehnici koja još nije uspjela ostvariti zasebnu visoku školu. Glavni osnivači bili su uvjereni kako će Akademija vrlo brzo postati samostalna visoka škola ili fakultet [3].

³Banská Štiavnica (njem. Schemnitz, mađ. Selmecebánya), grad u današnjoj Slovačkoj



Slika 3.: Zgrada Šumarske akademije u Šumarskom domu

1.1. Dugotrajni provizorij Kraljevske šumarske akademije

Akademija je bila najpovoljnije mjesto neposrednog djelovanja na razvoj cjelokupne hrvatske tehnike. U kasnijim raspravama ona se, uz DIA-u, pokazuje i jezgrom za pokretanje visoke tehničke škole. Sveučilište je šumarsku struku trebalo podignuti, usavršiti i prilagoditi potrebama kako bi Akademija mogla brzo postati ili tehnički odjel Fakulteta ili poseban fakultet. No, to se nije dogodilo gotovo dva desetljeća, a krivnju ne snosi samo režim nesklon hrvatskim interesima, nego i pojedini hrvatski vrhunski intelektualci na Sveučilištu koji su bili negativno usmjereni prema ulasku tehnike u sastav hrvatskog sveučilišta. Oton Kučera⁴ 1907. u članku *K pitanju šumarske visoke škole u Hrvatskoj* navodi primjere drugih sveučilišta u Monarhiji i zaključuje:

⁴Oton Kučera (1857. – 1931.), u Beču je završio studij fizike, matematike i astronomije (1876.), a doktorirao je na Mudroslovnom fakultetu u Zagrebu (1899.). Djelovao je na brojnim poljima te ostavio traga u hrvatskoj znanosti i tehnici, kulturi, prosvjeti i sportu (znanstvenom planinarstvu). Utemeljio je Zvezdarnicu na Popovu tornju, u sklopu Hrvatskog naravoslovnog (prirodoslovnog) društva. Na Akademiji je bio učitelj matematike i fizike, a u Geodetskom tečaju prvi predstojnik te je predavao Sfernu astronomiju i Višu geodeziju.



Slika 4.: Oton Kučera

“U tako uređenim filozofskim fakultetima lako je priključiti visoku šumarsku školu filozofskom fakultetu i s njim posve stopiti, ali ne ide to na fakultetima poput našega. (...) Poradi toga bi po mom sudu filozofski fakultet bio i u svom interesu veoma dobro uradio godine 1898., kada se na temelju zakona od 13. ožujka 1897. privremeno uza nj prislonila šumarska akademija, da je tu priliku objeručke prihvatio, kako bi došao do drugih redovitih profesora za osnovne nauke u matematičko-prirodoslovnom odjelu. Onda je za to bila najbolja zgoda. Dogodilo se obrnuto: u tom se je fakultetu očitovala posve jasno odlučna averzija protiv pripojenja šumarske visoke škole i stopljenja s fakultetom. Ta averzija postoji i danas, pak se ne ću varati, ako u njoj vidim jedan od glavnih uzroka, zašto veoma štetni provizorij naše šumarske visoke škole, evo već gotovo decenij traje i na nju destruktivno djeluje. Je li ta averzija opravdana, to je drugo pitanje. Svakako se može toliko reći, da je mišljenje, kao da u sveučilište spadaju samo čiste teoretičke nauke, danas zastarjelo, i mi vidimo, kako u velikih kulturnih naroda sveučilišta redom otvaraju vrata primijenjenim naukama, a u te idu svakako i šumarske discipline bar u tolikoj mjeri kao farmaceutski odio fil. fakulteta.” [4].

U neriješenom statusu koji je trajao dva desetljeća, Akademija nije mogla zadovoljiti potrebe ni šumarske ni drugih tehničkih struka, posebice zbog neprirodne veze s Fakultetom, gdje je bila u nepovoljnom položaju. Nije bila



Slika 5.: Vinko Hlavinka

ravnopravan fakultetski odjel, niti je bila samostalna visoka škola izvan Sveučilišta. Dekan Fakulteta bio je ujedno i dekan Akademije, ali su nastavnici na Akademiji bili u rangu srednjoškolskih profesora i vođeni u posebnoj rubrici. Nisu trebali doktorirati niti se baviti znanstvenim radom. Uz šumarstvo su prirodno bile vezane i ostale tehničke (i umjetničke) struke, od mjerništva, graditeljstva, strojarstva, kemijske tehnologije, praktične elektrotehnike, do arhitekture, pa među predmetima u prvom naukovnom redu nalazimo geodeziju, tehničku mehaniku, opće graditeljstvo, cestogradnju i gradnju željeznica, šumarsku kemijsku tehnologiju, vodo- i mostogradnju, konstrukciju gatova i brana, šumarsku mehaničku tehnologiju i strojarstvo, a usto i prostoručno risanje, šumarsko tlocrtno risanje i opće gospodarstvo [5].

Od osnivanja Akademije nastavljaju se naponi da bude podignuta u status samostalne visoke škole ili fakulteta, a DIA ne odustaje od svojih napora oko otvaranja samostalne tehničke visoke škole (dalje: TVŠ) u Hrvatskoj. Predavači na Akademiji Vinko Hlavinka⁵, Fran Kesterčanek i Oton Kučera zajedno su izvršili najvažniju ulogu u usavršavanju Akademije. Uspješnim djelovanjem, uz pomoć članova DIA-e i HŠD-a, uspjeli su ishoditi novo ustrojstvo Akademije

⁵Vinko (Vincenc) Hlavinka (1863. – 1934.), rođen je u Češkoj, od 1888. do 1911. djelovao je u Hrvatskoj. Geodeziju je diplomirao u Pragu. Svojim djelovanjem pokazao se važnom poveznicom dviju tehničkih opcija i jednim od najagilnijih pobornika ideje osnutka hrvatskog TVŠ-a. Uz članstvo u DIA-i, učlanio se i u HŠD u kojem je djelovao od 1902. do 1916. te je u obama društvima bio veoma aktivan.

1908., s četverogodišnjim studijem (nakon što je šćavnička akademija uvela četverogodišnji studij). Iz slučaja Antuna Levakovića⁶, koji je nakon završene Akademije otišao u Beč radi stjecanja doktorata te je već izradio disertaciju, ali mu u Beču nisu priznali kvalifikacije te je morao ponovno polagati sve ispite pa tek potom doktorirati, vidljivo je da Akademiji, ni nakon uvođenja četverogodišnje nastave i premda je stekla ravnopravnost sa šumarsko-mjerničkim strukovnim odsjekom Visoke šumarsko-rudarske škole u Šćavnici, u Austriji nije bio priznat puni sveučilišni rang [6]. U situaciji u kojoj su se hrvatski tehnički stručnjaci godinama borili za osnivanje visoke tehničke škole ili fakulteta, ne samo da Vlada nije ostvarivala očekivano, nego su iznošena i mišljenja da zbog skupoće i malog broja slušača ni studij šumarstva Hrvatskoj nije potreban. Akademiju bi trebalo zatvoriti, a jeftinije bi bilo stipendirati studente da studiraju u inozemstvu. Takvi su stavovi izazvali reakcije stručnjaka i hrvatske javnosti [7]. Akademija nije ukinuta, ali nije došlo ni do njezina proširenja u samostalnu visoku školu ili fakultet. Na Akademiji je uveden četverogodišnji studij. Usvojeno je načelno stajalište Fakulteta po kojem se “kod novog popunjenja učiteljskih stolica šumarske akademije tražiti imade podpuna akademička kvalifikacija, t.j. kao ona koja se traži od učitelja znanstvenih struka”. Dekan Fakulteta i dalje je ujedno bio i dekan Akademije, ali su svi nastavnici obveznih predmeta Akademije činili zbor nastavnika Akademije. Između stalno namještenih nastavnika za svaku *naukovnu* godinu birao se pročelnik. Zbog svih zasluga koje je imao kao zagovornik i glavni inicijator osnutka Akademije, za prvog pročelnika izabran je profesor Fran Kesterčanek [8].

2. Geodetski tečaj (zavod) u Šumarskom domu

Vladajući režim, nesklon hrvatskom razvoju i napretku, pretežito je odbijao predstavljanje DIA-e o potrebi osnivanja TVŠ-a, pod formulacijom da nema potrebnih financijskih sredstava. Jubilarna Gospodarsko-šumarska izložba održana je 1891. u Zagrebu, a tim povodom i važna izvanredna Glavna skupština DIA-e na kojoj je istaknuta potreba osnivanja TVŠ-a. Glavnom se preprekom pokazalo nepostojanje razvijene građevinske industrije i njezine financijske potpore.

⁶Antun Levaković (1885. – 1955.), šumarstvo je studirao na Akademiji u Zagrebu. Brodska imovna općina poslala ga je kao nadarenog mladog šumara na nastavak studija u Beč na Visoku školu za kulturu tla. Nakon ponovno položenih ispita doktorirao je 1913., kao prvi Hrvat na toj ustanovi. Vratio se u Vinkovce, a 1916. postao je suplent profesor na Akademiji. Nakon osnivanja Gospodarsko-šumarskog fakulteta, postao je 1920. javnim redovnim profesorom iz dendrometrije. Radom na fakultetu te objavljivanjem u stručnim knjigama i časopisima zaslužio je ime hrvatskog šumarskog znanstvenika prve pol. XX. st. Objavio je više od 50 znanstvenih radova iz šumarskih znanosti, poznatih u cijelom svijetu. Bio je član JAZU (HAZU), dopisni član Češko-slovenske Akademije Zemledelske u Pragu i gost profesor Šumarskog fakulteta u Sofiji.

DIA 1898. ponovno podnosi predstavku Vladi s prijedlogom za osnivanje *inženirskog* odjela TVŠ-a u Zagrebu, kao posebnog fakulteta u sklopu Sveučilišta. Predlagali su *civilni građevni inženirski* odjel za studij visokogradnje, vodogradnje, cestogradnje, mostogradnje i elemente kulturne tehnike te dvogodišnji tečaj za geometre koji su završili srednju geodetsku školu, dok bi se ostali odjeli naknadno utemeljili. Razlog naveden za odbijanje predstavke ponovno je bilo pomanjkanje financijskih sredstava [3]. Međutim, osim nesklonosti Vlade razvitku visokoškolske nastave tehnike u Hrvatskoj, ne treba zanemariti ni razilaženje mišljenja hrvatskih inženjera o organizacijskoj formi hrvatske visokoškolske tehnike. Jedni su smatrali da tehnički fakultet treba osnovati kao fakultet postojećeg sveučilišta jer bi takvo rješenje bilo pristupačnije i brže ostvarivo zbog manjih troškova, s obzirom na neke zajedničke teorijske predmete, a to bi jamčilo i dobro opće obrazovanje budućih inženjera. Drugi su zagovarali isključivo samostalnu tehničku visoku školu izvan zagrebačkog sveučilišta [9]. Istodobno je, kako je već navedeno, na Mudroslovnom fakultetu postojala snažna struja protiv uključivanja tehnike u Sveučilište [4].

Krajem XIX. st. predlagano je osnivanje geometarskog tečaja na zagrebačkom sveučilištu, posebice zbog nesređenog stanja u prometu s nekretninama u Hrvatskoj i Slavoniji i znatnom broju nedovoljno školovanih zemljomjera. Na austrijskim tehničkim školama uveden je 1896. godine poseban dvogodišnji tečaj za geometre koji je poslužio kao uzor predlažućima, a nakana je bila da se nakon školovanja prvih ovlaštenih samostalnih geometara zabrani dodjeljivanje ovlaštenja nekvalificiranim mjernicima i zemljomjerima. Međutim, kao i u pitanju TVŠ-a, nije bilo pozitivnih odredbi sve do reorganizacije Akademije 1908. godine. Predsjednik DIA-e Julije Stanisavljević⁷ uključio je Hlavinku, na osnovi njegova iznesenog prijedloga za organizaciju TVŠ-a, u rad Upravnog odbora na izradi nove predstavke za osnivanje *inženirskog odjela i geometarskog tečaja*. Predstavka je tijekom veljače 1905. predana banu, ali odgovor je izostao. Novu predstavku banu podnio je 1906. banski savjetnik dr. Ivo Mallin, tražeći dovršenje ustrojstva Akademije i njezino samostalno uključivanje na Sveučilište, gdje bi postala jezgrom postupnog osnivanja Tehničkog fakulteta s dvama odjelima: građevno-inženjerskim i šumarsko-inženjerskim, kojima bi se prema potrebi poslije priključili arhitektonski, strojarški, kemijski i drugi odjeli te dvogodišnji tečaj za geometre, a nastavni program predviđao je osposobljavanje kandidata od graditeljstva do proizvodnje strojeva. Predstavku je Vlada riješila negativno, navodeći kao razlog ograničene mogućnosti zemaljskog proračuna [3].

⁷Julije pl. Stanisavljević (1847. – 1921.), tehnički (građevinski) savjetnik u Vladi. Na Šumarskoj akademiji predavao je Opće i šumarsko graditeljstvo. Bio je zastupnik slobodnog i kraljevskog glavnog grada Zagreba. Napisao je Spomenicu (1903.) Društva inženjira i arhitekata. Sudjelovao je u gradnji sjeverne ugarske željeznice te cesta i vodovoda u Hrvatskoj.

Naredba

**kr. hrv.-slav.-dalm. zemaljske vlade, odjela za bogoštovlje
i nastavu, izdana sporazumno s kr. zemaljsko-vladinim
odjelom za unutarnje poslove, od 25. rujna 1908. br.
23.391,**

kojom se

**određuje ustrojenje privr. geodetskog tečaja u Zagrebu i
propisuje ustrojni statut za taj tečaj.**

U nas se sve više osjeća oskudica akademički obrazovanih geodeta za obavljanje mjerničkih poslova kod katastralnih izmjera, kod zadružnih dioba, kod prometa sa zemljišnim nekretninama, kod sastavka i očevidnosti javnih gruntovnih knjiga i isprava te kod provođenja agrarnih operacija navlastito zakona o komasaciji zemljišta, zakona o uređenju zemljišnih zajednica i zakona o vodnom pravu. Da se toj oskudici doskoči i da se u nas odgoje valjani geodeti, koji će uz opću, znanstvenu i stručnu naobrazbu moći zadataci svojoj potpuno udovoljavati, obnašla je kr. zemaljska vlada, odio za bogoštovlje i nastavu, u sporazumku sa zemaljsko-vladinim odjelom za unutarnje poslove odrediti ustrojenje privremenoga geodetskog tečaja u Zagrebu početkom naukovne godine 1908./9. i za taj zavod propisati ovaj ustrojni statut.

Ustrojni statut privr. geodetskog tečaja u Zagrebu.

I. Opće ustanove.

§ 1.

Za teoretsko i praktičko obrazovanje geodeta ustrojava se u Zagrebu, dok potreba traje, dvogodišnji »geodetski tečaj«.

Slika 6.: Naredba o osnivanju zasebnog samostalnog dvogodišnjeg Geodetskog tečaja za teorijsko i praktično obrazovanje geodeta



Slika 7.: Milan Rojc

Još jedan pokušaj osnivanja TVŠ-a propao je 1908. premda je izrađen dobro razrađen koncept Osnova zakona ob ustrojstvu tehničkoga fakulteta u sveučilištu Franje Josipa I. u Zagrebu [10]. Kad je postalo jasno da rješenje ni taj put nije pozitivno, pokušalo se spasiti barem nešto od predviđenog, osnivanjem dvogodišnjeg Geodetskog tečaja (dalje: Tečaj)⁸, kao začetka hrvatske visokoškolske tehnike [11]. Krajem 1908. Vladinom je Naredbom, u prostorima Šumarskog doma, a uz naklonost i pristanak Akademije, uspješno osnovan zasebni samostalni dvogodišnji Geodetski tečaj za teorijsko i praktično obrazovanje geodeta kao novu važnu fazu, začetak visoke tehničke škole u Hrvatskoj. Kao razlog naveden je nedostatak akademski obrazovanih geodeta, potrebnih za obavljanje mjerničkih poslova kod katastralnih izmjera, zadružnih dioba, prometa sa zemljišnim nekretninama, “kod sastavaka i očevidnosti javnih i gruntovnih knjiga i isprava te kod provođenja agrarnih operacija, navlastito zakona o komasaciji zemljišta, zakona o uređenju zemljišnih zajednica i zakona o vodnom pravu”. Naučni su predmeti dijelom predavani na Akademiji⁹, gdje su ih slušači Tečaja slušali zajedno sa

⁸Termin tečaj je višeznačan. Na Zagrebačkoj akademiji te zatim Sveučilištu, tečaj je korišten u vremenskom značenju kao tijek, proces, studij, poljeće odnosno polugodište, semestar, godište i slično, ali i kao mjesto ili prostor u kojem se ide prema cilju stjecanja znanja, dakle, zavod, odsjek, pa i fakultet. Šumarsku akademiju ponegdje nazivaju Šumarskim tečajem, o Geodetskom tečaju govori se kao o zavodu, odsjeku te samostalnoj visokoj školi.

⁹Matematika I. dio, Deskriptivna geometrija, Geodezija niža I. i II. dio, Tlocrtno risanje u I. semestru, Enciklopedija gospodarstva, Enciklopedija šumarstva, Privatno i upravno pravo, Narodno gospodarstvo i Financijska znanost.

slušačima šumarstva, a ostale predmete za slušače Tečaja predavali su sveučilišni profesori, profesori Akademije, sveučilišni privatni docenti i drugi stručnjaci prema potrebi. Svi nastavnici koji su predavali slušačima Tečaja činili su profesorski zbor Tečaja, kojem je povjerena uprava Tečaja i koji je bio odgovoran za njegovo stanje u znanstvenom, disciplinarnom i ekonomskom pogledu. Profesorski zbor birao je predstojnika na dvije naukovne godine, a potvrđivao ga je Vladin Odjel za bogoštovlje i nastavu. Prvi predstojnik Tečaja bio je dr. Oton Kučera [12]. Hlavinka i Kučera pokazuju se ključnim osobama u pripremi njegova osnutka, a Fran Kesterčanek ih je u svim naporima podržao, posebice kao pročelnik Akademije u ključnom razdoblju ustrojavanja Tečaja. Posebno je važnu ulogu imao predstojnik Odjela za bogoštovlje i nastavu Milan Rojc¹⁰ koji je podržao i omogućio osnivanje Tečaja. Kučera i Hlavinka željeli su da bude ustrojen po najboljim uzorima, da u svojim programima i izvedbi ne bi zaostajao za njima, što je i ostvareno po uzoru na visoke tehničke škole u Beču i Pragu. Tečaj stoga označuje početak visokoškolske geodetske nastave u Hrvatskoj, a njegov ustroj i velika samostalnost razlog su da je mogao bez problema prerasti u visokoškolsku nastavnu jedinicu TVŠ-a u Zagrebu [3].

3. Gospodarsko-šumarski i Tehnički fakultet

Žerjavićeva¹¹ darovnica iz 1909. i osnutak GT-a bili su dodatni poticaj za DIA da ponovno traži osnivanje TVŠ-a gdje bi prešao već ustrojeni Tečaj. Vlada je konačno u prosincu 1910. od cara i kralja Franje Josipa I. dobila odobrenje proračuna za 1911., u kojem je bila predviđena i svota od 81 474 krune za potrebu prve akademske godine TVŠ-a koja je ujesen 1911. trebala započeti predavanja. Nakon provedene stručne rasprave o prijedlogu nacrtu zakonskog članka o osnivanju i ustrojstvu TVŠ-a, izvan sastava Sveučilišta, odlučeno je da se osnuju dva odjela: građevni i kulturno-tehnički s geodetskim tečajem. Arhitektonski, strojarski i kemijski odjeli trebali su biti osnovani naknadno. No, do osnivanja

¹⁰Milan Rojc (1855. – 1946.), pravnik i političar. Studirao je pravo u Beču i Zagrebu, a 1879. otvorio odvjetničku kancelariju u Bjelovaru. Bio je aktivan član Hrvatsko-srpske koalicije. Godine 1906. imenovan je za predstojnika Odjela za bogoštovlje i nastavu do 1908. te ponovno 1918. Nakon stvaranja Kraljevine SHS bio je 1918. u Narodnom vijeću Slovenaca, Hrvata i Srba. Imenovan je potom povjerenikom za unutrašnje poslove Pokrajinske uprave za Hrvatsku i Slavoniju u Zagrebu. Imao je veliku ulogu u razvoju hrvatskog sveučilišta, posebice osnivanja Tehničke visoke škole.

¹¹Juraj Žerjavić (1842. – 1910.), svećenik, pravaš i zastupnik u Hrvatskom saboru. U Rimu je od 1862. do 1869. studirao na Gregorijani i postao doktor filozofije. Zaređen je 1868., a 1874. postao je župnik u Mariji Bistrici gdje je dao izgraditi novu crkvu i dvije škole. Svoju kuću u današnjoj Žerjavićevoj ulici u Zagrebu i 200 000 kruna darovao je 1909. za osnivanje i uzdržavanje Tehničke visoke škole.

TVŠ-a ipak nije došlo. U Obzoru se 1910. zametnula rasprava u kojoj su sudjevali Vinko Hlavinka, Oto (Oton) Frangeš¹², inž. Fran Brozović¹³ i anonimni autor. Hlavinka je ukazivao da Hrvatska nije postala kulturno i sveučilišno središte južnih Slavena, kako se željelo krajem XIX. st. U Beogradu je već Visoka škola pretvorena u Sveučilište, u kojem je Tehnički fakultet, a u Sofiji se u postojecu Visoku školu uključuju Tehnički fakultet, Šumarska akademija i Gospodarske škole, dok Zagreb zaostaje sa stvaranjem suvremenih visokoškolskih institucija i jedini u Europi još nema tehničku visoku školu. Zbog postojećih financijskih mogućnosti i političkih prilika, predlagao je proširenje Sveučilišta Tehničkim fakultetom s *inžinirskim* (graditeljskim), šumarskim i gospodarskim odjelom. Frangeš je detaljno razradio nastavni program i financijski proračun i podržao je u raspravama Hlavinkin prijedlog, dok je Brozović zagovarao samostalni TVŠ izvan Sveučilišta, u početku s jednim odjelom, *inžinirskim*, unutar kojeg bi bio geodetski tečaj, “jer povezivanje unutar jednog fakulteta inženjera, šumara i gospodarstva nije harmonično”. Anonimni autor potpuno je odbacivao potrebu TVŠ-a i predlagao razvoj srednjeg tehničkog školstva u Hrvatskoj. Napao je tuđinske inženjere (među kojima je bio i Hlavinka), kojima trebaju profesorske stolice na Sveučilištu i slično. Hlavinka se žestoko uključio u polemiku s anonimnim autorom, a njegovo polemiziranje ocijenio je “intelektualno nepravednim i politički nedomoljubnim” [7]. Rezultat svih rasprava bilo je još jedno odustajanje od osnivanja TVŠ-a, što je vjerojatno navelo Vinka Hlavinku da 1911. prijeđe na Visoku tehničku školu u Brnu. I dalje je, u okviru mogućnosti, pomagao svojim kolegama u Hrvatskoj i bio član HŠD-a sve do 1916., odnosno rata i raspada Monarhije. Zamijenio ga je Pavao Horvat,¹⁴ koji se pokazao ključnom osobom za razvoj hrvatske geodezije i jednim od osnivača TVŠ-a 1919. godine [13].

¹²Oto (Oton) Frangeš (1870. – 1945.), sin Šimuna, hrvatskog pedagoga i gospodarskog pisca, brat kipara Roberta Frangeša Mihanovića, doktorirao je 1903. na Filozofskom fakultetu u Leipzigu. Predavao je na Akademiji te bio predstojnik Gospodarsko-ribarskog kabineta i pročelnik Šumarske akademije 1909./1910. Bio je član međunarodnog gospodarstvenog zavoda u Rimu. Naslov redovitog sveučilišnog profesora dodijeljen mu je 1909. godine, 1911. postao je dvorskim savjetnikom, a 1914. predsjednikom Odjela za privredu BIH te od 1917. u Beču. U Kraljevini SHS bio je od 1921. profesor na Gospodarsko-šumarskom fakultetu te je obnašao visoke dužnosti u zemlji i inozemstvu.

¹³Fran (Franjo) Brozović jedno je vrijeme bio Hlavinkin asistent na Akademiji.

¹⁴Pavle (Pavao) Horvat (1879. – 1936.), diplomirao je 1902. na Građevinskom odjelu Tehničke visoke škole u Beču. Radio je u Bosni na gradnji željeznice, zatim u Zemunu u vodnoj zadrugi na isušivanju jugoistočnog Srijema te kao gradski inženjer. Primljen je 1911. na Akademiju gdje je predavao Gradnju cesta i željeznica, Tehničku i građevnu mehaniku, Opće (šumarsko) graditeljstvo, Šumsko-otpremna sredstva te Nižu geodeziju na Akademiji i GT-u. Odgojio je generacije stručnjaka koji su se posvetili agrarno-tehničkim operacijama. Uvidio je potrebu da se geodetski studij proširi i popuni kulturno-tehničkim disciplinama, što je vodilo osnutku Geodetsko-kulturno-inženjerskog odsjeka TVŠ-a. Suosnivač je i organizator TVŠ-a u Zagrebu 1919. godine, na kojem je izabran za redovitog profesora Niže geodezije I. i Geodetskog računanja te za dekana Arhitektonskog, Građevno-kemijsko-kulturnog inženjerskog odjela i Geodetskog tečaja.

Tijekom rata pitanje osnutka TVŠ-a bilo je stavljeno u drugi plan, ali je 1917., kad se već nazirao kraj, ponovno aktivirano, posebice zbog spoznaje o ratnoj devastaciji materijalnih dobara i potrebi velikog broja visokokvalificiranih tehničkih stručnjaka koji će nakon rata biti potrebni za rad na obnovi. Čini se da su čelni stručnjaci šumarstva i tehnike u Akademiji, Andrija Petračić¹⁵ i Pavao Horvat, od jeseni 1917. sve svoje napore usmjerili na osnivanje Gospodarsko-šumarskog fakulteta i Tehničke visoke škole. Poticaj za to sigurno je bila povoljna okolnost da je u srpnju 1917. novi ban Mihalović¹⁶ ponovno postavio dr. Milana Rojca za predstojnika Odjela za bogoštovlje i nastavu, čime je stvorena povoljna prilika koju su čekali i šumarski i tehnički stručnjaci, da uz njegovu pomoć ostvare dugogodišnja očekivanja. Njegova je uloga svakako bila krucijalna jer je iznimno brzo riješeno ono što se odugovlačilo dva desetljeća. Šumarska akademija konačno je riješila svoj nezavidan status provizorija i 1919. postala Gospodarsko-šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, a Andrija Petračić njegov prvi dekan. Milan Rojc u kratkom je roku dao izraditi i zakonsku osnovu o ustrojstvu Tehničke visoke škole u Zagrebu, u suradnji s DIA-om, s namjerom da ga hitno podnese na usvajanje Hrvatskom saboru. DIA je na sjednici od 14. ožujka 1918. raspravljala o naučnoj osnovi i organizaciji tehnike. Međutim, prije nego što je Rojc mogao provesti zamišljeno, došlo je do sloma Austro-Ugarske Monarhije i završetka rata. U prijelaznim poratnim vremenima stvaranja Kraljevine SHS, Rojc je postao povjerenik za prosvjetu i vjere te je uspio da Povjereničko vijeće SHS u Zagrebu već 10. prosinca 1918. osnuje Tehničku visoku školu u Zagrebu, a ta se Naredba poslije trebala ozakoniti ustavnim putem. Naredba je objavljena u Službenom glasniku hrv.-slav.-dalm.-zem. vlade, Odjela za bogoštovlje i nastavu, god. 1919., komad II., od 15. veljače 1919. U TVŠ-u su bili predviđeni građevinsko-inženjerski, zgradarski, strojarški i elektrotehnički, kemičko-tehnički, brodograđevni i brodstrojarški odjeli te geodetski tečaj, tečaj za osigurateljnu tehniku te tečaj za naobrazbu učitelja u višim trgovačkim školama, a ostavljena je mogućnost osnutka i drugih odjela i tečajeva. Na sjednici profesorskog vijeća od 25. rujna 1919. za prvog rektora TVŠ-a izabran je Edo Šen¹⁷. Pavao Horvat izabran je za dekana

¹⁵ Andrija Petračić (1879.–1958.), šumarski stručnjak; 1901. završio Akademiju, a na sveučilištu u Münchenu se od 1905. do 1907. specijalizirao na području uzgajanja šuma te 1907. doktorirao. Njegov doktorski rad bio je važan temelj na kojem se razvijala šumarska znanost u Hrvatskoj, a on je bio usko vezan s razvojem te znanosti od 1907. pa do smrti. Naslijedio je Kesterčaneka i njegov Kabinat za šumsko-proizvodne struke te upravu nad Šumarskim muzejom u Šumarskom domu. Nakon sloma Austro-Ugarske Monarhije i stvaranja Kraljevine SHS, Andrija Petračić, kao tadašnji pročelnik Akademije, jedan je od najzaslužnijih što je 1919. prerasla u Gospodarsko-šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Bio je njegov prvi dekan.

¹⁶ Antun pl. Mihalović (1868. – 1949.), hrvatski ban 1917./1918., zadnji hrvatski ban prije raspada Austro-Ugarske Monarhije.

¹⁷ Edo Šen (Schön) (1877. – 1949.), hrvatski arhitekt židovskog podrijetla. Diplomirao je 1900. na Visokoj tehničkoj školi u Beču.

Arhitektonskog, građevinskog, kulturno-inženjerskog i kemijskog odjela te Geodetskog tečaja. Milanu Rojcu je za zasluge na osnivanju visokoškolske tehničke nastave 13. siječnja 1921. dodijeljen počasni doktorat [9]. Premda je bilo pokušaja opstrukcije TVŠ-a, nije ukinut, nego je iz njega nastao Tehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, čime je završena dugogodišnja borba za uvođenje visokoškolske nastave tehnike u Hrvatskoj.

Zaključak

Na Šumarskoj akademiji, osnovanoj 1898., kao zasebnoj visokoškolskoj jedinici, prvi su put na visokoškolskoj razini predavani tehnički predmeti, a Geodetski tečaj, osnovan 1908., bio je samostalni zavod odgovoran Ministarstvu prosvjete i bogoštovlja i kao takav začetak TVŠ-a i Geodetskog fakulteta. Stoga nije logično da se marginalizira ono što je ostvareno uz velike napore i kao početak visokoškolske nastave tehnike sustavno uvodi tek osnivanje TVŠ-a 1919. godine, čime se zanemaruju puna dva desetljeća visokoškolske nastave tehnike u Šumarskoj akademiji pri Mudroslovnom fakultetu zagrebačkog sveučilišta i desetljeće djelovanja Geodetskog tečaja.

Razvidno je također da se Tehnička visoka škola financijski nije mogla samostalno održati te je već 1926. ušla u sastav Sveučilišta kao Tehnički fakultet, što ukazuje na apsurdnost inzistiranja na samostalnoj tehničkoj visokoj školi i dobru procjenu Hlavinke i ostalih koji su Tehnički fakultet smještali u okviru Sveučilišta, kao ravnopravne zajednice humanističkih, prirodoslovnih, tehničkih i umjetničkih fakulteta. U idućim se desetljećima Tehnički fakultet dijelio po strukama na samostalne fakultete. Danas postoji široko razgranat sustav tehničkih visokoškolskih studija na hrvatskim sveučilištima.

Literatura

- [1] Dobronić, L., *Zagrebačka akademija/Academia Zagrabienensis*, Visokoškolski studiji u Zagrebu 1633.–1850., 109–136.
- [2] Dadić, Ž., *Povijest egzaktnih znanosti u Hrvata 1*, Sveučilišna naklada Liber, Zagreb, 1982.
- [3] Kren, T., *O osnutku i značenju Geodetskog tečaja pri kraljevskoj šumarskoj akademiji* – U povodu 100 godina Geodetskog tečaja i kontinuirane visokoškolske nastave geodezije u Hrvatskoj, u: Godišnjak 2007.–2008., Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 93–121.
- [4] Kučera, O., *K pitanju šumarske visoke škole u Hrvatskoj*, Šumarski list, 3, (1907.) 97–106.
- [5] Akademike oblasti, osoblje i red predavanja u Kr. Sveučilištu Franje Josipa I. u Zagrebu od 1908./09. – 1916./17., Nacionalna i sveučilišna knjižnica (NSK).
- [6] *Šumarska nastava u Hrvatskoj 1860.–1960.* (1963.): Zagreb, (ur. N. Neidhardt i M. Androić), Zagreb, 59–81.
- [7] Jurić, Z., *Rasprave o osnivanju visoke tehničke škole u Zagrebu na prijelazu XIX. u XX. stoljeće*, Prostor 2(24) 10 (2002.), 135–154.
- [8] Arhivski fond Filozofskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu 1908.
- [9] Szavits-Nossan, S., *Historijat osnutka Tehničke visoke škole u Zagrebu*, u: Pedesetogodišnjica tehničkih fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Opći dio, Početkom jubilarnog godišta 1969/70, kao uvodni prilog izdanjima pojedinih fakulteta izdao Odbor za proslavu pedesetogodišnjice tehničkih fakulteta u Zagrebu, Zagreb 1969., 19–32.
- [10] Hrvatski državni arhiv, BiNZV, sign. f. 80
- [11] Kren, T., *Franjo Haladi (1859. – 1944.) – drugi predstojnik Geodetskog tečaja – Uz 150. obljetnicu njegova rođenja*, u: Godišnjak 2008.–2009., Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 93–121.
- [12] Naredba kr. hrv.-slav.-dalm. zemaljske vlade, Odjela za bogoštovlje i nastavu, izdana sporazumno s kr. zemaljsko-vladinim odjelom za unutarnje poslove, od 25. 9. 1908. god., broj 23.391 – Ustrojni statut privr. Geodetskog tečaja u Zagrebu
- [13] Kren, T., *Geodetski tečaj i njegovi predstojnici*, u: Godišnjak 2009-2010 Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 99–122.

The Resistances to the Foundation of the University of Technical Faculty in Croatia

Tatjana Kren

Summary: The Royal University of Franz Joseph I. (University) was opened in Zagreb in 1874. The conditions were fulfilled to start a technical faculty in Croatia. Resistances appeared instead of support through the Austro-Hungarian government that was not interested in development of Croatia. In addition to that, some university teachers were against technical sciences in the University. Therefore, the struggle for the foundation of technical faculty in Croatia was difficult and time-consuming. The discussion is focused on developments in the Croatian Forestry Society at the Forestry Home, which in 1898 led to the establishment of a three-year study at the Forestry Academy (Academy) in the Forestry Home. Due to the resistance, the Academy remained in temporary status for two decades, as a separate department of the Faculty of Philosophy. In 1908 the Academy was reorganized into a four-year study but in equal temporary status. Regardless of the circumstances the Academy was a forerunner of all technical faculties in Croatia. For the same reason the technical faculty in Croatia was not founded. The efforts of the Society of Engineers and Architects for the foundation of the technical faculty in Croatia are analysed. As the nucleus of the technical faculty, the two-year geodetic study was founded in Forestry Home in 1908. The Geodetic Institute was autonomous and temporary before the founding of technical faculty. In 1919, after the World War I, the Academy was included in the University as the Faculty of Agriculture and Forestry. Finally, in the early 1919 the High Technical School was founded which in 1926 became the Faculty of Engineering of the University of Zagreb. Gradually, it was broken into separate technical faculties.

Keywords: Royal University of Franz Joseph I (University), Austro-Hungary Government, Croatian Forestry Society, Forestry Academy, Faculty of Philosophy, Society of Engineers and Architects, Geodetic Institute, High Technical School, Faculty of Agriculture and Forestry, Faculty of Engineering

6.

Ostale teme

Petar Balestrin

Primjena otvorenog modela komunikacija na harmoniji i kontrapunktu u glazbi

Sažetak: Opisana je analogija tehnički otvorenog sustava komunikacija (ISO-OSI model) te harmonije i kontrapunkta u glazbi. Ukratko je razmotreno i značenje broja sedam u filozofiji, povijesti, psihologiji, umjetnosti, religiji, književnosti i tehnici.

Ključne riječi: kontrapunkt, harmonija, stari (povijesni) načini, *cantus firmus*, filozofija, informacije, OSI referentni model, protokoli, sučelja

Uvod

Opisana su poglavlja o glazbi (kontrapunkt, harmonija, stari načini, jednostavni kontrapunkt), filozofija i tehnika, uključujući informacije i ISO-OSI komunikacijski model.

1. Glazba

1.1. Kontrapunkt i harmonija

Kontrapunkt je umjetnost samostalnog vođenja dviju ili više melodija u kojoj su sve dionice melodijski i ritmički samostalne, a opet čine određen harmonijski odnos. Stavak što ga čine melodijski i ritmički samostalne dionice zove se polifoni stavak, za razliku od homofonog stavka u kojem jedna dionica vodi melodiju, a ostale su podređene ulozi harmonijske pratnje.

Kontrapunkt dolazi od riječi *punctum* što je nekad značilo *nota*. Renesansni skladatelj Johannes Tinctoris (Slika 1.), u djelu *Liber de arte contrapuncti* kaže:

“Riječ kontrapunkt je pravilno i skladno suglasje, u kojem se jedan glas postavlja prema drugome, a riječ kontrapunkt dolazi od riječi *contra* i *punctum*, jer se stavlja nota prema noti (kao *punctum contra punctum*).”

Dakle, kontrapunkt označuje horizontalnu, a harmonija vertikalnu komponentu u glazbenoj arhitekturi.



Slika 1.: Portret Johanness Tinctoriusa (Jehan Le Taintenier, 1435. – 1511.), flamanskog skladatelja i glazbenog teoretičara; Sveučilišna knjižnica u Valenciji (izvor: Wikipedia)

1.2. Stari načini

Budući da se glazba XV. i XVI. st. razvijala i izgrađivala u starim načinima, potrebno ih je spomenuti, tim više što mnoge hrvatske narodne popijevke pripadaju tim načinima. Stari načini potječu iz grčke glazbe, a imena nose po grčkim pokrajinama. Aristoksen i Euklid nazvali su sedam grčkih ljestvica sljedećim imenima: lidijska (*c*), frigijska (*d*), dorska (*e*), hipolidijska (*f*), hipofrigijska (*g*), hipodorska (*a*) i miksolidijska (*h*). Svaka od njih ima sedam tonova.

1.3. Jednostavni kontrapunkt

Učenje kontrapunkta počinje gradnjom melodijskih linija u dvoglasju, a nastavlja troglasjem i četveroglasjem. U svakom suglasju uzima se kao zadatak određena melodija, tzv. *cantus firmus* (stalan pjev, glas), prema kojoj se u dvoglasju stavlja druga melodija, u troglasju druga i treća, a u četveroglasju se tri melodije stavljaju prema *cantus firmus*. Svaka melodija pravilno stavljena uz *cantus firmus* zove se kontrapunkt.

Melodijsku liniju kontrapunkta, u ritmičkom smislu, izgrađuje se obično na šest načina ili vrsta:

- u 1. vrsti imaju note kontrapunkta jednaku vrijednost kao note *cantus firmus*
- u 2. vrsti dolaze dvije note kontrapunkta na jednu notu *cantus firmus*
- u 3. vrsti dolaze tri note kontrapunkta prema jednoj noti *cantus firmus*
- u 4. vrsti dolaze četiri note kontrapunkta prema jednoj noti *cantus firmus*
- u 5. vrsti je kontrapunkt s ligaturama (sinkopiran)
- u 6. vrsti dolaze u kontrapunktu note različitog trajanja, naziva se i *contrapunctum floridum*, što znači cvjetan, bujan ritmom.

Može se govoriti o sedmoslojnoj strukturi, a osnovni je sloj *cantus firmus*.

Namjerno preskačem znanost o akustici koja se danas pretežno izučava u domeni tehničkih disciplina.

2. Filozofija

Broj sedam u filozofiji ima posebno značenje. Istraživanja psihologa pokazala su da ljudska osjetila mogu istodobno bez signifikantne pogreške registrirati do sedam događaja. Iz religije se valja sjetiti stvaranja svijeta (šest dana stvaranja, sedmi dan odmora, i faraonova sna o sedam mršavih krava, tj. Josipova tumačenja o sedam gladnih godina. Poznate su bajke o Snjeguljici i sedam

patuljaka, te zbivanja iza sedam brda i dolina. Povijest govori o sedam svjetskih čuda. Broj sedam zauzima ključno mjesto i u umjetnosti, posebice glazbi, o čemu je već bilo riječi.

3. Tehnika

3.1. Informacije

Razmjena informacija iznimno je važna. “Informacija je informacija, ni materija, ni tvar”, poznata je misao osnivača kibernetike Norberta Wienera.

Postoji i niz drugih definicija informacije, ali ipak se sve svode na razinu filozofskih razmišljanja. Neosporno je, međutim, da za informacije vrijedi sljedeće:

- informacija je mjera neodređenosti nečega (sintaktika)
- jezik poruke koja nosi informaciju mora biti poznat pošiljatelju / prima-telju (semantika)
- poruka mora imati vrijednost za primatelja (pragmatika)
- razmjenu poruka kod živih bića prate i razne emotivne reakcije (este-tika).

Dakle, informacija nosi u sebi različite sadržaje, tj. posjeduje četiri razine slo-ženosti:

- sintaktičku (prijam signala), fizički sloj OSI-modela
- semantičku (razumijevanje), pripada svim slojevima osim fizičkog
- pragmatičku (akcija)
- estetsku (odnos prema okolini), tu spada i glazba.

3.2. ISO-OSI komunikacijski model

Kad je riječ o potrebi povezivanja aplikacijskih procesa između dva ili više sustava obrade podataka, tj. da svi međusobno komuniciraju i to se omogući unificiranim obrascem povezivanja, govori o otvorenim sustavima. Taj unifici-rani obrazac naziva se OSI referentnim modelom [5], a izradila ga je Međuna-rodna organizacija za norme ISO (konačna inačica objavljena je 1982. godine).

OSI (*Open Systems Interconnections*) model označuje hijerarhiju od sedam slojeva ili razina. Svaki sloj protokola sadrži jednu ili više funkcija. Slojevi protokola od 1 do 3 odnose se na funkcije mreže, dok se slojevi od 4 do 7 od-nose na komunikaciju terminala. Svaki sloj protokola koristi funkcije prethod-nih slojeva kojima se dodaju vlastite funkcije:

Broj sloja	OSI-slojevi
7	primjena
6	prikaz
5	sesija
4	transport
3	mreža
2	podatkovna veza (<i>data link</i>)
1	fizički

Sloj 1 je fizički. Definira električno sučelje i vrstu medija – primjerice bakar, bežična ili optička linija.

Sloj 2 je sloj podatkovne veze. Uređaji drugog sloja slični su poštanskom sustavu – usmjeravaju poštu do adrese primatelja.

Sloj 3 je mrežni sloj. Ima složenija pravila adresiranja i usmjeravanja i veću kontrolu pogrešaka od sloja 2. Protokoli sloja 3 odgovorni su za usmjeravanje prometa između mreža ili internetskih lokacija.

Sloj 4 je transportni. Njegovi uređaji mrežama omogućuju razlikovanje vrsta aplikacija te usmjeravaju prema sadržaju, npr. videoprijenosi ili glasovni prijenosi preko mreža podataka mogu dobiti prioritet ili višu kvalitetu usluge nego elektronička pošta.

Sloj 5 je sesijski sloj. Upravlja stvarnim slijedom sesije, npr. mogu li oba kraja istodobno slati podatke.

Sloj 6 je prezentacijski. Kontrolira format ili način prikaza informacija na korisničkim zaslonima.

Sloj 7 je aplikacijski. Uključuje samo aplikaciju sa specijaliziranim uslugama poput prijenosne ili usluge ispisa.

Može se, dakle, reći da su slojevi horizontalna komponenta ISO-OSI modela. Vertikalnu komponentu čine sučelja koja definiraju način komunikacije između pojedinih horizontalnih komponenata, tj. slojeva.

Zaključak

Na osnovi navedenog moguće je zaključiti da postoji prirodna povezanost između glazbene arhitekture, filozofije u širem značenju, informatike i tehničkih disciplina. To potvrđuje fascinantno svojstvo primjenjivosti otvorenog sedmoslojnog ISO-OSI modela komunikacije na sva opisana područja.

Literatura

- [1] F. Lučić, *Kontrapunkt*, Školska knjiga, Zagreb, 1951.
- [2] Ž. Novinc, *Digitalni prijenos informacija*, Kigen, Zagreb, 2009.
- [3] P. Balestrin, *Signalizacija u telekomunikacijskim mrežama*, časopis Elektrotehničke instalacije (EI) br. 3, Kigen, Zagreb, 2006.
- [4] Annabel Z. Dodd, *Telekomunikacije*, Algoritam, Zagreb, 2002.
- [5] https://hr.wikipedia.org/wiki/OSI_model

Implementation of the Open System Communication Model in Harmony and Counterpoint in Music

Petar Balestrin

Abstract: The paper describes analogy of technical open systems interconnection reference model (ISO-OSI model) on both harmony and counterpoint in music. The significance of number seven in philosophy (history, art, religion, literature) and technics was briefly presented.

Keywords: counterpoint, harmony, old (historical) models, *cantus firmus*, philosophy, information, OSI reference model, protocols, interfaces

Filip Cvitić

Glagoljska slova kao brendovi

Sažetak: Da bi glagoljica privukla pozornost što većeg broja ljudi, potrebno joj je pristupiti na način kako to čine velike tvrtke prilikom promoviranja vlastitih proizvoda ili usluga. Redefiniranjem vrijednosti koju je glagoljica imala u prošlosti i njezinom modernizacijom može ju se približiti čovjeku XIX. stoljeća. Rad objašnjava povezanost brenda i glagoljice te kroz projekt Fabula Croatica prikazuje mogući smjer pristupanja glagoljici radi pridobivanja veće publike. Svako slovo glagoljice brend je već samo po sebi i ako ih se promatra na taj način te istraži ugrađeni potencijal koji sadrže, uspješno će se promovirati vrijednosti glagoljice, a samim tim i dio hrvatskog nacionalnog identiteta. S obzirom na dugu povijest glagoljice, njezinu povezanost s hrvatskim narodom i potencijalom za promicanje kulturnih vrijednosti, ona je predmet ovog i daljnjih istraživanja.

Ključne riječi: abeceda, brend, glagoljica, font

1. Važnost i karakteristike brenda

Kako bi se objasnila povezanost brenda i slova potrebno je na početku dati definiciju i navesti karakteristike brendova. Naziv brendiranje ima svoj izvor u označavanju vlasništva. U Europi i na američkom Divljem zapadu goveda su bila označena neizbrisivim žigom načinjenim od vrućeg željeza te komada nagorjelog ili čađavog drva kako bi se pokazala njihova pripadnost pojedinom vlasniku. Kroz godine i stoljeća uloga žigosanja se promijenila te brend danas uvelike nadmašuje materijalnu vrijednost nekog proizvoda ili korporacije te mu predstavlja snažnu dodatnu vrijednost.¹

Američka marketinška asocijacija definira brend kao ime, termin, dizajn, simbol ili bilo koje drugo svojstvo koje identificira robu, prodavača ili uslugu kao distinktivne od drugih konkurenata.²

Brend sažima dvije vrste vrijednosti, materijalne i nematerijalne. Materijalne vrijednosti uključuju elemente dizajna poput logotipa, boje, tipografije, ambalaže, a nematerijalne podrazumijevaju niz asocijacija, priču, simbole, misli, osjećaje, percepciju, očekivanja, iskustva, uvjerenja, stavove, čime se osoba poistovjećuje i povezuje s brendom. Ti su elementi vrlo važni i određuju hoće li osoba kupiti određeni proizvod, a da bi se to dogodilo korisnici moraju razumjeti koje se poruke komuniciraju dizajnom.

Brend stvara snažan i trajan identitet proizvoda ili usluge, sažima posebnost proizvođača i potiče osjećaj povjerenja, korisnosti, dobrobiti i sigurnosti u određeni proizvod ili uslugu.³ Brend podrazumijeva i kvalitetu, stvorenu na temelju ulaganja u usavršavanje proizvodnje proizvoda, pozitivnog iskustva potrošača koji su taj proizvod konzumirali ili koji ga posjeduju. Dobra ili loša percepcija, dojam koji korisnik ima o nekom proizvodu ili usluzi, određuje brend prema van odnosno određuje imidž⁴ jer utječe na povećanje ili smanjenje njegove vrijednosti. Ljudi koji se bave brendiranjem, stvaranjem i održavanjem brenda (engl. *brand management*) žele razviti i zadovoljiti očekivanja postavljena iskustvom s brendom tako da proizvodima ili uslugama daju određene kvalitete ili karakteristike koje ih čine posebnima i jedinstvenima. Brend je stoga jedan od najvrednijih elemenata u oglašavanju. Kako bi neki brend postao uspješan potencijalni hit, potrošači moraju biti svjesni. Svjesnost o brendu (engl. *brand awareness*) omogućuje potrošaču razumijevanje kojoj kategoriji proizvoda ili usluga brend i njegovi podbrendovi pripadaju te informira potrošača koji se proizvodi i usluge prodaju pod imenom tog brenda. Kad se potrošač upozna s tim informacijama, onda može brend usporediti sa svojim potrebama, željama i karakterom te vidjeti odgovarala li mu. Ono što vlasnici brendova žele postići je izjednačiti sliku brenda kod potrošača stvorenu iskustvom sa željenom slikom koju vlasnik (proizvođač) ima, u cilju jačanja i uspjeha tog brenda. Ako potrošač nije upoznat sa postojanjem nekog brenda ili ako ne odgovara osobnosti potrošača neće doći do kupnje. Što je manja razlika između onog što brend govori o sebi i našeg iskustva s njim, to je brend uspješniji u odnosu na konkurenciju. Danas se brendovima komuniciraju kompleksne poruke društvenih, ekonomskih i političkih pitanja. Brendovi imaju snagu prenijeti kompleksne poruke, potiču uvjerenja i navode na određena ponašanja, daju proizvodima dodatnu vrijednost, a potrošačima sigurnost da će taj brend isporučiti određena obećanja.⁵ Jedna od najvažnijih karakteristika brenda je da izazvaju emocije (pozitivne ili negativne) kod velikog broja ljudi u kratkom vremenu.

Vrijednost nematerijalne imovine pojedinih proizvođača stalno raste pa se početkom 80-ih godina prošlog stoljeća kretala od 33 %, sve do 90 % u današnje vrijeme, što pokazuje da nematerijalne vrijednosti dobivaju sve više na snazi.⁶ Kaplan smatra nematerijalnu imovinu poduzeća temeljnim sredstvom u formuliranju poslovne strategije koju čine tri sastavnice: intelektualna, organizacijska i reputacijska imovina.⁷ Ona je jedan od najvažnijih resursa poduzeća koji stvara njegovu konkurentsku prednost te ju je teško kopirati.⁸ Stvaranje brenda zahtijeva konstantna ulaganja resursa i planiranje, a ako brend nema jasnu strategiju, neće opstati na tržištu. Uspješan brend, s druge strane, nema samo korisnike, nego i obožavatelje (Nike, Apple).

Brendirati se može bilo što, proizvodi, usluge, osobe, ideje, pa tako i države.⁹ Danas korisnici percipiraju razlike kod proizvoda ili usluga na temelju emocionalnih odluka, a ne više toliko racionalnih. Kod mnogih proizvoda koji imaju slične vrijednosti i koji nemaju izražena razlikovna obilježja, brendovi čine bitan element uočavanja međusobnih razlika te njihove diferencijacije u odnosu na konkurenciju.

2. Povezanost brendova i slovnih znakova

Psiholog Ernest Becker tvrdi da čovjek mora biti dijelom nečega, ali se mora i isticati (dualizam). Treba istodobno biti član tima i, s druge strane, imati osjećaj osobne vrijednosti odnosno mogućnost da se osobno istakne.¹⁰

Čovjek pojednostavnjuje okolinu, međusobnu komunikaciju te je po prirodi sklon davati neljudskim fenomenima ljudske atribute. S obzirom na to da čovjek 80 % informacija prima osjetilom vida, logično je da se služi slikama kako bi ih lakše upamtio. Taj prirodni zakon, ljudsku sklonost smanjenju napora i kondenzaciji forme definirao je 40-ih godina profesor lingvistike s harvardskog sveučilišta George Kingsley Zipf, po kojem je nazvan Zipfov zakon.¹¹ Danas smo svjedoci komponiranja simboličnih vrijednosti u stvari koje nas okružuju. U izradi znakova i logotipa također se može vidjeti da ljudi prate Zipfov zakon jer umjesto da se u cijeli naziv poduzeća stavi opis svega čime se bavi, sve je to sadržano u znaku ili logotipu koji je čovjek kreirao. Ljudi pamte i povezuju vizual s vlastitom percepcijom onoga čime se to poduzeće bavi te im tad više nije potreban opis.

Dokaz tog zakona je i razvoj abecede, koja se razvijala od piktograma i ideograma do konačnog fonetskog sustava gdje su slova apstraktni oblici. Sa stvaranjem abecede čovjek je mogao zapisivati svoje znanje i na taj način prenositi ga velikom broju ljudi. No, abeceda se na tom stupnju razvoja našla tek nakon više tisuća godina, koliko je trebalo čovjeku da usavrši taj komunikacijski sustav. Stoga su slova, znakovi i logotipi kodovi kojima se komuniciraju ideje

i misli, a da je tomu tako objasniti će se na primjeru prvih triju slova abecede (A, B i C). Reprezentacije abecednih znakova originalno su predstavljale slike prirodnih objekata čija su imena počinjala s tim glasovima. Po Blackettu, najraniji vizualni oblici brendova (prije monograma i imena), jesu simboli.¹²

Slovo A, prvo slovo latinice, potječe od piktograma kananskog pisma (1500. g. pr. Kr.) koji predstavlja glavu vola¹³. Piktogram za glas A , simbolizira snagu i moć djelovanja te životinje i ujedno je predstavljao i poglavara. *Aleph* korespondira s grčkim imenom *alpha* i arapskim *aleph*, što znači *vol* odnosno *glava vola*. Korijen *aleph* je prilagođeni korijen matičnog korijena *el* što znači snaga, moć i poglavar. Svako od tih značenja povezano je sa značenjem piktograma ¹⁴. Feničani su preuzeli značenje imena *aleph* i u svojoj ga abecedi koristili u pojednostavnjenom obliku. S obzirom na to da su pisali zdesna nalijevo, bilo im je jednostavnije oblik vola crtati bočno. Grci u IX./VIII. st. pr. Kr. znaku 'A', koji preuzimaju od Feničana, daju glasovnu vrijednost 'A' te se znak s vremenom reducirao samo na tu oznaku, na samoglasnik 'a'. Grci znaku daju naziv ALFA, smještaju ga na prvo mjesto abecede, a s obzirom na to da su pisali slijeva nadesno, okrenuli su znak za 180 stupnjeva i dodatnom redukcijom njegove forme nastao je znak A kojim se služimo i danas, slika 1. Od Grka slovo A poslije preuzimaju Etruščani i Rimljani.



Slika 1.: Razvoj slova 'A' [16]

U glagoljici razvoj slova 'A', odnosno slovo 'AZ' ima vlastitu povijest. Az je prvo slovo glagoljske abecede i koristi se za pisanje slova 'A'. Prvo glagoljsko slovo nastalo je od znaka križa (+) koji je poslije na krajevima poprečne crte dobio najprije kratke, a poslije i dulje povlake prema dolje kako bi se u liturgijskim tekstovima razlikovao od znaka križa.¹⁵ 'A' je uz semantička značenja označavao i simbolične pojmove poput osobe, čovjeka, zamjenice ja, križa i početka.

Slovo 'B' dolazi od kananskog znaka  koji u hebrejskom nosi naziv 'BETH', a znači *kuća* ili *labirint*¹⁷. Grci slovo 'B' preuzimaju prema glasovnoj vrijednosti, ali mu mijenjaju vizualnu formu i daju mu onu kakvu i danas poznajemo. S vremenom su mu promijenili i glasovnu vrijednost tako da ga danas izgovaraju kao 'V', dok mu današnji izgovor u latinici daju Rimljani u VII. st. pr. Kr. BUKI je naziv drugog slova glagoljske abecede, koje u latinici odgovara slovu 'B'. U glagoljskim knjigama buki se koristio kao simbol Boga, označavao je pojam učenja napamet od kojeg je proizišao i glagol bubati, zatim prolaznost, materijalne vrijednosti i dr.¹⁸

Treće latinično slovo ‘C’ razvilo se iz semitskog linearnog znaka ‘GI-MEL’, onog od kojeg se razvilo i slovo ‘G’, što znači *sjekira*. Postoji teorije da slovo ‘C’ potječe od piktograma  nalik bumerangu, zvanog *gaml*, dok ga drugi povezuju s devinom grbom (hebrejski *gaml*). U natpisima na protokantskom pismu slovo ima oblik kuta Γ, formu koja se također pojavljuje u ranim grčkim natpisima.¹⁹ Abeceda istočne Grčke zadržala je formu s dvama potezima korištenu u klasičnom grčkom pismu. Grei ga preuzimaju u jednakoj vizualnoj formi, daju mu ime GAMMA iz kojeg se potom u latinskoj abecedi razvijaju ‘C’ i ‘G’.

Iz triju primjera može se primijetiti da slova nose duboku simboliku, gdje svaki abecedni znak ima svoju piktogramsku povijest te da je današnji izgled rezultat njihova 5000 godina dugog stvaranja. Slova su nosioci simbola koje su ljudi ugradili u njihove forme prilikom korištenja u svojem pismu i govoru. S vremenom su se ta značenja izgubila te suvremenik XXI. st. više ne zamjećuje slikovno značenje, nego samo fonetski prikaz slova.²⁰ Ona su s druge strane postala univerzalna, bez značenja, što ih čini ponovno polaznom točkom za stvaranje novih značenja. Amerikanka Jean Dalby Clift kaže kako ljudi ne dodaju samo vlastite interpretacije simbola, nego također stvaraju osobne simbole koji predstavljaju njihovo viđenje vlastitog života, tzv. slikovne jezgre osobe. Logotipi brojnih firmi dokaz su toga. Kao što danas brendovi stvaraju novu kulturu, tako su i značenja ugrađena u slova utjecala na kulture gdje su se ta slova odnosno to pismo primjenjivali. Slova su poput brendova, imaju moć i utječu na ljude te pobuđuju emocije. Slova su ljudima poznata kao što su određeni brendovi poznati određenim potrošačima te u obama slučajevima nije potrebno opisivati njihove znakove, značenja i ono što predstavljaju jer su već postali poznati dijelovi današnje kulture.

Spomenuta se razmatranja mogu primijeniti i u praksi. Za hrvatsku je sredinu poznato da je dio kulturne baštine pisan na glagoljskom pismu koje se, na ovim prostorima, koristilo oko 1000 godina.²¹ Danas je mišljenje mnogih da je glagoljica staro i izumrlo pismo s čijim značajkama i uporabom šira javnost nije detaljno upoznata.

Glagoljica je zbog toga uzeta kao vizualna osnova novostvorenog projekta *Fabula Croatica*. U tom se projektu glagoljica proučava s aspekta dizajna, a ne s povijesnog stajališta, te se istražuje potencijal koji ima za promicanje identiteta Hrvatske.

Priča koja se nalazi iza glagoljice i njezino povezivanje s drugim vrijednostima iz hrvatske kulture pruža novi doživljaj korisnicima i potrošačima koji može biti oformljen kroz proizvode. Projekt *Fabula Croatica* promiče kulturu kao temeljnu odrednicu hrvatskog nacionalnog identiteta, modernizira je i prilagođuje današnjem vremenu, stoga je književnica Ivana Brlić Mažuranić odabrana kao prva predstavница takve inicijative. Prva kategorija proizvoda *Fabula*



Slika 2.: AZ 1

Croatica ima za cilj promicati znamenite Hrvate koji su svojim stvaralaštvom i radom pridonijeli Hrvatskoj i svijetu. Prva kategorija proizvoda naziva se AZ s obzirom na to da prvo glagoljsko slovo simbolički označuje čovjeka, osobu, slika 2.

Za prvi proizvod *Fabula Croatica* izabrana je Ivana Brlić Mažuranić iz nekoliko razloga. Godine 2008. obilježena je sedamdeseta obljetnica njezine smrti, a osim što je stvarala iznimna književna djela hrvatske i svjetske literature, manje je poznato da su u studenom 2010. u Tokiju u njezine *Priče iz davnine* prevedene na japanski i time su otvorena vrata na japansko tržište koje je poznato kao jedno od najkonkurentnijih i najstrožih tržišta dječje književnosti.²² Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti (JAZU), danas Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti (HAZU), primila je 1937. Ivanu Brlić Mažuranić za svojeg člana, čime je postala prva žena u Akademijinju članstvu.²³ Ista ju je institucija dva puta predlagala za Nobelovu nagradu, a djela su joj prevedena na mnoge svjetske jezike čime se ubrojila u red najprevođenijih hrvatskih autora. Sve te činjenice govori o kvaliteti kakvu Ivana Brlić Mažuranić posjeduje, a time i Hrvatska.

Glagoljica je postavljena uz Ivanu Brlić Mažuranić kao vizual koji komunicira njezino profesionalno zvanje, s obzirom na to da je riječ o pismu koje je postavilo temelj hrvatskoj pismenosti i književnosti.

Zaključak

Glagoljicu danas nije potrebno promatrati kao uporabno pismo koje bi zamijenilo latinicu zato što su društvene okolnosti i kultura različiti od onoga doba kad se aktivno koristila. Potrebno ju je promatrati kao pismo identifikacije hrvatskog naroda i njegove kulture. Glagoljica se može ponovno popularizirati u široj javnosti ako ju se promatra kao novi hrvatski brend u pravom smislu te riječi. Jer, kao što je spomenuto, slova pobuđuju emocije, pa tako glagoljica može, povezivanjem korisnika s hrvatskom kulturom te njezinim povezivanjem s osobnošću korisnika, stvoriti novu hrvatsku priču s promicanjem vrijednosti prilagođenih današnjem društvu.

Bilješke

- (1) Skoko, Božo, 2009., *Država kao brend, Upravljanje nacionalnim identitetom*, Zagreb, Matica hrvatska, str. 128.
- (2) American Marketing Association, (n.d.), *Dictionary, Brand*, [internet] <raspoloživo na: http://www.marketingpower.com/_layouts/Dictionary.aspx?dLetter=B> [pristupljeno 20. ožujka 2012.]
- (3) Skoko, Božo, 2009., *Država kao brend, Upravljanje nacionalnim identitetom*, Zagreb, Matica hrvatska, str. 129–130.
- (4) Isto, str. 130.
- (5) Isto, str. 129.
- (6) Grgić, Damir, 2008., *Instrumenti mjerenja reputacije poduzeća*, Tržište, 20 (2), str. 233.
- (7) Isto, str. 233.
- (8) Isto, str. 234–235.
- (9) Skoko, Božo, 2009., *Država kao brend, Upravljanje nacionalnim identitetom*, Zagreb, Matica hrvatska, str. 130.
- (10) Grgić, Damir, 2008., *Instrumenti mjerenja reputacije poduzeća*, Tržište, 20 (2), str. 235.
- (11) Danesi, Marcel, 2004., *Messages, Signs, and Meanings: A Basic Textbook in Semiotics and Communication Theory*, Toronto, Canadian Scholars' Press
- (12) Skoko, Božo, 2009., *Država kao brend, Upravljanje nacionalnim identitetom*, Zagreb, Matica hrvatska, str. 128.
- (13) Sophocles, Evangelinus A., 1854., *History of the Greek alphabet and Pronunciation*, Cambridge, John Bartlett, str. 3, pristupljeno preko Internet Archive, <http://www.archive.org/stream/historygreekalp01sophgoog/historygreekalp01sophgoog_djvu.txt> [pristupljeno 20. ožujka 2012.]

- (14) Northington, Dennis, 2009., *Aleph Tav Herald of Messiah*, str. 180 [internet] <raspoloživo na: <http://www.scribd.com/doc/72379827/Aleph-Tav-Study-Book-Word-Format>> [pristupljeno 20. ožujka 2012.]
- (15) Bogović, Mile, 2004., *Okolnosti pojave i razvoja glagoljice na hrvatskom području do 1248. godine.*, Staroslavenski institut, Krčka biskupija, Glagoljica i hrvatski glagolizam, Zagreb – Krk, 2. – 6. listopada 2002., Staroslavenski institut, Krčka biskupija, str. 252.
- (16) Sack, David, 2003., *Letter Perfect, The Marvelous History of our Alphabet from A to Z*, New York, Broadway Books
- (17) Naveh, Joseph, 2004., *Origins of the Alphabets, Introduction to Archaeology*, Hahagana, Concordia Publishing House, str. 22.
- (18) Horvat, Jasna, 2007., *Az*, Zagreb, Naklada Ljevak, str. 188.
- (19) Yardeni, Ada, 2003., *A-dventure-Z': The Story of the Alphabet*, Carta, Carta Jerusalem, str. 25.
- (20) Danesi, Marcel, 2004., *Messages, Signs, and Meanings: A Basic Textbook in Semiotics and Communication Theory*, Toronto, Canadian Scholars' Press
- (21) Nazor, A., 2008., *Knjiga o Hrvatskoj glagoljici "Ja slovo znajući govorim ..."*, Zagreb, Erasmus, str. 14–15.
- (22) Žubrinčić, Darko, 2010., *Croatian Tales of Long Ago by Ivana B. Mazuranic published in Japanese in 2010* [internet] <raspoloživo na: <http://www.croatia.org/crown/articles/10045/1/Croatian-Tales-of-Long-Ago-by-Ivana-B-Mazuranic-published-in-Japanese-in-2010.html>> [pristupljeno 20. ožujka 2012.]
- (23) Ivana Brlić Mažuranić, službene stranice grada Ogulina [internet] <raspoloživo na: <http://www.ogulin.hr/povijest/poznati/poznati-ogulinci/ib-mazuranic>> [pristupljeno 20. ožujka 2012.]

Literatura

- [1] Skoko, Božo, 2009., *Država kao brend, Upravljanje nacionalnim identitetom*, Zagreb, Matica hrvatska
- [2] American Marketing Association, (n.d.), *Dictionary, Brand* [internet] <raspoloživo na: http://www.marketingpower.com/_layouts/Dictionary.aspx?dLetter=B> [pristupljeno 20. ožujka 2012.]
- [3] Grgić, Damir, 2008., *Instrumenti mjerenja reputacije poduzeća*, Tržište, 20 (2), str. 231–249.
- [4] Danesi, Marcel, 2004., *Messages, Signs, and Meanings: A Basic Textbook in Semiotics and Communication Theory*, Toronto, Canadian Scholars' Press
- [5] Sophocles, Evangelinus A., 1854., *History of the Greek alphabet and Pronunciation*, Cambridge, John Bartlett, str. 3, pristupljeno preko Internet Archive, <http://www.archive.org/stream/historygreekalp01sophgoog/historygreekalp01sophgoog_djvu.txt> [pristupljeno 20. ožujka 2012.]

-
- [6] Northington, Dennis, 2009., *Aleph Tav Herald of Messiah*, str. 180 [internet] <raspoloživo na: <http://www.scribd.com/doc/72379827/Aleph-Tav-Study-Book-Word-Format>> [pristupljeno 20. ožujka 2012.]
- [7] Bogović, Mile, 2004., *Okolnosti pojave i razvoja glagoljice na hrvatskom području do 1248. godine.*, Staroslavenski institut, Krčka biskupija, Glagoljica i hrvatski glagolizam, Zagreb – Krk, 2. – 6. listopada 2002., Staroslavenski institut, Krčka biskupija
- [8] Sack, David, 2003., *Letter Perfect, The Marvelous History of our Alphabet from A to Z*, New York, Broadway Books
- [9] Naveh, Joseph, 2004., *Origins of the Alphabets: Introduction to Archaeology*, Hahagana, Concordia Publishing House
- [10] Horvat, Jasna, 2007., *Az*, Zagreb, Naklada Ljevak
- [11] Yardeni, Ada, 2003., *A-dventure-Z': The Story of the Alphabet*, Carta, Carta Jerusalem, str. 25.
- [12] Nazor, A., 2008., *Knjiga o Hrvatskoj glagoljici "Ja slovo znajući govorim..."*, Zagreb, Erasmus
- [13] Žubrinić, Darko, 2010., *Croatian Tales of Long Ago by Ivana B. Mazuranic published in Japanese in 2010* [internet] <raspoloživo na: <http://www.croatia.org/crown/articles/10045/1/Croatian-Tales-of-Long-Ago-by-Ivana-B-Mazuranic-published-in-Japanese-in-2010.html>> [pristupljeno 20. ožujka 2012.]
- [14] Ivana Brlić Mažuranić, službene stranice grada Ogulina [internet] <raspoloživo na: <http://www.ogulin.hr/povijest/poznati/poznati-ogulinci/ib-mazuranic>> [pristupljeno 20. ožujka 2012.]
- [15] Kotler, Philip, 2004., *Marketing Management*, New Jersey, Prentice Hall

Glagolitic Script Letters as Brands

Filip Cvitić

Abstract: To raise awareness about the Glagolitic script among larger audiences, it is necessary to make a similar approach as big companies do when they promote their own products or services. By redefining the values it had in the past and its modernization, the Glagolitic script can be brought closer to the 21st century man. This article explains the relationship between the brand and the Glagolitic script and shows, through the Fabula Croatica project, a possible direction how this script can win a larger audience. Every letter of the Glagolitic script is a brand in itself, and if one observes them in that way and researches the inner potential which they contain, the values of the Glagolitic script will be successfully promoted, and through them a part of the Croatian national identity as well. Given the long history of the Glagolitic script, its relationship with the Croatian people and the potential for promoting cultural values, it is the subject of this and further research.

Key words: alphabet, brand, Glagolitic script, font

Nakladnik:

KIKLOS – KRUG KNJIGE d.o.o.

Jurjevska 20, 10000 Zagreb

Tel.: 385 1 466 8204

Mob.: 098 909 7964

E-pošta: kiklos.hr@hotmail.com

Tiskanje dovršeno u listopadu 2017.