

# Povijest Zavoda za elektroakustiku Fakulteta elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu

Prof. dr. sc. **Branko Somek**, član emeritus HATZ-a,  
Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva, [branko.somek@fer.hr](mailto:branko.somek@fer.hr)

Prof. dr. sc. **Siniša Fajt**, član suradnik HATZ-a,  
Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva, [sinisa.fajt@fer.hr](mailto:sinisa.fajt@fer.hr)

***Sažetak:** Povijest Zavoda za elektroakustiku Fakulteta elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu rezultat je rada njegovih djelatnika od samog njegovog osnivanja do danas. Zato je nužno sjetiti se ljudi koji su radili na Zavodu za elektroakustiku ili su s njim surađivali i zabilježiti njihova djela dok sjećanja još postoje. Ovaj prikaz povijesti Zavoda za elektroakustiku ograničen je prostorom, ali zato ne i vremenom, i sigurno je dobra podloga za neki budući opširniji i detaljniji prikaz.*

***Gljučne riječi:** Akustika, elektroakustika, Zavod za elektroakustiku, Fakultet elektrotehnike i računarstva*

## 1. Uvod

Zavod za elektroakustiku Fakulteta elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu bavi se elektroakustikom kao posebnom granom elektrotehnike, tj. pretvorbom zvuka u električni signal i obrnuto, njegovim prijenosom, obradom, analizom, sintezom i pohranom u analognoj i digitalnoj domeni, te mjerenjem i ispitivanjem. To podrazumijeva suvremene digitalne medije, uređaje i sustave za pohranu, obradu i prijenos audiosignala, npr. računala, digitalne audio radne stanice, internet (s mogućnošću stacionarnog i mobilnog korištenja), digitalna audio radiodistribucija (zemaljska i satelitska). Općenito se bavi zvukom, čujnim i nečujnim (infrazvuk i ultrazvuk), koji se može širiti plinovima, tekućinama i krutinama. Područje primjene je u elektronici, arhitekturi, građevinarstvu, okolišu, medicini, tehnici, industriji, komunikacijama, umjetnosti i zabavi. Znanja koja tokom studija dobiju studenti omogućuje im da se mogu uspješno uključiti u sva interdisciplinarna područja elektroakustike.

## 2. Osnivanje Zavoda za elektroakustiku

Zavod za elektroakustiku osnovan je 1. listopada 1954. godine u okviru tadašnjeg Tehničkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Osnivač i dugogodišnji predstojnik Zavoda bio je prof. dr. sc. Tihomil Jelaković, znanstvenik, stručnjak i posebno dobar čovjek.



Sl. 1. Prof. dr. sc. Tihomil Jelaković

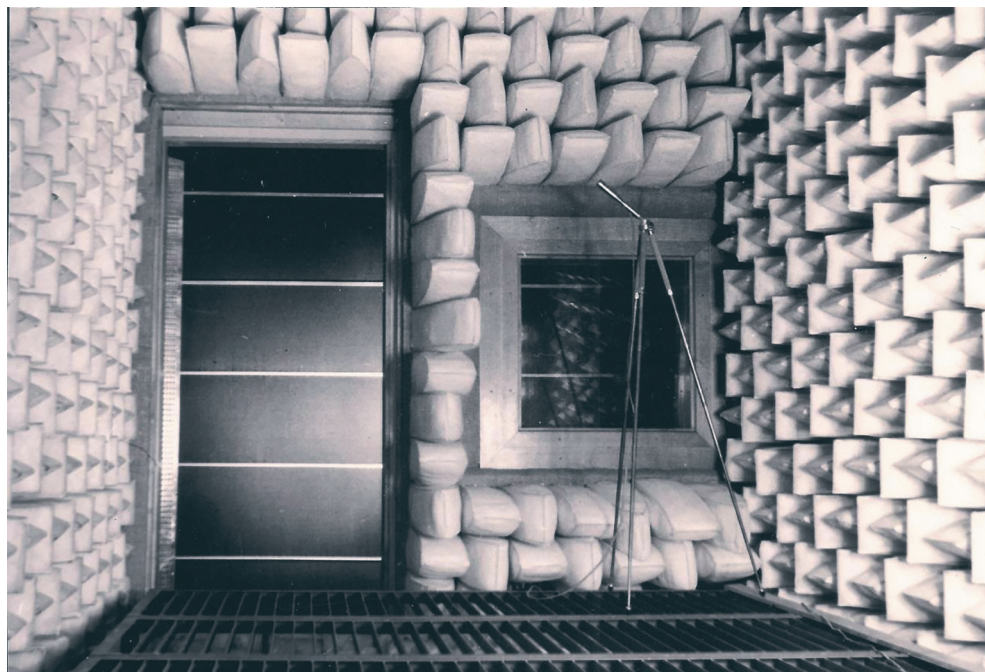
Nakon njegove smrti 1978. godine rad i ideje prof. Jelakovića nastavljaju njegovi tadašnji suradnici: prof. dr. sc. Miroslav Gregurić, prof. dr. sc. Ivan Jelenčić i prof. dr. sc. Branko Somek, od kojih su se potonja dvojica izmjenjivala na mjestu predstojnika sve do njihove mirovine, a zatim i drugi nastavnici. Predstojnici Zavoda bili su:

1. prof.dr.sc. Tihomil Jelaković 1954. – 1978.
2. prof.dr.sc. Branko Somek 1978. – 1982.
3. prof.dr.sc. Ivan Jelenčić 1982. – 1986.
4. prof.dr.sc. Branko Somek 1986. – 1990.
5. prof.dr.sc. Ivan Jelenčić 1990. – 1994.
6. prof.dr.sc. Branko Somek 1994. – 1996.
7. prof.dr.sc. Ivan Jelenčić 1996. – 1998.
8. prof.dr.sc. Mladen Maletić 1998. – 2002.
9. prof.dr.sc. Hrvoje Domitrović 2002. – 2006.
10. prof.dr.sc. Bojan Ivančević 2006. – 2010.
11. prof.dr.sc. Siniša Fajt 2010. – 2014.
12. prof.dr.sc. Ivan Đurek 2014. – 2018.
13. prof.dr.sc. Kristian Jambrošić 2018. –

Godine 1955. prof. dr. sc. M. Gregurić postaje prvi asistent, a prof. dr. sc. B. Somek prvi demonstrator u Zavodu. Opći razvoj znanja i tehnologije prate i djelatnici Zavoda, te i nadalje nastoje približiti postignuća Zavoda međunarodnim standardima. Ostvarena je suradnja sa srodnim sveučilištima u inozemstvu, podupiru se strukovne asocijacije, radi se na stručnim i znanstvenim projektima. Jedna od važnih premisa je interdisciplinarnost, pa članovi Zavoda sudjeluju u radu i na područjima medicine, ekologije i stručnog usavršavanja. Članovi Zavoda su u upravnim tijelima domaćih i međunarodnih strukovnih organizacija (AES, HAD, EAA, AAAA). Zbog širokog područja primjene akustike i elektroakustike relativno je velik interes mladih ljudi za stjecanjem odgovarajućih znanja i sudjelovanjem u znanstvenom i stručnom radu.

### 3. Prostorni smještaj Zavoda za elektroakustiku

U početku svoga postojanja Zavod za elektroakustiku bio je smješten u zgradi Srednje tehničke škole u Klaićevoj ulici. Dvije prostorije, koje su mu bile na raspolaganju, nisu ni izdaleka bile dovoljne za rad. Stanje se nešto popravilo preseljenjem u staru zgradu Veterinarskog fakulteta u Zagrebu, Savska cesta 16, gdje se u pet prostorija djelatnost Zavoda već mogla normalnije odvijati.



Sl. 2. Gluha komora Zavoda za elektroakustiku

Daljnijim razvojem Zavoda i taj je prostor postao premalen, pa je preseljenjem 1963. godine u novu C-zgradu Elektrotehničkog fakulteta u Zagrebu Zavod za elektroakustiku dobio jedan kat, tj. 10. kat i dio prostora u podrumu. U Zavodu je u sklopu posebnog elektroakustičkog laboratorija izgrađena “gluha komora” s predprostorom i “akustički studio-slušaoonica”, koja je akustički obrađena i opremljena potrebnom elektroakustičkom i studijskom opremom.



Sl. 3. Slušaoonica Zavoda za elektroakustiku

Osim toga, opremljeni su u određenoj mjeri laboratoriji za rad sa studentima grupe predmeta Akustika i elektroakustika. Tu se nalaze i prostorije za konstrukcijske programe, diplomske radove i poslijediplomsku nastavu, te magistarske radove. U tom je prostoru smještena bogata knjižnica Zavoda za elektroakustiku, a osim toga opremljene su radionice za gradnju elektroakustičkih komponenata, opreme, uređaja i instrumenata za nastavne svrhe, za projekte u vezi s gospodarstvom, te prostorija administratora. Nastavnici imaju svoje sobe, a u ostalim su prostorijama smješteni suradnici i znanstveni novaci. Međutim, zbog velikog broja studenata i diplomanata u to vrijeme treba naglasiti da taj prostor nije bio dostatan. Zavod za elektroakustiku trebao je više laboratorijskih prostora. Nastava iz navedenih grupa predmeta održavala se i u predavaonicama u zgradama A, B i D Fakulteta elektrotehnike i računarstva.

## 4. Nastavno osoblje

U Zavodu za elektroakustiku djelovali su prof. dr. sc. Tihomil Jelaković, prof. dr. sc. Miroslav Gregurić, prof. dr. sc. Branko Somek, prof. dr. sc. Ivan Jelenčić, izv. prof. dr. sc. Momir Vujnović, izv. prof. dr. sc. Mladen Maletić, prof. dr. sc. Bojan Ivančević, prof. dr. sc. Hrvoje Domitrović, prof. dr. sc. Siniša Fajt, prof. dr. sc. Ivan Đurek, prof. dr. sc. Kristian Jambrošić, izv. prof. dr. sc. Antonio Petošić i doc. dr. sc. Marko Horvat. Nastavnici rade ovisno o specijalizaciji i izboru na jednoj od dvije grupe predmeta ili na obje grupe predmeta Akustika i elektroakustika, te Tonfrekvencijska i prijamnička elektronika.

## 5. Nastavna djelatnost Zavoda za elektroakustiku

Razvoj i napredak elektrotehnike, elektronike, komunikacija i informatike odražava se i u nastavnim planovima Elektrotehničkog fakulteta/Fakulteta elektrotehnike i računarstva. Te su promjene nužno utjecale i na nastavno područje Zavoda za elektroakustiku. U početku rada Zavoda, tj. 1954. godine, započinje nastava iz predmeta Elektroakustika, koji se počeo predavati već u nastavnom planu 1951./1952. godine s honorarnim nastavnicima. U školskoj godini 1959./1960. za studente smjera jake struje predaje se predmet Slaba struja, a za smjer slabe struje predmeti Elektroakustika i Audiotehnika. Godine 1967. uvodi se novi studijski program ETF2 sa smjerovima Elektroenergetika, Elektrostrojarstvo i automatizacija te Elektronika, koju čine usmjerenja Elektrokomunikacije i Automatika. U školskoj godini 1967./1968. za smjer Elektronika – usmjerenje elektrokomunikacije predaju se predmeti Elektroakustika, Prijemnici, Audiotehnika, Prostorna akustika i Tehnika visokokvalitetne reprodukcije zvuka. Osim toga Zavod djeluje i u nastavi III. stupnja. Na poslijediplomskoj su nastavi sljedeći predmeti: Elektroakustički pretvarači, Magnetsko registriranje, Slušna akustika i Prijemna tehnika. Godine 1971. u studijskom programu ETF3 uvode se nova usmjerenja na Elektroničari: Telekomunikacije i informatika, Automatika, Računarska tehnika i informatika te Radiokomunikacije. Taj nastavni program identičan je programu ETF2. Godine 1978. nastaje studijski program ETF4 sa smjerovima Energetika, Elektrostrojarstvo i automatizacija, Industrijska elektronika, Telekomunikacije i informatika, Automatika, Računarska tehnika, Radiokomunikacije i profesionalna elektronika te Nuklearna energetika. Donošenjem nastavnog plana ETF-4 za školsku godinu 1979./1980. Zavod za elektroakustiku zajedno sa Zavodom za visokofrekventnu tehniku postaju nositelji smjera Radiokomunikacije i profesionalna elektronika.

Zavod djeluje s nastavom na tom smjeru, ali i u drugim smjerovima s pojedinim predmetima. U smjeru Radiokomunikacije i profesionalna elektronika Zavod izvo-



Sl. 4. Ocjenjivanje pismenih ispita na Zavodu za elektroakustiku  
s lijeva na desno: prof. dr. sc. Dimitrović, izv. prof. dr. sc. Maletić, prof. dr. sc. Ivančević, prof. dr.  
sc. Fajt (u vrijeme nastanka slike nisu imali navedena znanstveno-nastavna zvanja)

di nastavu iz dvije grupe predmeta Akustika i elektroakustika, te Tonfrekvencijska i prijamnička elektronika. Uvode se redovni i izvanredni predmeti. Redovni su predmeti : Elektroakustika, Tonfrekvencijska tehnika, Prijemnici i Magnetsko registriranje. Izborni su predmeti : Kvaliteta elektroakustičkih sustava, Profesionalni tonfrekvencijski uređaji, Specijalni prijemnici, Zvučnici i zvučnički sustavi, Digitalna audiotehnika, Muzička i govorna akustika, Buka i vibracije, Ultrazvučna i infrazvučna tehnika, a za smjerove Industrijska elektronika i Telekomunikacije predaju se predmeti Elektroakustika i Audiometrija. Uz to studenti Radiokomunikacija i profesionalne elektronike u osmom semestru obvezno rade konstrukcijski program koji im je uvod u diplomski rad. Na poslijediplomskom studiju nastavnici Zavoda za elektroakustiku predaju sljedeće predmete: Elektroakustički pretvarači, Slušna akustika, Prijamna tehnika, Elektroakustičko-mehaničke analogije, Teoretska hidroakustika, Hidroakustički pretvarači i sistemi, Mjerenje buke i vibracija. Nastavnici ovog zavoda za pojedina su nastavna područja napisali knjige, skripte i upute za laboratorijske vježbe, tako da je područje koje obrađuje Zavod dobro pokriveno literaturom. Za laboratorijske su vježbe izrađeni programi, makete, modeli i ostala pomagala. Zavod intenzivno djeluje u donošenju novog nastavnog plana FER-1. Na temelju znanstvenog i tehničkog razvoja akustike, elektroakustike, hidroakustike, tonfrekvencijske i prijamničke elektronike (analogne i digitalne), informatike, komunikacija i dr. predloženi su za smjer Radiokomunikacije i profesionalna elektronika, kao i za ostale smjerove, novi redovni i izborni predmeti. U okviru Zavoda djeluju nastavnici iz društvenih područja kao što je Industrijska so-

ciologija. Reformu iz 2005. godine, tzv. Bolonjski proces, FER uvodi sa studijskim programom FER-2 na preddiplomskoj razini sa dva studija, Elektrotehnika i informacijska tehnologija te Računarstvo. Na diplomskoj razini, uz ova dva studija, uveden je i studij Informacijske i komunikacijske tehnologije. U okvir nastavnog plana FER-2 predavali su se predmeti na sveučilišnom preddiplomskom studiju Audio-tehnika, Elektroakustika, Prijenos zvuka, Zvuk i okoliš, Zvuk i računala. Na diplomskom sveučilišnom studiju po FER-2 predavali su se Audiosustavi, Analiza i obrada audioinformacija, Akustika prostora, Ozvučenje, Govorna i glazbena akustika, Profesionalni tonfrekvencijski uređaji. Na poslijediplomskom sveučilišnom studiju po FER-2 predavali su se Akustičko projektiranje, Audiokomunikacije, Buka i vibracije, Elektroakustička mjerenja, Forenzička analiza audio signala, Slušna akustika, Ultrazvučni sustavi, Zvuk u arhitekturi, Zvuk u multimedijским sustavima.

## 6. Fakultet elektrotehnike i računarstva

Fakultetsko vijeće Elektrotehničkog fakulteta 12. srpnja 1994. godine prihvatilo je promjenu naziva Elektrotehnički fakultet (ETF) u Fakultet elektrotehnike i računarstva (FER), da bi 7. ožujka 1995. godine promjena naziva bila upisana u registar Suda u Zagrebu, a 1. kolovoza 1995. godine (NN 55/95) i “službeno” je promijenjen naziv fakulteta u Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva.



Sl. 5. FER – Fakultet elektrotehnike i računarstva

Donosi se i novi studijski program, FER1, o kojemu po prvi puta Fakultet izvodi dva studija: Elektrotehniku sa 6 smjerova, koji uglavnom odgovaraju smjerovima iz staroga studijskog programa te Računarstvo. Nastavni program FER1 uglavnom je nastavak programa ETF4. Reformu nastave prema tzv. Bolonjskom procesu FER provodi 2005. godine. U studijskom programu FER2 na preddiplomskoj razini postoje dva studija, Elektrotehnika i informacijska tehnologija te Računarstvo. Na diplomskoj razini, uz ova dva studija, uvodi se i studij Informacijske i komunikacijske tehnologije. U reformu prema tzv. Bolonjskom procesu, osim korisnih i značajnih novina, pokazalo se da u tom programu ima i dosta nedostataka. U lipovnu 2018. godine započelo je izvođenje sedmog po redu studijskog programa na Fakultetu, nazvanog FER3, čija je izrada trajala nekoliko godina. Studijski program i dalje se drži svih načela Bolonjske deklaracije i prilagođeniji je zahtjevima poslodavaca i suvremenim potrebama. Zavod za elektroakustiku je prepoznatljiv i po znanstvenom radu, broju međunarodnih projekata.

## 7. Suradnja s drugim fakultetima

Suradnja Zavoda s drugim fakultetima Sveučilišta u Zagrebu razvija se gotovo od njegova osnutka. Članovi Zavoda surađivali su s Institutom za fonetiku Filozofskog fakulteta u Zagrebu i Rudarsko-geološko-naftnim fakultetom. Zavod je suosnivač interfakultetskog poslijediplomskog studija Ekološko inženjerstvo na kojem profesori Zavoda za elektroakustiku predaju predmete iz grupe predmeta Akustika i Elektroakustika. U nastavi sudjeluje Tehnološki fakultet i Fakultet strojarstva i brodogradnje. Zajedno s Muzičkom akademijom u Zagrebu Zavod osniva Studij za toninženjere. Na Medicinskom fakultetu zaposlenici Zavoda predaju na poslijediplomskom studiju pojedina područja iz slušne akustike i audiometrije, a na Muzičkoj akademiji predmet Glazbena akustika. Nastavnici Zavoda surađivali su iz područja hidroakustike i s Fakultetom strojarstva i brodogradnje u Splitu. Do 1991. godine nastavnici Zavoda predaju na ETF-u u Banjoj Luci. Na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu predavali su predmete Elektroakustika, Zvuk i računalno i Integraciju medija. Na Učiteljskom fakultetu sudjelovali su u poslijediplomskoj nastavi na doktorskom studiju Rani odgoj i obvezno obrazovanje na predmetu Audiovizualne multimedijске komunikacije u odgoju i obrazovanju. U suradnji s Tekstilno tehnološkim fakultetom dobivene su sljedeće nagrade za inovacije:

- 44. Hrvatski salon inovacija s međunarodnim djelovanjem i 15. izložba inovacija, prototipova i studentskih poslovnih inovacija INOVA-BUDI UZOR 2019., Zagreb (Hrvatska)
  - Zlatna medalja i Zlatna medalja INOVA 2019 – Časar Veličan, dipl. inž., prof. dr. sc. Dubravko Rogale, prof. dr. sc. Snježana Firšt Rogale, prof. dr. sc. Siniša Fajt, doc. dr. sc. Željko Knezić: Inteligentna odjeća za detekciju apneje i hrkanja



- Srebrna medalja INOVA 2019 – prof. dr. sc. Dubravko Rogale, doc. dr. sc. Željko Knezić, prof. dr. sc. Siniša Fajt, prof. dr. sc. Snježana Firšt Rogale: Tradicijski tkana vrpca promjenjivog električnog otpora
- Platinum Award (dodijeljena od strane International Invention and Trade Expo, London) – prof. dr. sc. Snježana Firšt Rogale, prof. dr. sc. Jelka Geršak, Prof. dr. sc. Dubravko Rogale, doc. dr. sc. Željko Knezić, doc. dr.sc. Suzana Uran, prof. dr. sc. Siniša Fajt, Daniel Časar Veličan, Damir Begić, doc. dr.sc. Sonja Šterman, dr. Simon Rajh: Pametna odjeća za osobe s dijagnostičiranom demencijom
- Srebrna nagrada INOVA 2019 – prof. dr. sc. Snježana Firšt Rogale, prof. dr. sc. Jelka Geršak, Prof. dr. sc. Dubravko Rogale, doc. dr. sc. Željko Knezić, doc. dr.sc. Suzana Uran, prof. dr. sc. Siniša Fajt, Daniel Časar Veličan, Damir Begić, doc. dr.sc. Sonja Šterman, dr. Simon Rajh: Pametna odjeća za osobe s dijagnostičiranom demencijom
- Posebna nagrada dodijeljena od strane Highly Innovative Unique Foundation in the Kingdom of Saudi Arabia i Posebna nagrada za promicanje znanosti, dodijeljena od strane Tera tehnopolisa i Hrvatske udruge inovatora poduzetnika: Časar Veličan, dipl. inž., prof. dr. sc. Dubravko Rogale, prof. dr. sc. Snježana Firšt Rogale, prof. dr. sc. Siniša Fajt, doc. dr. sc. Željko Knezić: Inteligentna odjeća za detekciju apneje i hrkanja
- International Invention and Innovation Show INTARG® 2019 Katowice (Poljska)
  - Zlatna medalja Ecole Marocaine Des Science De L'Ingénieur – Membre de Honoris United Universités – Daniel Časar Veličan, Dubravko Rogale, Snježana Firšt Rogale, Siniša Fajt i Željko Knezić: Inteligentna odjeća za detekciju apneje i hrkanja
  - Zlatna medalja Gold Medal Award INTARG 2019. – Daniel Časar Veličan, Dubravko Rogale, Snježana Firšt Rogale, Siniša Fajt i Željko Knezić: Inteligentna odjeća za detekciju apneje i hrkanja
- Euroinventu 2019 Iaşij (Rumunjska)
  - Zlatna medalja – Daniel Časar Veličan, Dubravko Rogale, Snježana Firšt Rogale, Siniša Fajt i Željko Knezić: Inteligentna odjeća za detekciju apneje i hrkanja
- KIDE 2019 – međunarodna izložba inovacija i dizajna, Kaohsiung, Taiwan, prosinac 2019.
  - Zlatna medalja i posebna nagrada “INDIA” – prof. dr. sc. Snježana Firšt Rogale, prof. dr. sc. Jelka Geršak, Prof. dr. sc. Dubravko Rogale, doc. dr. sc. Željko Knezić, doc. dr.sc. Suzana Uran, prof. dr. sc. Siniša Fajt, Daniel Časar Veličan, Damir Begić, doc. dr.sc. Sonja Šterman, dr. Simon Rajh: Pametna odjeća za osobe s dijagnostičiranom demencijom

## 8. Opremanje Zavoda

Opremanje Zavoda potrebnim instrumentarijem počelo je samogradnjom instrumenata: elektronskih voltmetara, osciloskopa, mjerača faze, oscilatora, stabilizatora napona, pojačala, zvučnih sustava, audiometara, zvukomjera i dr. Za izvođenje nastave u početku su posuđivani instrumenti od RIZ-a Zagreb, Radiotelevizije i Jugotona. Na tim su uređajima školovane generacije studenata. Nabava instrumenata povećavala se postupno. Nabavljaju se instrumenti sljedećih proizvođača: Iskra, Siemens, Grundig, Philips, Hewlet & Packard, Tektronix, Rhode & Schwartz i dr. Prvo značajnije opremanje akustičkom opremom nabava je akustičke mjerne opreme svjetski poznate tvrtke Bruel & Kjaer iz Danske. Nabavljeni su zvukomjeri, analizatori, pisaci, etaloni za baždarenje mikrofona, mjerni mikrofoni, akcelerometri, umjetne glave, umjetno uho i dr. Sljedeće veće opremanje bilo je 1991. godine kada Zavod dobiva prva osobna računala i suvremenu akustičku opremu tvrtke Bruel & Kjaer – digitalni zvukomjer, vremensko–energetsko–frekvencijski analizator Techron TEF, profesionalni prijenosni magnetofon Nagra-Kudelsky, AKG mikrofoni, i dr. Oprema Zavoda nadopunjuje se gotovo svake godine. Slušaonica-studio Zavoda za elektroakustiku služi za snimanje i ispitivanja iz slušne akustike, za ocjenu kvalitete elektroakustičkih sustava. Zahvaljujući prof. dr. sc. B. Someku, koji je vodio projekt UNIVERZIJADA 87, dobivena je od organizacijskog odbora Republike Hrvatske studijska i profesionalna oprema za ozvučenje: višekanalni tonski stol TOA, pojačala snage TOA, uređaji za efekte i obradu signala, prijenosni tonski mješači, mikrofoni i ostali uređaji za studio.



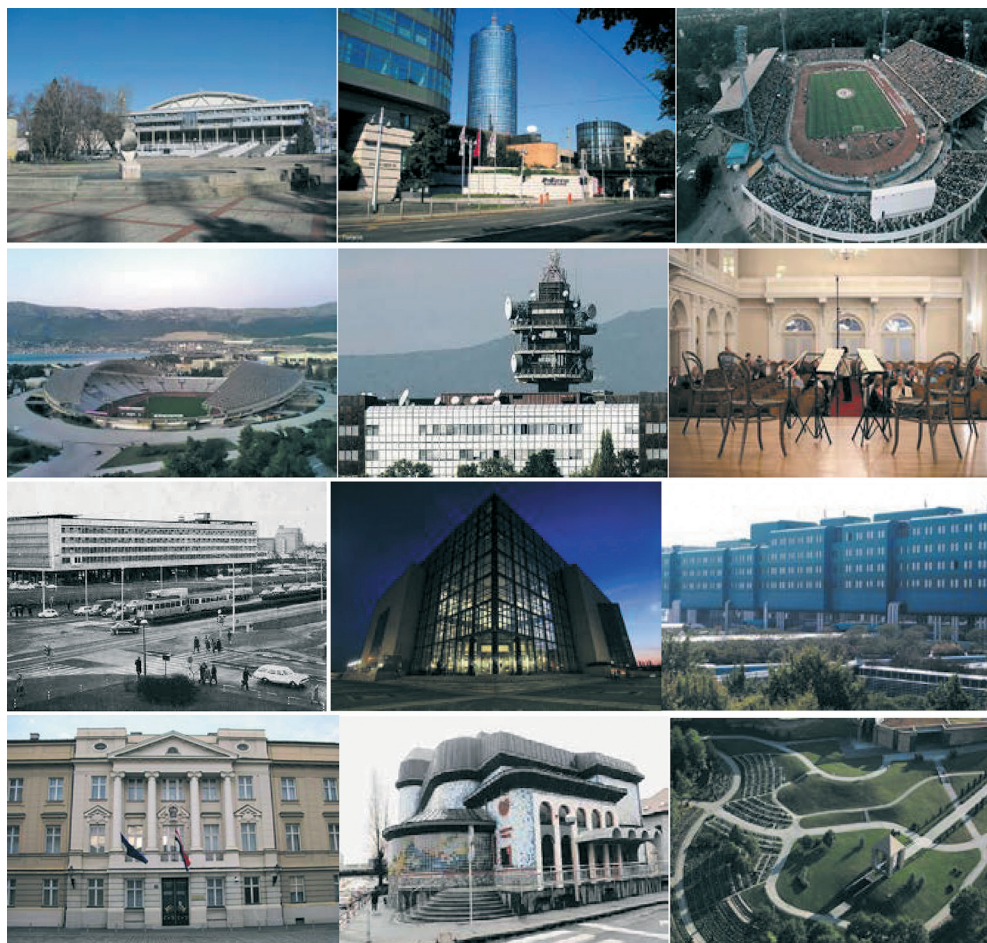
Sl. 6. Radio prijemnici RIZ 614 i 634 STEREO (prof. dr. sc. Branko Somek)

## 9. Knjižnica

U Zavodu se posebna pozornost posvećivala znanstvenoj i stručnoj literaturi. U knjižnici se, osim velikog broja knjiga, njih više od 3200, nalazi i 40-tak stručnih časopisa. Posebno su vrijedna izdanja IEEE, JASA, Acoustica, NB i dr., koji pokrivaju sva znanstvena i stručna područja Zavoda. Zbog pomanjkanja prostora, a i zbog drugih suvremenih načina dostupnosti potrebnih materijala, građa je poslana u fakultetsku knjižnicu FER-a.

## 10. Znanstveno-istraživačka djelatnost, značajni projekti, te suradnja

Suradnja Zavoda s ustanovama, fakultetima i gospodarstvom razvija se već od njegova osnutka. Sustavni rad u znanstveno-istraživačkoj djelatnosti počinje šezdesetih godina 20. stoljeća, posebno u okviru većih znanstvenih projekata, ranije SIZ-a za znanost, a sada Ministarstva znanosti RH. Do 1990. godine radilo se na sljedećim projektima: “Mjerenje i analiza radiokomunikacijskih sustava”, “Istraživanja, razvoj i primjena tankoslojnih, hibridnih i diskretnih komponenata u području radiokomunikacija”, te “Tonfrekvencijska, prijamnička i profesionalna elektronika”. Od 1990. radi se na projektu “Razvoj mjernih metoda i procesiranje signala u elektroakustici”. Voditelji ovih projekata su prof. T. Jelaković, prof. M. Gregurić i prof. B. Somek. Znanstvenici sa Zavoda za elektroakustiku vodili su ili sudjelovali u sljedećim znanstvenim projektima: Procesiranje tonfrekvencijskog signala u radiokomunikacijama, Procesiranje akustičkog signala u radiokomunikacijama, Utjecaj vestibularnog osjetila na ugradnju umjetne pužnice, Analitički model praćenja novih obrazovnih tehnologija, Vrednovanje kvalitete multimedijских edukacijskih prostora i sustava, Procesiranje i ocjenjivanje akustičkog signala u komunikacijama, Utjecaj ultrazvuka velike snage na tkivo, Semantic multimodal analysis of digital media, Soundscape of European Cities and Landscape, Predviđanje, motrenje i zaštita od buke, Analiza i sinteza ultrazvučnog polja u svrhu aplikacije na tkivo, Akustičke osobine kompozitnih elemenata i konstrukcija u graditeljstvu, Integrating and Harmonizing Sound Insulation Aspects in Sustainable Urban Housing Constructions, Element za ugađanje akustičkih značajki prostorija, Zvučni okoliš kao baština – koliko je značajan?, Ocjenjivanje zvučnog okoliša u Kini i Hrvatskoj, Ultrazvučni sustav za određivanje parametara kompleksnih materijala u nelinearnim uvjetima rada, Ocjena akustičkog komfora akustički neosjetljivih zatvorenih prostora u Kini i Hrvatskoj, Platforma za tečaj akustike – strateško partnerstvo u području akustike, Napredne akustičke i psihoakustičke dijagnostičke metode kao temelj inovativnog dizajna u građevinskoj akustici, DENORMS: Designs for Noise Reducing Materials and Structures, Tečaj industrijske akustike o buci, utjecaju buke na ljude i buci okoliša, Razvoj karijera mladih istraživača – izobrazba novih doktora znanosti, 4D akustička kamera, Projekt razvoja karijera mladih istraživača – izobrazba novih doktora znanosti, Udruženje znanja iz akustike, Audio tehnologije u sustavima virtualne stvarnosti za primjenu u auralizaciji, Razvoj i toplinska svojstva inteligentne odjeće – ThermIC. Rezultati istraživanja objavljeni su u velikom broju izvještaja, u zbornicima međunarodnih i stručnih skupova, časopisima, skriptama i knjigama. Određena su rješenja i patentirana. Za znanstveno-istraživački rad, naročito izradom magistarskih i doktorskih radnji, osposobljeno je mnogo istraživača. Suradnja Zavoda s gospodarstvom, institutima i drugim ustanovama vrlo je plodna. To su: RIZ Zagreb, Elak-Đurđevac, Jugoton, danas Croatia Records, Končar, Prvomajska, Iskra-RIZ, Nikola Tesla-Ericson, Brodarski institut, INA-



Sl. 7. Neki od projekata djelatnika Zavoda za elektroakustiku:

OKI, Alea d.o.o., Industrogradnja, GP Tehnika, HRT, HP, HŽ, brodogradilišta, tekstilna industrija, Audiološki centar, Hrvatska vojska, Ghetaldus, KD V. Lisinski, Zavod za normizaciju i dr.

Dom sportova, Zagreb, Cibona, Zagreb, Stadion Maksimir, Zagreb, Stadion Poljud, Split, Hrvatska radiotelevizija, Zagreb, Hrvatski glazbeni zavod, Zagreb, KD "Vatroslav Lisinski", Zagreb, Klinička bolnica Dubrava, Zagreb, Hrvatski sabor, Zagreb, Kazalište "Trešnja", Zagreb, Krematorij Mirogoj, Zagreb

Osim u znanstvenim projektima, Zavod sudjeluje i u značajnim stručnim projektima. Izrađeni su brojni projekti, konstrukcije, elaborati i studije. Tako su, npr., izvršena prva akustička mjerenja i ocjenjivanje akustične kvalitete različitih dvorana i prostora: KD V. Lisinski, HGZ, OTV, Studentski centar, crkve, kino dvorane, učio-

nice, režije, studiji i dr. Izrađeni su projekti prema kojima su izvedeni studiji i režije: HRT doma, Jugotona, HPT-a, te srednjih i manjih radio-stanica u Hrvatskoj. Zavod djeluje na projektiranju i konstrukciji komponenti, aparata i uređaja za velikoserijsku industrijsku proizvodnju (od 10000 do 100000 i više godišnje). Na temelju toga RIZ proizvodi: zvučnike i zvučničke kutije, gramopojčala, prijaimnike, pojačala, muzičke centre i dr., tj. proizvode namijenjene domaćem i stranom tržištu. Za potrebe lokalnih radio-stanica projektirani su i izvedeni studijski uređaji. Na području audiometrije i audiologije Zavod surađuje s Medicinskim fakultetom, zdravstvenim centrima i ustanovama. Razvojni rad na konstrukciji i izgradnji različitih audiometara počinje već od 1955. godine. Takvim su aparatima domaće proizvodnje opremljeni medicinski fakulteti, bolnice i zdravstvene ustanove gotovo u svim gradovima. To se područje proširuje na izradu aparata za rehabilitaciju osoba s oštećenjem sluha, kojima su opremljene odgovarajuće ustanove u Hrvatskoj. Članovi Zavoda sudjelovali su pri prvoj ugradnji kohlearnog implantata (umjetne pužnice) kao dio ekipe i pri stvaranju Strategije rehabilitacije vezane uz hrvatski jezik. Iz tog je područja objavljeno više članaka koji su često citirani. Izrađeni su projekti akustike i elektroakustike višenamjenskih dvorana u inozemstvu (RIGA–Moskva). Zavod sudjeluje pri projektiranju sportskih dvorana i sportskih centara: Dom sportova Zagreb, Cibona, stadioni NK Dinamo, NK Zagreb, NK Varteks i dr. Uz to su izrađeni akustički i elektroakustički projekti Kazališta “Trešnja”, kino-dvorana i koncertnih dvorana. Izrađeni su projekti prema kojima su izvedene “gluhe komore”, “odječne komore” i “slušaonice”. Pojedini članovi Zavoda sudjelovali su u ostvarenju većih projekata za prijenos, snimanje i reprodukciju zvuka: Europsko prvenstvo u klizanju, Zagreb 1970., Zlatna pirueta, Zagreb 1970., Univerzijada, Zagreb 1987., Pjesma Eurovizije, Zagreb 1989., Europsko atletsko prvenstvo A90 Split, olimpijade u Sarajevu 1988. i Barceloni 1992. godine. Pojedini su članovi Zavoda vodili projekt akustike i elektroakustike Nacionalne i sveučilišne biblioteke u Zagrebu i projekt akustike, elektroakustike, audiovideo sustava i konferencijskog sustava Sabora RH. Članovi Zavoda rade na projektima ozvučenja za različite namjene, a posebno za sustave za uzbuđivanje i obavješćivanje. Posebna problematika kojom se Zavod bavi jest mjerenje buke i vibracija, kao i projekti za njihovo smanjenje: prometna buka, industrijska buka, buka uređaja, kao i buka prometnih sredstava. Izrađene su studije o buci za gradove Bjelovar i Varaždin. U Zavodu djeluje Društvo za zaštitu od buke i vibracija. Izrađena je i studija o ultrazvuku “Primjena ultrazvuka u industriji, medicini i pomorstvu”, a izvedene su i konstrukcije za primjenu ultrazvuka u farmaceutskoj industriji “Pliva”. Nastavnici Zavoda sudjeluju u radu za potrebe Hrvatske vojske. U posljednjih se nekoliko godina čine veliki naponi za uvođenje u nastavu povećanog udjela elektroakustike u digitalnim multimedijским komunikacijama. Osim navedenog djelatnici Zavoda za elektroakustiku bave se projektiranjem akustike prostora za slušanje, izradom elaborata akustičkih svojstava prostora, računalnim simulacijama akustike prostora i odgovarajućih parametara akustičke kvalitete, prikazom rezultata statističke analize parametara akustičke kvalitete u računalnoj simulaciji, auralizacijom. Provode i

kontrolna mjerenje parametara akustičke kvalitete prostora sukladno normi ISO3382. Daju preporuke vezane uz akustičku obradu prostora, preporuke odgovarajućih materijala i načina primjene u prostoru, preporuke oblika prostora, preporuke potrebnih vrijednosti parametara akustičke kvalitete prostora, ovisno o konačnoj namjeni prostora. Član Zavoda, dugogodišnji suradnik HRT-a, osim sudjelovanja u projektiranju studija i režija HRT-a kao tonmajstor, snimao je mnoge glazbene sadržaje, a posebno valja istaknuti snimke Antologija hrvatske glazbe, koje su posebno nagrađene zbog visoke kvalitete, te ih je izdao Jugoton kao LP ploče.

## 11. Međunarodna suradnja i suradnja u struci

Zavod za elektroakustiku danas aktivno surađuje na znanstvenom i stručnom polju na projektima ozvučenja konferencijskih sustava, audiovideo sustava i slušnih pomagala sa sljedećim tvrtkama: Siemens-Graz, Wien, Summezberger Wien, TOA Japan, Philips, Studer, Wienato-Resound i drugima. Na znanstvenom području surađuje s tehničkim fakultetima u Munchenu, Berlinu, Aachenu, Bonnu, PTB Braunschweigu, Slovačkim tehničkim fakultetom Bratislava, Tehničkim fakultetom Prag i dr. Pojedini zaposlenici Zavoda članovi su međunarodnih znanstvenih i



**Sl. 8.** Neki od djelatnika Zavoda za elektroakustiku

s lijeva na desno sjede: prof. dr. sc. Ivančević, prof. dr. sc. Domitrović, Ljubica Konjević, prof. dr. sc. Somek, prof. dr. sc. Jelenčić, izv. prof. dr. sc. Vujnović, dr. sc. Sanja Grubeša  
s lijeva na desno stoje: mr.sc. Gašparović, Futivić, izv. prof. dr. sc. Maletić, izv. prof. dr. sc. Petošić, doc. dr. sc. Horvat, prof. dr. sc. Đurek, prof. dr. sc. Jambrošić, Mišerić

stručnih udruženja: International Commission on Acoustics (ICA), Federation Acoustics Societes of Europa (FASE), International Institute of Noise Control Engineering (I-INCE), German Acoustical Society – Deutsche Gesellschaft für Akustik (DEGA), Deutschen Arbeitsgemeinschaft für Akustik (DAGA), Audio Engineering Society (AES), Hrvatsko društvo za komunikacije, računarstvo, elektroniku, mjerenja i automatiku (KOREMA), Hrvatsko društvo elektronika u pomorstvu (ELMAR) i dr. U Zavodu su održana mnoga znanstvena predavanja iz gotovo svih područja elektroakustike. Tvrtka Bruel & Kjaer gotovo je redovito organizirala izložbe i predavanja o svojim mjernim uređajima. Zavod su posjetili mnogi poznati znanstvenici : dr. Bril, prof. Kutruff, prof. Meyer, Chatrin i Don Davis i dr. U Zavodu je sjedište AES Hrvatska koji je osnovan 1. 2. 1993. godine, a zaposlenici Zavoda članovi su ili predsjednici te udruge. Isto tako je i sjedište Hrvatskog akustičkog društva (HAD) koje je u Berlinu 1998. za vrijeme kongresa AAC i DAGA primljeno u Europsku akustičku asocijaciju. Osim toga HAD je član Alps Adria Acoustics Association (AAAA) i European Acoustics Association (EAA).

## **12. Nastavnici i suradnici koji su značajno pridonijeli razvoju Zavoda za elektroakustiku**

Osim već spomenutih nastavnika i suradnika, u Zavodu su radili: Anton Škunca, mr. sc. Vladimir Matijević, Veljko Lipovšćak, mr. sc. Božidar Radanović, dr. sc. Tihomir Štimac, Vladimir Kalafatić, dr. sc. Miljenko Krhen, Jasenko Krovinović, Karlo Filipan, Pero Volarević, Neven Krajačić, dr. sc. Sanja Grubeša, dr. sc. Mia Suhanek, Petar Franček, Dominik Kisić. Na području industrijske sociologije u Zavodu su djelovali viši predavači mr. Ivo Šimičević i dr. Lukić. Svi su oni svojim djelovanjem pridonijeli ugledu Zavoda.

## **13. Tehničko i administrativno osoblje Zavoda**

Radu Zavoda za elektroakustiku uvelike su pridonijele tajnice Branka Podunavac, a posebno dugogodišnja tajnica Zlata Nikičević, Ljubica Konjević i Đurđica Jelić koje su uzorno vodile sve administrativne poslove Zavoda za elektroakustiku. Laboranti Zavoda za elektroakustiku bili su Vilko Hrbić, Matija Stipetić, Emil Fresl, Damir Matić, Želimir Senta, Vjekoslav Futivić i mr. sc. Darko Gašparović koji je ujedno i voditelj ispitnog laboratorija. Domaćice na Zavodu za elektroakustiku bile Sofija Bedeniković, Rada Božić, Ljiljana Mišerić, Marija Kočiš i Manda Marković. Svi oni utkani su svojim radom, zalaganjem, vještinama i znanjem u povijest Zavoda za elektroakustiku.

## 14. Zaključak

Ova kratka povijest Zavoda za elektroakustiku predstavlja sjećanje na vrijeme, prostor, djela, događaje i prije svega ljude koji su utjecali na živote mnogih generacija. Ona ukazuje da je elektroakustika interdisciplinarna znanstvena djelatnost, pa se može reći da postoji otkad postoje munja i grom. Proučavanja pokazuju da se stalno pojavljuju nova područja koja u akustici i elektroakustici treba obrađivati, te da ljudi koji na tom području rade trebaju pratiti mnoga životna zbivanja i iznova ih proučavati. Zbog toga je nužno poznavati povijesne doprinose ljudi i povijesno tehnički kontekst u kojem su radili i stvarali na Zavodu za elektroakustiku imajući na umu ograničenja (prostor, mjerna instrumentacija, pristup znanjima i informacijama iz područja elektroakustike putem stručne literature i dr.) koja su imali, a koja se često zanemaruju prilikom vrednovanja njihovog doprinosa iz današnje perspektive.



Sl. 9. Znak Zavoda za elektroakustiku

### Literatura

- [1] Prilozi spomenici Zavoda za elektroakustiku, [https://www.fer.unizg.hr/download/repository/Prilozi\\_Spomenici\\_ZEA.pdf](https://www.fer.unizg.hr/download/repository/Prilozi_Spomenici_ZEA.pdf)
- [2] ETF spomenica 1919 – 1969 – 50 godina studija elektrotehnike u hrvatskoj, Zagreb 1969.
- [3] FER spomenica 1956 – 1996 – 40. obljetnica Fakulteta, Fakultet elektrotehnike, Zagreb 1996.
- [4] Sveučilište u Zagrebu, Tehnički fakulteti 1919. – 1994. – monografija u povodu 75. obljetnice osnutka tehničke visoke škole u Zagrebu, Zagreb 1994.
- [5] Internetska stranica Fakulteta elektrotehnike i računarstva, <https://www.fer.unizg.hr/>
- [6] Internetska stranica Zavoda za elektroakustiku, <https://www.fer.unizg.hr/zea>