

ERK 2020

Portorož, Slovenija, 21. - 22. september 2020

Zbornik devetindvajsete mednarodne
Elektrotehniške in računalniške konference ERK 2020

Proceedings of the Twenty-ninth International
Electrotechnical and Computer Science Conference
ERK 2020

Vabljeni predavanja / Invited Lectures
Elektronika / Electronics
Telekomunikacije / Telecommunications
Multimedija / Multimedia
Avtomatika in robotika / Automatic Control and Robotics
Modeliranje in simulacija / Modelling and Simulation
Močnostna elektrotehnika / Power Engineering
Merilna tehnika / Measurement - ISEMEC 2020
Akustika in elektroakustika / Acoustics and Electroacoustics
Računalništvo in informatika / Computer and Information Science
Razpoznavanje vzorcev / Pattern Recognition
Biomedicinska tehnika / Biomedical Engineering
Didaktika / Didactics
Študentski članki / Student Papers

Uredila / Edited by
Andrej Žemva, Andrej Trost

ISSN 2591-0442 (online)



Slovenska sekcija IEEE / Slovenian Section IEEE

2591-0442 (online)

Zbornik devetindvajsete Elektrotehniške in računalniške konference ERK 2020,
21. - 22. september 2020, Portorož, Slovenija

Proceedings of the Twenty-ninth Electrotechnical and Computer Science Conference ERK 2020,
21 - 22 September 2020, Portorož, Slovenia

Vabljeni predavanja

Elektronika

Telekomunikacije

Avtomatika in robotika

Modeliranje in simulacija

Močnostna elektronika

Merilna tehnika - (ISEMEC)

Akustika in elektroakustika

Računalništvo in informatika / Computer and Information Science

Razpoznavanje vzorcev

Biomedicinska tehnika

Didaktika

Študentski članki

Pri organizaciji Elektrotehniške in računalniške konference so sodelovala naslednja društva:

Društvo avtomatikov Slovenije,
Slovensko društvo za merilno-procesno tehniko (ISEMEC),
SLOKO-CIGRE,
Društvo za medicinsko in biološko tehniko Slovenije,
Slovensko društvo za umetno inteligenco,
Slovensko društvo za razpoznavanje vzorcev,
Slovensko društvo za simulacije in modeliranje.



Slovenska sekcija IEEE
Fakulteta za elektrotehniko v Ljubljani

Sporočilo predsednika konference

v imenu Organizacijskega odbora imam prijetno dolžnost, da Vas pozdravim na elektrotehniški in računalniški konferenci ERK, ki je postala tradicionalno srečanje strokovnjakov, ne le na elektrotehniškem in računalniškem področju, temveč tudi na drugih področjih, kjer sta vključena elektrotehnika in računalništvo. Letos v prav posebnih razmerah poteka že 29. Mednarodna elektrotehniška in računalniška konferenca ERK 2020, 21. in 22. septembra 2020, v hotelu Bernardin, v Portorožu v Sloveniji.

Prek 110 člankov smo uvrstili v program konference in jih razdelili po številnih strokovnih področjih. Letos nas bo s svojim obiskom in vabljenim predavanjem o problematiki, ki je tako močno zaznamovala leto 2020, počastil tudi izr. prof. dr. Jure Leskovec z Univerze Stanford, ZDA. Naslov njegovega vabljenega predavanja je *Modeling the spread of Coronavirus with mobility networks: Explaining infection rates and informing reopening strategies*.

Vzporedno s konferenco ERK bo letos potekala tudi konferenca ICMI s področja strojne inteligence, ki služi kot forum za izmenjavo izkušenj, dobrih praks in priložnosti med Fakulteto za elektrotehniko Univerze v Ljubljani in japonsko tehniško univerzo Kyutech. Kolegi iz Slovenije in Japonske bodo predstavili svoje raziskovalno in projektno delo, in tako poglobili medsebojno sodelovanje z namenom vzpostavljanja novih skupnih raziskav in projektov. Konferenca letos poteka po hibridnem modelu z uporabo multimedijskih in telekomunikacijskih tehnologij.

Konferenca ERK je pogosto prvi forum, kjer mladi avtorji predstavijo rezultate svojega dela širšemu krogu. Mnogi svetovno uveljavljeni slovenski raziskovalci so imeli svoje prve nastope prav na tej konferenci. Na konferenci poteka vsako leto tudi študentsko tekmovanje Slovenske sekcije IEEE. Najboljša študentska prispevka z Univerze v Mariboru in Univerze v Ljubljani se uvrstita na nadaljnje regijsko tekmovanje IEEE R8, ki pokriva celotno področje Evrope, večji del Azije in Afrike. Na dosedanjih regijskih tekmovanjih so slovenski študentje že petkrat osvojili prvo mesto.

Program konference smo razdelili na 12 strokovnih področij, poleg vabljenega predavanja in šestih študentskih prispevkov, je v posameznih sekcijah razvrščenih 105 predstavitev. V devetindvajsetih letih je bilo predstavljenih 174 vabljenih predavanj, 283 študentskih prispevkov in 5328 rednih prispevkov.

Kljub intenzivnem delovanju v mednarodnem okolju, še naprej razvijamo slovensko tehniško besedo, zato se slovenskemu jeziku na konferenci nismo odpovedali.

Razpored referatov in vsi prispevki so dostopni na spletni strani
<https://erk.fe.uni-lj.si/2020/program.php>.

Andrej Žemva
Predsednik konference

Andrej Trost
Predsednik programskega odbora

Organizatorji / Organizers

- Slovenska sekcija IEEE
- Fakulteta za elektrotehniko, Univerza v Ljubljani

Strokovna društva

Pri delu posameznih konferenčnih sekcij sodelujejo naslednja strokovna društva:

- Društvo avtomatikov Slovenije,
- Slovensko društvo za merilno-procesno tehniko (ISEMEC 2020),
- SLOKO–CIGRE,
- Društvo za medicinsko in biološko tehniko Slovenije,
- Slovensko društvo za umetno inteligenco,
- Slovensko društvo za razpoznavanje vzorcev,
- Slovensko društvo za simulacijo in modeliranje.

Konferenčni odbori / Board

Predsednik konference / Conference Chairman

Andrej Žemva

Podpredsednik konference / Conference Vicechairman

Matej Zajc

Častni predsednik konference / Honorary Conference Chairman

Baldomir Zajc

Predsednik odbora za tisk / Publications Chairman

Dane Seliger

Predsednik program. odbora / Program Committee Chairman

Andrej Trost

Programski odbor / Programme Committee

Dušan Agrež	Jože Guna	Vili Podgorelec
Vanja Ambrožič	Iztok Humar	Matevž Pogačnik
Maja Atanasijević-Kunc	Franc Jager	Franc P.-Antoncich
Tadej Bajd	Marko Jagodič	Igor Pušnik
Boštjan Batagelj	Tomaž Javornik	Kurt Richter
Genevieve Baudoin	Roman Kamnik	Radovan Sernec
Sašo Blažič	Gregor Klančar	Danijel Skočaj
Zmago Brezočnik	Maharatna Koushik	Franc Solina
Franc Brglez	Igor Kuzle	Janez Sterle
Patricio Bulić	Roman Kužnar	Nermin Suljanović
Urban Burnik	Andrea M. Tonello	Igor Škrjanc
Emilio Corchado	Alenka Maček-Lebar	Sebastijan Šprager
Matjaž Debevc	Rok Mandeljc	Vitimir Štruc
Carl Debono	Blaž Meden	Fabio Tosato
Marko Delimar	Damijan Miklavčič	Aleš Ude
Simon Dobrišek	Miro Milanovič	Anton Umek
Janko Drnovšek	Marko Meža	Danijel Vončina
Žiga Emeršič	Josef Modelski	Matej Zajc
Iztok Fajfar	Aljo Mujčič	Aleš Zamuda
Peter Farkaš	David Nedeljković	Damjan Zazula
Hubert Frohlich	Nataša Nešković	Borut Zupančič
Matjaž Gams	Igor Papič	Borut Žalik
Gregor Geršak	Gregor Dolinar	Andrej Žemva
Bernard Grum	Janez Perš	

Recenzenti / Reviewers

Vanja Ambrožič	Andrej Lavrič
Blaž Bertalanič	Bogdan Lipuš
Aljaž Blatnik	Alenka M.-Lebar
Sašo Blažič	Blaž Meden
Borko Boškovič	Marko Meža
Gregor Burger	Peter Miklavčič
Urban Burnik	Uroš Mlakar
Gregor Černe	Tomi Mlinar
Franc Dimc	Jon Muhovič
Matjaž Divjak	Gašper Mušič
Jani Dugonik	David Nedeljković
Žiga Emeršič	Klemen Pečnik
Aljaž Francič	Samo Penič
Helena G.-Tomc	Matija Pirc
Gregor Geršak	Peter Planinšič
Timotej Gruden	Matevž Pogačnik
Jože Guna	Franc Policardi
Aleš Hace	Boštjan Pregelj
Aleš Holobar	Matevž Pustišek
Matevž Hribernik	Peter Rot
Marija Ivanovska	Urban Sedlar
Grega Jakus	Danijel Skočaj
David Jelenc	Žiga Stržinar
Roman Kamnik	Riko Šafarič
Gorazd Karer	Martin Šavc
Gregor Klančar	Jaka Šircelj
Simon Kolmanič	Andrej Štern
Marko Kos	Vitimir Štruc
Andrej Košir	Simon Tomažič
David Kraljić	Andrej Trost
Peter Kramar	Anton Umek
Iztok Kramberger	Matej Zajc
Matej Kramberger	Janez Zaletelj
Tadej Krivec	Aleš Zamuda

SEKC./SECT. VP	
Vabljeni predavanja / Invited Papers	1
Modeling the spread of Coronavirus with mobility networks: Explaining infection rates and informing reopening strategies	
<i>Jure Leskovec</i>	2
SEKC./SECT. EL	
Elektronika / Electronics	3
Merilnik faznega premika z nastavljivo ločljivostjo	
<i>Mitja Solar, Gregor Nikolič</i>	4
Real-Time Image Processing – Performance to Power Ratio of Flash-Based FPGA vs. GPU	
<i>Uroš Hudomalj, Muhammad Subhan Hameed, Christopher Mandla, Markus Plattner</i>	8
Prenos pristopov uporabljenih pri razvoju programske opreme v EDA okolja	
<i>Mitja Nemeč</i>	12
Analiza močnostnih modulov za učinkovito krmiljenje elektromotorjev	
<i>Aleksander Sešek, Tadej Skuber, Janez Trontelj</i>	16
SEKC./SECT. TC	
Telekomunikacije / Telecommunications	20
Razvoj UWB radarja	
<i>Marko Malajner, Erich Leitgeb, Peter Planinšič, Dušan Gleich</i>	21
Preizkušanje radarja v milimetrskem frekvenčnem področju za uporabo na morju	
<i>Mladen Radovanović, Boštjan Batagelj</i>	25
Spremljanje satelitov GPS v vidnem polju na osnovi modula NEO-6M	
<i>Blaž Bertalančič, Aljaž Blatnik, Boštjan Batagelj</i>	29
Komunikacijsko satelitsko omrežje Starlink	
<i>Žiga Andrejč, Boštjan Batagelj</i>	33
Generator THz optičnega signala z DFB lasersko diodo	
<i>Blaž Pongrac, Dušan Gleich</i>	37
Izboljšanje ojačenja BoR-monopolnih anten z algoritmom Diferencialne Evolucije	
<i>Marko Radović, Peter Kitak, Gorazd Lešnjak, Peter Planinšič</i>	41
Satelitska podpora vplutju v pristanišče in privezovanju	
<i>Franc Dimc, Blaž Luin, Marko Perkovič</i>	45
Multimodal Electronic Access Control System Using Digital Identity for Enabling Authorized Physical Access to Premises	
<i>Matej Rabzelj, Tjaša Jereb, Aljaž Martinčič, Andrej Kos</i>	49
Zagotavljanje varnosti v celičnih omrežjih	
<i>Jernej Mušič, Boštjan Batagelj</i>	53
Senzorski sistem za ocenjevanje agilnosti	
<i>Matevž Hribernik, Erik Keš, Anton Umek, Anton Kos</i>	58
5G - ali res predstavlja tveganje za zdravje?	
<i>Tomilj Mlinar</i>	62
Modeliranje razširjanja radijskih valov v naravnih jamah	
<i>Andrej Hrovat, Michel D. Bedford, Tomaž Javornik</i>	66
Pametno vinogradništvo: načrtovanje pilota v Šmarjeh pri Kopru z uporabo LoRaWAN tehnologije	
<i>Aleksander Hrastič, Vid Čermelj, Emilija Stojmenova Duh</i>	70
Določanje dejanskega efektivnega lomnega količnika svetlovoda v silicijevem optičnem čipu	
<i>Andrej Lavrič, Janez Krč, Boštjan Batagelj</i>	74
Spremljanje hitrosti in načina gibanja uporabnika multimedijske storitve z visokofrekvenčnimi radijskimi signali	
<i>Peter Nimac, Levac Urška, Nina Gartner, Jure Janez Markovič, Aleš Simončič, Rok Vidmar, Amadej Vidic, Jakob Gazič, Andrej Košir, Matija Svetina, Urban Burnik</i>	78

Nizkocenovna avtomatizacija visokofrekvenčnih meritev <i>Peter Miklavčič, Boštjan Batagelj</i>	82
Sistemi za elektronsko bojevanje <i>Gal Likar, Boštjan Batagelj</i>	86
SEKC./SECT. MM Multimedija / Multimedia	90
Vrednotenje uporabniške izkušnje inteligentnih tipk <i>Gašper Kastelic</i>	91
Raznolikost vozniških odzivov na zahtevo za prevzem vodenja pogojno avtomatiziranega vozila <i>Timotej Gruden, Grega Jakus</i>	95
Interaktivna razstavna vitrina – orodje za muzejske zbirke prihodnosti <i>Simon Kolmanič, Niko Lukač, Selma Rizvić, Borut Žalik</i>	99
Platforma za razpoznavo 3D gest s pomočjo električnega polja <i>Aljaž Blatnik</i>	103
Opis delokroga za produkcijo 360-stopinjskega glasbenega videospota <i>Veronika Malačič, Marko Cafnik, Helena Gabrijelčič Tome</i>	107
Urejanje in dostava video posnetkov z oblačno arhitekturo mikrostoritev <i>Uroš Zoretič, Grega Jakus</i>	111
Primerjava HEVC in VP9 <i>David Valič, Marko Meža, Urban Burnik</i>	115
Sensitivity analysis for face detection <i>Romi Koželj, Žiga Emeršič, Luka Šajn</i>	119
Razvoj filtra za obogateno resničnost <i>Miha Malenšek, Blaž Pridgar, Narvika Bovcon</i>	123
Influence of interaction designs of in-vehicle infotainment systems on drivers' preferences <i>Tomaž Čegovnik, Kristina Stojmenova, Sašo Tomažič, Jaka Sodnik</i>	127
SEKC./SECT. AR Avtomatika in robotika / Automatic Control and Robotics	131
Vodenje rotacijskega invertiranega nihala <i>Aljaž Blažič, Gorazd Karer</i>	132
Avtomatizacija namiznega nogometa <i>Matevž Bošnjak, Andrej Zdešar, Simon Tomažič, Goran Andonovski, Gregor Klančar, Sašo Blažič, Igor Škrjanc</i>	136
Izdelava laboratorijskega demonstracijskega sistema (Mitsubishi) <i>Matej Milavec, Goran Andonovski</i>	140
Trajectory Planning By Applying Optimal Velocity Profile Algorithm on Bernstein-Bézier Motion Primitives <i>Martina Loknar, Gregor Klančar, Sašo Blažič</i>	144
Vpliv kinematičnih indeksov manipulabilnosti na sposobnost izvedbe trajektorije orodja z robotom UR5 <i>Saša Stradovnik, Aleš Hacı</i>	148
Optimizing robot motion synthesis from digital images using neural networks <i>Matija Mavsar</i>	152
Learning of the Velocity Profile for Quality Inspection Motion Using PoWER <i>Zvezdan Lončarević, Rok Pahič, Andrej Gams</i>	156
Turingov test zaznave gibalne sposobnosti pri fizičnem sodelovanju med človekom in inteligentnim robotskim agentom <i>Rebeka Kropivšek Leskovar, Tadej Petrič</i>	160
Ocenjevanje dvoročne vadbe z robotom <i>Ana Mandeljc, Eva Čebašek, Marko Munih, Janez Podobnik, Matjaž Mihelj</i>	164
Merilni sistem za analizo dinamičnega trka sodelujočega robota v skladu z ISO/DIS 21260 <i>Sebastjan Šlajpah, Mario Klenovšek, Marko Munih, Matjaž Mihelj</i>	168

Vodenje sodelujoče mobilne robotske celice <i>Peter Kmecl, Matjaž Mihelj, Marko Munih, Janez Podobnik</i>	172
SEKC./SECT. SM	
Modeliranje in simulacija / Modeling and Simulation	176
Analytical Modelling of Achieving Energy Efficiency with Green Walls <i>Dejan Tasić, Amor Chowdhury, Dalibor Igrac</i>	177
Vpliv viskoznosti nosilne tekočine na izgube magnetne tekočine v izmeničnem magnetnem polju <i>Jakob Vizjak, Miloš Beković, Anton Hamler</i>	181
Model globokih gaussovskih procesov za identifikacijo procesa Bouc-Wen <i>Tadej Krivec, Juš Kocijan</i>	185
Samorazvijajoča se segmentacija globinske slike stereo kamere za notranja strukturirana okolja <i>Miloš Antić, Andrej Zdešar, Igor Škrjanc</i>	189
Poligon z miniaturnimi avtomatsko vodenimi vozički za učenje in razvoj avtonomnih mobilnih sistemov <i>Andrej Zdešar, Matevž Bošnjak, Gregor Klančar</i>	196
Solution space of optimal heat pump schedules <i>David Kraljić, Miha Troha</i>	200
SEKC./SECT. ME	
Močnostna elektrotehnika / Power Engineering	204
Electric field strength inside a residential house due to a high voltage overhead line proximity <i>Amar Zejnilović, Breda Cestnik, Boštjan Blažič</i>	205
Dinamična u-t karakteristika varistorjev <i>Anton Zhezov, Mislav Trbušić, Anton Hamler</i>	211
Načrtovanje laboratorijskega udarnega napetostnega generatorja <i>Mislav Trbušić, Marko Jesenik, Mladen Trlep, Anton Hamler</i>	215
Več-vejno delovanje paralelnih močnostnih filtrov <i>Mitja Nemeč</i>	219
Iskanje in odpravljanje elektromagnetnih motenj pri štirikvadrantnem pogonu <i>Mitja Nemeč, Andraž Rihar</i>	223
Dvojni DCT regulator za regulacijo harmonskih komponent <i>Denis Sušin</i>	227
Optimizacija izgub električnega pogona z asinhronskim motorjem <i>Žiga Fabijan, Rastko Fišer, Henrik Lavrič, Klemen Drobnič</i>	231
Valovitost toka v 3-faznem 2-nivojskem razsmerniku <i>David Kovačič, Rastko Fišer, Klemen Drobnič</i>	235
Odpravljanje negativne sofazne napetosti pri unipolarno napajanem odštevalnem vezju z operacijskim ojačevalnikom <i>Marko Petkovšek, Peter Zajec</i>	239
SEKC./SECT. MT	
Merilna tehnika / Measurement	243
Sledljivost in točnost čelnih termometrov <i>Igor Pušnik</i>	244
Automatic ski-jump distance measurement with convolutional neural networks and computer vision <i>Matjaž Kukar, David Nabergoj</i>	248
Optimizacija ojačevalnika za praktični šumni termometer <i>Rok Tavčar, Samo Beguš, Jovan Bojkovski</i>	252
Avtomatizacija sistema za umerjanje merilnikov napetostnega razmerja <i>Ana Mandeljc, Miha Hiti, Gaber Begeš</i>	256
Orodje za oddaljeno testiranje spletnih uporabniških vmesnikov <i>Jure Trilar, Vid Čermelj, Emilija Stojmenova Duh</i>	260

Električna merilna aparatura za penetracijo kaplje tekočine v porozni podlagi <i>Marion Thebault, Franc Policardi-Antoncich</i>	264
Primerjava termovizijskih kamer za merjenje telesne temperature pri ljudeh <i>Vid Mlačnik, Igor Pušnik</i>	268
LOEE 4.0 – oddaljeno merjenje vektorskega polja z uporabo 3D kartezičnega stroja <i>Kristjan Vuk Baliž, Janez Zaletelj, Marjan Dolinšek, Iztok Humar</i>	272
SEKC./SECT. AE	
Akustika in elektroakustika / Acoustics and Electroacoustics	276
Zahteve za odmevnice in pristop k projektiranju odmevnice akustičnega laboratorija InnoRenew CoE <i>Rok Prislan</i>	277
Acoustical project of the new Banca Popolare di Sondrio in Berbenno Service Center - I <i>Marcello Brugola, Franc Policardi-Antoncich</i>	280
Uporaba prostorskega zvoka v avtomatiziranih vozilih <i>Harsh Sanghavi, Kristina Stojmenova, Chihab Nadri, Sangjin Ko, Myounghoon Jeon, Jaka Sodnik</i> .	284
Detekcija infrazvoka z zvočnikom v funkciji mikrofona <i>Samo Beguš, Gregor Geršak</i>	288
Vodno žigosanje audio vsebin z uporabo diskretne valčne transformacije (DWT) <i>Nejc Bevk, Urban Burnik, Marko Meža</i>	292
Suspended False Ceiling acoustic elements theoretical and experimental investigation <i>Giovanni Amadasi, Franc Policardi-Antoncich</i>	296
SEKC./SECT. CS	
Računalništvo in informatika / Computer and Information Science	300
Ekstrakcija ključnih besed filmov iz podnapisov <i>Jan Popič, Timi Ornik, Nejc Planer, Borko Bošković, Janez Brest</i>	301
Diferencialna evolucija za učenje agenta umetne inteligence pri igranju splošnih videoiger <i>Aleš Zamuda, Matjaž Vöröš</i>	305
Uporaba metod strojnega učenja za analizo vpliva lipoproteinov (a) na bolezn srca in ožilja <i>Tajda Bogovič, Peter Kokol, Tadej Završnik, Jernej Završnik, Helena Blažun Vošner, David Šuran</i>	309
Pregled nekaterih metod na področju analize časovnih vrst <i>Žiga Stržinar, Boštjan Pregelj, Igor Škrjanc</i>	313
Načrtovanje in izdelava prototipa solarnega sledilnika <i>Domen Gošek, Amor Chowdhury, Karl Gotlih, Riko Šafarič</i>	317
Sistem za zajemanje obdelavo in obveščanje uporabnikov o kritičnih situacijah v njihovi okolici <i>Dalibor Igrec, Uroš Sadek, Amor Chowdhury</i>	322
Spletna aplikacija za dostop do medicinskih slik v standardu DICOM <i>Žan Regoršek, Samo Penič, Miha Fošnarič, Janez Žibert</i>	326
Sistem prikazovanja eksponatov muzeja <i>Jan Brezinar, Bogdan Lipuš, Simon Kolmanič</i>	331
Mehanizmi izmenjave zaupanja in ugleda <i>David Jelenc</i>	335
SEKC./SECT. PR	
Razpoznavanje vzorcev / Pattern Recognition	339
Štetje objektov na slikah z uporabo genetskega algoritma <i>Gregor Babnik, Luka Šajn</i>	340
Semi-automated correction of MOBIUS eye region annotations <i>Ožbej Golob, Peter Peer, Matej Vitek</i>	344
Measuring the induction of affect using facial expression analysis technology: a pilot study <i>Marko Meža, Andrej Košir, Gregor Strle</i>	348

Semantic Face Editing with GAN Latent Code Optimization <i>Martin Pernuš, Vitomir Štruc, Simon Dobrišek</i>	351
O klasifikaciji slik v ne-enolično določljive razrede <i>Jon Natanael Muhovič, Domen Tabernik, Danijel Skočaj</i>	355
Co-segmentation for visual object tracking <i>Luka Čehovin Zajc</i>	359
Using Google Colaboratory for Image Classification <i>Martina Č, Damir Demirovič, Amira Šerifović-Trbalić</i>	363
A review and comparison of time series similarity measures <i>Maša Kljun, Matija Teršek, Erik Štrumbelj</i>	367
SEKC./SECT. BM	
Biomedicinska tehnika / Biomedical Engineering	371
Pasti zajema in obdelave znotraj srčnih elektrogramov s primeri iz klinične prakse <i>Jernej Štublar, Matevž Jan, David Žižek, Damijan Miklavčič, Tomaž Jarm</i>	372
Izdelava fantoma za ultrazvočno medicinsko diagnostiko s postopkom 3D tiskanja <i>Nejc Klanjšček, Sašo Arnuga, Miha Fošnarič, Samo Penič</i>	376
Sklopljena numerična simulacija temperaturnega profila linearne pretočne komore med dovajanjem električnih pulzov <i>Peter Lombergar, Samo Mahnič-Kalamiza, Karel Flisar, Damijan Miklavčič</i>	380
Electrical Impedance Spectroscopy insights into plant tissues treated by Pulsed Electric Fields <i>Jessica Genovese, Samo Mahnič-Kalamiza, Matej Kranjc, Pietro Rocculi, Damijan Miklavčič</i>	384
Numerično modeliranje porazdelitve pH sprememb v tkivu med dovajanjem elektroporacijskih pulzov <i>Rok Šmerc, Samo Mahnič-Kalamiza, Damijan Miklavčič</i>	388
SEKC./SECT. DI	
Didaktika / Didactics	392
ICT engineering study programs to meet modern society needs: Erasmus+ project BENEFIT <i>Matej Zajc, Aljo Mujčič, Andrea Tonello, Vlado Delić, Mladen Koprivica, Snježana Rimac Drlje, Urban Burnik, Nermin Suljanović</i>	393
Quality management of Erasmus+ BENEFIT project <i>Urban Burnik, Francesco Marcuzzi, Dušanka Bošković, Drago Žagar, Nataša P. Maleš-Ilić, Darko Huljenič, Matej Zajc</i>	397
BENEFIT Industry information portal - a service for better cooperation between universities and companies in the teaching process <i>Snježana Rimac-Drlje, Drago Žagar</i>	401
Teaching Methodologies Adopted at the BENEFIT Project for ICT Engineering Education Before and During Covid-19 <i>Vlado Delić, Aljo Mujčič, Zdenka Babič, Dušanka Bošković, Nataša Maleš-Ilić, Mladen Koprivica, Drago Žagar, Matej Zajc, Nermin Suljanović, Andrea Tonello</i>	405
Role of M2M communications laboratory formed within BENEFIT project in education processes at FEE-UNI <i>Dejan Milić, Nataša Maleš-Ilić, Dejan Čirić, Aleksandar Atanasković</i>	409
Experimental Performance Evaluation of IEEE 802.15.4g Applications Using OpenMote-B Devices <i>Milica Lekić, Gordana Gardašević</i>	413
Stimulating Entrepreneurship in Teaching Human Computer Interaction <i>Dušanka Bošković, Nihad Borovina, Merima Zukic</i>	417
An Overview of Open Source Environments for 5G Internet of Things Experimentation <i>Srdjan Sobot, Nikola Gavric, Zivko Bojovic, Dejan Vukobratovic</i>	421
Multi-subject Project Based Learning: Two Semester Pilot Study <i>Goran B. Marković, Jelena D. Čertić, Marija Božić, Mladen Koprivica</i>	425
Sodobne učne strategije in tehnologije: lažna obrnjena učilnica s poizvedovalnim učenjem in 3D tiskom <i>Špela Kosec, Tanja Rozman, Janez Jamšek</i>	429

Virtualni laboratorij za poučevanje digitalnih sistemov <i>Janez Perš, Andrej Trost</i>	433
Učenje na daljavo: spletno učenje v osnovnošolskem tehniškem izobraževanju - pedagoška praksa <i>Bernarda Urankar, Janez Jamšek</i>	438
SEKC./SECT. ST Študentski članki / Student Competition IEEE Slovenia	443
Time series classification using time-frequency analysis and Convolutional Neural Networks <i>Domen Kavran</i>	444
Avtomatska segmentacija Golgijevih aparatov v volumetričnih podatkih z grobo označenim zlatim standardom <i>Eva Boneš</i>	448
Predvidevanje vrednosti delnice in problem pretiranega prilagajanja modela <i>Miha Breznik</i>	452
Estimation of the derating PV power due to inverter clipping using Artificial Neural Network <i>Jakob Benc</i>	456
Vector Space Representation of Movies and Music Albums Using Node Embedding Methods <i>Vid Keršič</i>	460
Razvoj IoT aplikacije za pametni dom <i>Jaša Vid Meh Peer</i>	464

Akustika in elektroakustika

Acoustics and Electroacoustics

Zahteve za odmevnice in pristop k projektiranju odmevnice akustičnega laboratorija InnoRenew CoE

dr. Rok Prislan

InnoRenew CoE, Livade 6, SI-6310 Izola, Slovenija
E-pošta: rok.prislan@innorenew.eu

Requirements for reverberation chambers and the design approach to the InnoRenew acoustic laboratory chamber

Several important acoustic quantities and parameters are measured in the acoustic environment of a reverberation chamber. In the chamber the presence of the diffuse sound field is assumed, which is difficult to justify due to the absence of well accepted diffuse sound field quantifiers. As a consequence, it is also difficult to define exact design goals for reverberation chambers. In the article some requirements for reverberation chambers are summarized as defined by the standardized measurement procedures, such as for determining the diffuse sound field absorption coefficient of materials (α), sound power of noise sources (L_W) and random-incidence scattering coefficients of surfaces (s). Furthermore, several aspects of the initial acoustic design of the reverberation chamber emerging as part of the acoustic laboratory of InnoRenew CoE are presented.

1 Uvod

V InnoRenew CoE se ukvarjamo z raziskovanjem obnovljivih materialov in trajnostne gradnje ter vpeljavo znanstvenih dognanj v industrijsko prakso. Pri tem se posebej posvečamo inovacijskemu in interdisciplinarnemu proučevanju lesa in njegove uporabe. Pomembno razvojno-raziskovalno področje v InnoRenew CoE je tudi akustika, zato je vzpostavljen akustični laboratorij, ki poleg strokovnega kadra in laboratorijske opreme zajema tudi laboratorijske prostore. V gradnji sta gluha soba in odmevnica, pri čemer so izzivi ob načrtovanju slednje predstavljeni v prispevku.

Odmevnica ni tipski prostor, za izgradnjo katerega bi bila na voljo konkretna navodila ali načrti. Nekatere zahteve za odmevnice so sicer dane v sklopu opisa standardiziranih merilnih postopkov, a se jih le peščica nanaša na fizične lastnosti prostora. Večina zahtev je namreč danih za zvočno polje, ki se vzpostavi v prostoru, zaradi česar so obvezen del akustičnega projektiranja odmevnice tudi napredne računalniške simulacije akustike prostora.

2 Predpostavka difuznega zvočnega polja

V odmevnica predpostavimo prisotnost difuznega zvočnega polja, ki je v akustičnem slovarju [1] definiran kot: “*ide-*

alizirano zvočno polje sestavljeno iz neskončno mnogo nekoreliranih ravnih valov, ki imajo enakomerno smerno porazdeljeno intenziteto. Skupna intenziteta je torej nič.”

Takšno polje je homogeno in izotropno, kar je priročna predpostavka v teoretičnih izpeljavah. Ker pa difuznega polja v praksi ni mogoče vzpostaviti, kljub temu, da ga v odmevnica pričakujemo, gre torej za precej kontroverzen koncept. Pri tem stroka ni poenotena [2, 5] glede definicije difuznega zvočnega polja, njegovega ovrednotenja (karakterizacije) in razumevanja povezave med odbojem zvoka na mejnih površinah in vzpostavljenim zvočnim poljem v prostoru. Kljub prepoznani praktični uporabnosti koncepta difuznega zvočnega polja obstaja torej večja vrzel v njegovem razumevanju, kar povzroča negotovosti tudi pri projektiranju odmevnice [6].

3 Zahteve za odmevnice

Nekatere zahteve za odmevnice in zvočno polje, ki se v njih vzpostavi, so dane v sklopu standardiziranih merilnih postopkov, ki se izvajajo v odmevnica. Med najbolj relevantnimi področnimi standardi so:

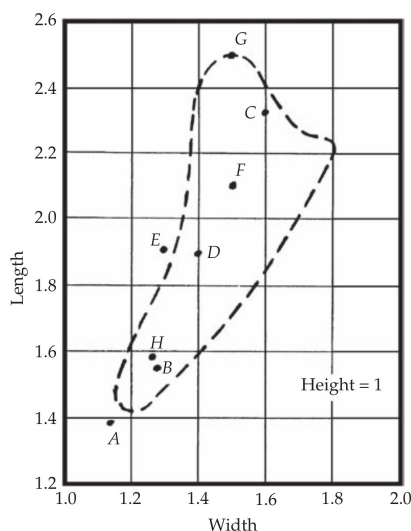
- SIST EN ISO 354:2004 [7], ki obravnava merjenje koeficientov zvočne absorpcije (α). Meritev temelji na vplivu, ki ga ima vnos vzorca materiala tipične velikosti 10-12 m² na odmevni čas v prostoru.
- ISO 17497-1:2004 [8], ki obravnava merjenje koeficientov sipanja na površinah, in sicer ob naključnem vpadu zvočnega vala.
- SIST EN ISO 3741:2010 [9], ki obravnava meritve zvočne moči in ravni zvočne energije virov hrupa. Za nekatere specifične vire hrupa poznamo tudi dodatne merilne standarde, kot npr. ISO 5135:1999 [10] za dušilne in zaporne elemente prezračevalnih sistemov.

Praviloma uporabljamo isto odmevnico za več vrst meritev, kar pomeni, da ločevanje med zahtevami posameznega standarda ni smiselno, saj mora odmevnica zadoščati zahtevam vseh.

3.1 Geometrijske zahteve

Nekatere zahteve so vezane na geometrijo odmevnice:

- Volumen prostora mora presegati $V = 200 \text{ m}^3$, a se za meritve tudi v frekvenčnih pasovih pod 100 Hz priporoča bistveno večje volumne od 200 m^3 . Ker pa večji volumni povečujejo zvočno atenuacijo, ki povzroča pretirano dušenje v območju visokih frekvenc, se le redko gradijo odmevnice volumnov večjih od 300 m^3 .
- Največja razdalja med poljubnima točkama v prostoru mora biti manjša od $1.9 \cdot V^{1/3}$, kar pomeni, da zasnova odmevnice kot izrazito podolgovatega ali ploščatega prostora ni dopustna.
- Če je prostor oblike kvadra, dimenzije stranic ne smejo biti v celoštevilskem razmerju, saj je s tem distribucija prostorskih resonanc neugodna. Zato so dana konkretna priporočila za razmerja stranic, lahko pa uporabimo tudi Boltov pristop [11] (glej sliko 1).
- Za doseganje zadostno homogenega zvočnega polja so dana priporočila glede velikosti in oblike visečih difuzorjev, ki jih v prostor umeščamo po izgradnji.



Slika 1: Optimalno razmerja stranic prostora oblike kvadra (Boltovo območje [11]) označeno kot območje omejeno s prekinjeno črto (vir: [12]).

3.2 Akustične zahteve

Preostale zahteve za odmevnice so dane za njene akustične lastnosti in zvočno polje, ki se v prostoru vzpostavi. Med temi gre naštet:

- Pod dano frekvenčno mejo f_0 , mora biti povprečen koeficient absorpcije α nižji od 0.16, nad njo pa nižji od 0.06. Frekvenčno mejo se izračuna na osnovi volumna prostora

$$f_0 = 2000 \cdot V^{-1/3} \quad [\text{Hz}]. \quad (1)$$

- Največja dopustna absorpcija v prostoru je omejena z volumnom prostora

$$A \leq 0.3 \cdot V^{2/3}. \quad (2)$$

- Ob delovanju zvočnega vira je predpisana dopustna deviacija zvočnega tlaka med merilnimi mesti.
- Zagotoviti moramo nizko raven hrupa ozadja v času meritve, kar dosežemo z visoko zvočno izolativnostjo ločilne konstrukcije. Sestava te je praviloma masivna, in sicer armirano betonska. Poleg tega odmevnica nima direktnega togega stika z okolico, temveč stoji na ustrezno dimenzioniranem izolacijskem sloju.
- Za čas meritve morata biti temperatura in vlaga stabilni in torej znotraj definiranega dopustnega območja. Ker gre najpogosteje tudi za toplotno izredno izolirane prostore, se težave z ohranjanjem temperature in vlage praviloma pojavijo zgolj ob meritvah zvočnih virov, ki oddajajo veliko toplote ali vplivajo na vlago v prostoru.

4 Pristop k projektiranju

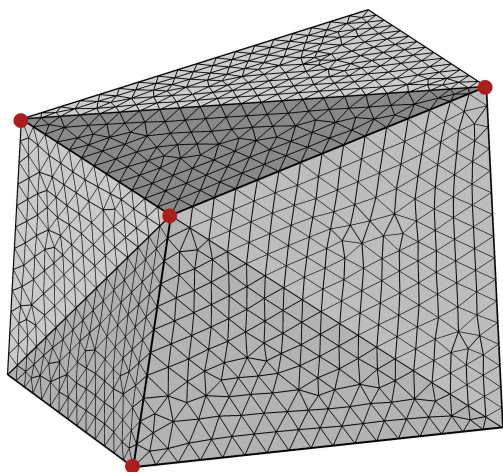
Raziskovalni inštitut InnoRenew CoE gradi nov kompleks inštituta, del katerega je tudi akustični laboratorij. Osnovna omejitev za odmevnico je tako prostor, ki je v objektu na razpolago, in dopustna obremenitev nosilne konstrukcije. S tem je bila že v grobem določena geometrija odmevnice, dodatno pa smo pregledali še priporočila aktualne strokovne literature [13, 14, 6] in primere dobre prakse [15, 16]. Na osnovi tega je bila sprejeta odločitev, da obodne površine odmevnice ne bodo vzporedne, saj lahko to ob vnosu absorpcijskega materiala bistveno vpliva na homogenost zvočnega polja.

Obodne površine bodo grajene iz armiranega betona, opaženje katerih pa prinaša dodatne omejitve. Izredno kompleksne geometrije prostora bi namreč povzročile veliko podražitev izvedbe, zato bo odmevnica grajena iz devetih ravni stranic. Od teh bodo tla in dve steni štirikotne ter med seboj pravokotne, preostanek pa bo iz trikotnih delov, kot je prikazano na sliki 2.

Natančna lega vogalov prostora, ki so na sliki 2 označeni z rdečo, ni določena, temveč je podvržena akustični optimizaciji geometrije. Tako so v času pisanja prispevka v teku računalniške simulacije, na podlagi katerih bo v nadaljevanju definirana končna geometrija odmevnice.

Optimizacija geometrije odmevnice zajema geometrijske metode modeliranja akustike prostora [17, 18], ki jih uporabimo za prepoznavo periodičnih trajektorij. Te so neželene, saj lahko povzročijo persistentno zvočno polje v ravnini, ki znižuje homogenost in izotropnost, ki sta temeljni zahtevi difuznega zvočnega polja.

Optimizacija geometrije prostora zajema tudi uporabo valovnih metod modeliranja akustike prostora [4], in sicer uporabo metode končnih elementov (računalniško orodje COMSOL Multiphysics). Tako se prostor diskretizira na končne volumske elemente, kot je vidno v obliki mreže



Slika 2: 3D model odmevnice: tla in dve steni (v prikazu niso vidne) tvorijo štirikotne stranice, ki so med-seboj pravokotne, preostale stranice pa so trikotne. Lege rdeče označenih vogalov prostora so predmet akustične optimizacije geometrije.

na sliki 2. Simulacije z metodo končnih elementov zajemajo nizko frekvenčno območje, v katerem so relevantni posamezni modalni načini prostora. Pri tem nas zanima distribucija prostorskih resonanc, dodatno pa izvedemo virtualni eksperiment merjenja koeficientov absorpcije skladno z ISO 354 [7].

V sklopu tega v prostor umestimo točkovne zvočne vire in opazovane točke, ki predstavljajo umestitev zvočnika in mikrofонов. Upoštevamo tudi ustrezne robne pogoje, in sicer robni pogoj realne impedance za toge površine in poroznega zvočno vpojnega sloja za vzorčni material. Tako pridobimo frekvenčni odziv prostora in odmevni čas, ki služita kot optimizacijska kriterija.

5 Zaključki

Predstavljeni so bili današnji izzivi akustičnega projektiranja odmevnic, ki izhajajo iz omejenega razumevanja difuznega zvočnega polja in neoprijemljivih zahtev merilnih standardov. Povzete so bile zahteve, ki jih za odmevnice podajajo standardizirani postopki merjenja akustičnih količin in parametrov v odmevnici.

Na primeru odmevnice, ki se projektira v sklopu akustičnega laboratorija InnoRenew CoE, so bile predstavljene računalniške simulacije akustike prostora, na podlagi katerih izvajamo optimizacijo geometrije prostora. Z metodo končnih elementov kot kriterij optimizacije vzamemo distribucijo prostorskih resonanc in vpliv vnosa absorpcijskega materiala na frekvenčni odziv in odmevni čas. Z geometrijskimi metodami preverjamo pojavnost neželenih periodičnih trajektorij. V času pisanja prispevka so v teku računalniške simulacije, na podlagi katerih bo v nadaljevanju definirana končna geometrija odmevnice.

Zahvala

To delo je bilo podrtó s sredstvi Okvirnega programa Evropske Unije, Obzorje 2020 (H2020 WIDESPREAD-2-Teaming: #739574, InnoRenew CoE) in Republike Slovenije, Investicijsko financiranje Republike Slovenije in Evropske unije iz Evropskega sklada za regionalni razvoj.

Literatura

- [1] C. Morfey: *The Dictionary of Acoustics*, Academic Press, London (2001)
- [2] T. J. Schultz: *Diffusion in reverberation rooms*, Journal of Sound and Vibration, 16(1), 17 - 28, 1971
- [3] M. Schröder: *Die Statistischen Parameter der Frequenzkurven von grossen Räumen*, Acta Acust. United Ac., 4, 594-600, 1954
- [4] R. Prislan: *Modalni in statistični pristop pri opisu zvočnega polja v prostoru*, Elektrotehniški vestnik, 80(5), 184-188, 2013
- [5] C.-H. Jeong: *Diffuse sound field: challenges and misconceptions*, Proceedings of 45th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering, 1015-1021, 2016
- [6] M. Vercammen: *On the Revision of ISO 354, Measurement of the Sound Absorption in the Reverberation Room*, 23rd International Congress on Acoustics, 2019
- [7] *ISO 354:2003: Acoustics – Measurement of sound absorption in a reverberation room*, Geneva, Switzerland
- [8] *ISO 17497-1:2004: Acoustics – Sound-scattering properties of surfaces – Part 1: Measurement of the random-incidence scattering coefficient in a reverberation room*, Geneva, Switzerland
- [9] *ISO 3741:1999: Acoustics – Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure - Precision methods for reverberation test rooms*, Geneva, Switzerland
- [10] *ISO 5135:1999: Acoustics – Determination of sound power levels of noise from air-terminal devices, air-terminal units, dampers and valves by measurement in a reverberation room*, Geneva, Switzerland
- [11] R. H. Bolt: *Note on Normal Frequency Statistics for Rectangular Rooms*, The Journal of the Acoustical Society of America, 18(1), 130 - 133, 1946
- [12] F. A. Everest, K. C. Pohlmann: *The Master Handbook of Acoustics, 5th*, The McGraw-Hill Companies, Inc (2009)
- [13] M. Nolan, M. Vercammen, C.-H. Jeong in J. Brunskog: *The use of a reference absorber for absorption measurements in a reverberation chamber*, Proceedings of Forum Acusticum, 2014
- [14] M. Nolan, M. Vercammen, C.-H. Jeong: *Effects of different diffuser types on the diffusivity in reverberation chambers*, Proceedings of EuroNoise, 2015
- [15] P. D'Antonio, M. Nolan, E. Fernandez-Grande in C.-H. Jeong: *Design of a New Testing Chamber to Determine the Absorption, Diffusion and Scattering Coefficients*, Proceedings of the 23rd International Congress on Acoustics, 2259 - 2266, 2019
- [16] P. D'Antonio, M. Nolan, E. Fernandez-Grande in C.-H. Jeong: *Design of a New Testing Chamber to Measure the Absorption Coefficient Down to 25 Hz*, 4027 - 4034, 2019
- [17] R. Prislan, G. Veble in D. Svenšek: *Ray-trace modeling of acoustic Green's function based on the semiclassical (eikonal) approximation*, The Journal of the Acoustical Society of America, 140, 2695 - 2702, 2016
- [18] R. Prislan: *Osnove geometrijskega modeliranja akustike prostora*, Zbornik šestindvajsete mednarodne elektrotehniške in računalniške konference, 285-288, 2014

Index

- Kranjc Matej: 384
Rimac Drlje Snježana: 393
Vidic Amadej: 78
Ćirić Dejan: 409
Amadasi Giovanni : 296
Andonovski Goran: 136, 140
Andrejc Žiga: 33
Antić Miloš: 189
Arnuga Sašo: 376
Atanasković Aleksandar: 409
B. Marković Goran: 425
Babić Zdenka: 405
Babnik Gregor: 340
Batagelj Boštjan: 25, 29, 33, 53, 74, 82, 86
Begeš Gaber: 256
Beguš Samo: 252, 288
Beković Miloš: 181
Bertalanič Blaž: 29
Bevc Jakob: 456
Bevk Nejc: 292
Blatnik Aljaž: 29, 103
Blažič Aljaž: 132
Blažič Boštjan: 205
Blažič Sašo: 136, 144
Blažun Vošner Helena: 309
Bogovič Tajda: 309
Bojkovski Jovan: 252
Bojovic Zivko: 421
Boneš Eva: 448
Borovina Nihad: 417
Bošković Borko: 301
Bošković Dušanka: 397, 405, 417
Bošnjak Matevž: 136, 196
Bovcon Narvika: 123
Božić Marija : 425
Brest Janez: 301
Breznar Jan: 331
Breznik Miha: 452
Brugola Marcello : 280
Burnik Urban: 78, 115, 292, 393, 397
Cafnik Marko: 107
Cestnik Breda: 205
Chowdhury Amor: 177, 317, 322
Čebašek Eva: 164
Čegovnik Tomaž: 127
Čehovin Zajc Luka: 359
Čermelj Vid: 70, 260
D. Bedford Michel: 66
D. Čertić Jelena: 425
Delić Vlado: 393, 405
Demirović Damir: 363
Dimc Franc: 45
Dobrišek Simon: 351
Dolinšek Marjan: 272
Drobnič Klemen: 231, 235
Đulabić Martina: 363
Emeršič Žiga: 119
Fabijan Žiga: 231
Fišer Rastko: 231, 235
Flisar Karel: 380
Fošnarič Miha: 326, 376
Gabrijelčič Tomc Helena: 107
Gams Andrej: 156
Gardašević Gordana: 413
Gartner Nina: 78
Gavric Nikola: 421
Gazič Jakob: 78
Genovese Jessica: 384
Geršak Gregor: 288
Gleich Dušan: 21, 37
Golob Ožbej: 344
Gošek Domen: 317
Gotlih Karl: 317
Gruden Timotej: 95
Hace Aleš: 148
Hamler Anton: 181, 211, 215
Hiti Miha: 256
Hrastič Aleksander: 70
Hribernik Matevž: 58
Hrovat Andrej: 66
Hudomalj Uroš: 8
Huljenič Darko: 397
Humar Iztok: 272
Igreč Dalibor: 177, 322
Jakus Grega: 95, 111
Jamšek Janez: 429, 438
Jan Matevž: 372
Jarm Tomaž: 372
Javornik Tomaž: 66
Jelenc David: 335
Jeon Myounghoon: 284
Jereb Tjaša: 49
Jesenik Marko: 215
Karer Gorazd: 132
Kastelic Gašper: 91
Kavran Domen: 444
Keršič Vid: 460
Keš Erik: 58
Kitak Peter: 41
Klančar Gregor: 136, 144, 196
Klanjšček Nejc: 376
Klenovšek Mario: 168
Kljun Maša: 367
Kmecl Peter: 172
Ko Sangjin: 284
Kocijan Juš: 185
Kokol Peter: 309
Kolmanič Simon: 99, 331
Koprivica Mladen: 393, 405, 425
Kos Andrej: 49
Kos Anton: 58
Kosec Špela: 429

Košir Andrej: 78
Košir Andrej: 348
Kovačič David: 235
Koželj Romi: 119
Kraljić David: 200
Krč Janez: 74
Krivec Tadej: 185
Kropivšek Leskovar Rebeka: 160
Kukar Matjaž: 248
Lavrič Andrej: 74
Lavrič Henrik: 231
Leitgeb Erich: 21
Lekić Milica: 413
Leskovec Jure: 2
Lešnjak Gorazd: 41
Likar Gal: 86
Lipuš Bogdan: 331
Loknar Martina: 144
Lombergar Peter: 380
Lončarević Zvezdan: 156
Luin Blaž: 45
Lukač Niko: 99
Mahnič-Kalamiza Samo: 380, 384, 388
Malačić Veronika: 107
Malajner Marko: 21
Malenšek Miha: 123
Maleš-Ilić Nataša: 405, 409
Maleš-Ilić Nataša P.: 397
Mandeljc Ana: 164, 256
Mandla Christopher: 8
Marcuzzi Francesco: 397
Markovič Jure Janez: 78
Martinčič Aljaž: 49
Mavsar Matija: 152
Meh Peer Jaša Vid: 464
Meža Marko: 115, 292, 348
Mihelj Matjaž: 164, 168, 172
Miklavčič Damijan: 372, 380, 384, 388
Miklavčič Peter: 82
Milavec Matej: 140
Milić Dejan: 409
Mlačnik Vid: 268
Mlinar Tomi: 62
Muhovič Jon Natanael: 355
Mujčić Aljo: 393, 405
Munih Marko: 164, 168, 172
Mušič Jernej: 53
Nabergoj David: 248
Nadri Chihab: 284
Nemec Mitja: 12, 219, 223
Nikolič Gregor: 4
Nimac Peter: 78
Ornik Timi: 301
Pahič Rok: 156
Peer Peter: 344
Penič Samo: 326, 376
Perkovič Marko: 45
Pernuš Martin: 351
Perš Janez: 433
Petkovšek Marko: 239
Petrič Tadej: 160
Planer Nejc: 301
Planinšič Peter: 21, 41
Plattner Markus: 8
Podobnik Janez: 164, 172
Policardi-Antoncich Franc: 264, 280, 296
Pongrac Blaž: 37
Popič Jan: 301
Pregelj Boštjan: 313
Pridgar Blaž: 123
Prislan Rok: 277
Pušnik Igor: 244, 268
Rabzelj Matej: 49
Radovanović Mladen: 25
Radović Marko: 41
Regoršek Žan: 326
Rihar Andraž: 223
Rimac-Drlje Snježana: 401
Rizvić Selma: 99
Rocculi Pietro: 384
Rozman Tanja: 429
Sadek Uroš: 322
Sanghavi Harsh: 284
Sešek Aleksander: 16
Simončič Aleš: 78
Skočaj Danijel: 355
Skuber Tadej: 16
Sobot Srdjan: 421
Sodnik Jaka: 127, 284
Solar Mitja: 4
Stojmenova Duh Emilija: 70, 260
Stojmenova Kristina: 127, 284
Stradovnik Saša: 148
Strle Gregor: 348
Stržinar Žiga: 313
Subhan Hameed Muhammad: 8
Suljanović Nermin : 393, 405
Sušin Denis: 227
Svetina Matija: 78
Šafarič Riko: 317
Šajn Luka: 119, 340
Šerifović-Trbalić Amira: 363
Škrjanc Igor: 136, 189, 313
Šlajpah Sebastjan: 168
Šmerc Rok: 388
Štruc Vitomir: 351
Štrumbelj Erik: 367
Štublar Jernej: 372
Šuran David: 309
Tabernik Domen: 355
Tasić Dejan: 177
Tavčar Rok: 252
Teršek Matija: 367
Thebault Marion: 264
Tomažič Sašo: 127
Tomažič Simon: 136
Tonello Andrea: 393, 405
Trbušič Mislav: 211, 215

Trilar Jure: 260
Trlep Mladen: 215
Troha Miha: 200
Trontelj Janez: 16
Trost Andrej: 433
Umek Anton: 58
Urankar Bernarda: 438
Urška Levac: 78
Valič David: 115
Vidmar Rok: 78
Vitek Matej: 344
Vizjak Jakob: 181
Vuk Baliž Kristjan: 272
Vukobratovic Dejan: 421
Vöröš Matjaž: 305
Zajc Matej: 393, 397, 405
Zajec Peter: 239
Zaletelj Janez: 272
Zamuda Aleš: 305
Završnik Jernej: 309
Završnik Tadej: 309
Zdešar Andrej: 136, 189, 196
Zejnilić Amar: 205
Zhezhov Anton: 211
Zoretič Uroš: 111
Zukic Merima: 417
Žagar Drago: 397, 401, 405
Žalik Borut: 99
Žibert Janez: 326
Žižek David: 372