

GEODETSKI VESTNIK

UDK 528=863

ISSN 0351-0271

EISSN 1581-1328



Letnik 62, št. 2, str. 161–367, Ljubljana, junij 2018. Izidejo štiri številke na leto. Naklada te številke: 1200 izvodov.

Barvna različica je prosto dostopna na spletnem naslovu: <http://www.geodetski-vestnik.com>.

Vol. 62, No. 2, pp. 161–367, Ljubljana, Slovenia, Jun 2018. Issued four times a year. Circulation: 1,200 copies.

Free on-line access to the colour version at <http://www.geodetski-vestnik.com>.

IF JCR (2016): 0,234

IF SNIP (2016): 0,422



Geodetski vestnik je indeksiran in povzet v Social Sciences Citation Index (SSCI), Social Scisearch (SSS) in Journal Citation Reports/ Social Sciences Edition (JCR/SSE).

Indeksiran in povzet je tudi v naslednjih bibliografskih zbirkah:

GEOBASE(TM), ICONDA - International Construction Database, COBISS, Civil Engineering Abstracts, GeoRef, CSA Aerospace & High Technology, Database, Electronics and Communications Abstracts, Materials Business File, Solid State and Superconductivity Abstracts, Computer and Information Systems, Mechanical & Transportation, Engineering Abstracts, Water Resources Abstracts, Environmental Sciences

Geodetski vestnik is indexed and abstracted in Social Sciences Citation Index (SSCI), Social Scisearch (SSS) and Journal Citation Reports/ Social Sciences Edition (JCR/SSE).

Indexed and abstracted is also in those bibliographic data bases:

GEOBASE(TM), ICONDA - International Construction Database, COBISS, Civil Engineering Abstracts, GeoRef, CSA Aerospace & High Technology Database, Electronics and Communications Abstracts, Materials Business File, Solid State and Superconductivity Abstracts, Computer and Information Systems, Mechanical & Transportation, Engineering Abstracts, Water Resources Abstracts, Environmental Sciences

Izdajanje Geodetskega vestnika sofinancira:
Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije

Geodetski vestnik je vpisan v razvid medijev na Ministrstvu za kulturo Republike Slovenije pod zaporedno številko 526.

Geodetski vestnik is partly subsidized by the Slovenian Research Agency.

Geodetski vestnik is entered in the mass media register at the Ministry of Culture of the Republic of Slovenia under No. 526.

GLAVNA IN ODGOVORNA UREDNICA

dr. Anka Lisec

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija

Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana

Tel.: +386 1 4768 560

e-naslov: urednik@geodetski-vestnik.com

PODROČNI UREDNIKI

dr. Božo Koler, področni urednik za *inženirsko geodezijo*

dr. Mojca Kosmatin Fras, področna urednica za *fotogrametrijo*

dr. Božena Lipej, področna urednica za *upravljanje in evidentiranje nepremičnin*

dr. Krištof Oštir, področni urednik za *daljnisko zaznavanje in geoinformatiko*

dr. Bojan Stopar, področni urednik za *geodezijo in geofiziko*

dr. Alma Zavodnik Lamovšek, področna urednica za *načrtovanje in urejanje prostora*

MEDNARODNI UREDNIŠKI ODBOR

dr. Ivan R. Aleksić (Univerza v Beogradu, Gradbena fakulteta, Beograd, Srbija)

dr. Janja Avbelj (Eumetsat, Darmstadt, Nemčija)

dr. Branislav Bajat (Univerza v Beogradu, Gradbena fakulteta, Beograd, Srbija)

dr. Tomislav Bašić (Univerza v Zagrebu, Fakulteta za geodezijo, Zagreb, Hrvatska)

Sandi Berk (Geodetska uprava RS, Ljubljana, Slovenija)

dr. Giuseppe Borruso (Univerza v Trstu, DEAMS, Trst, Italija)

Miran Brumec (Inženirska zbornica Slovenije)

dr. Raffaella Cefalo (Univerza v Trstu, Oddelek za inženirstvo in arhitekturo, Trst, Italija)

dr. Vlado Cetl (EK, Skupno raziskovalno središče, Ispra, Italija)

dr. Marjan Čeh (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, Slovenija)

dr. Walter Timo de Vries (Tehniška univerza München, München, Nemčija)

dr. Urška Demšar (Univerza St. Andrews, Velika Britanija)

dr. Samo Drobne (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, Slovenija)

mag. Erna Flogie Dolinar (Geodetska uprava RS, Ljubljana, Slovenija)

dr. Thomas Kalbro (Kraljevi inštitut KTH, Stockholm, Švedska)

dr. Dušan Kogoj (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, Slovenija)

dr. Žiga Kokalj (ZRC SAZU, Inštitut za antropološke in prostorske študije, Ljubljana, Slovenija)

dr. Miran Kuhar (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, Slovenija)

dr. Reinfried Mansberger (Univerza za naravoslovne in biotehniške vede, IVFL, Dunaj, Avstrija)

dr. Leiv Bjarte Mjøs (Visoka šola v Bergnu, Bergen, Norveška)

dr. Gerhard Navratil (Tehniška univerza na Dunaju, Dunaj, Avstrija)

Tomaž Petek (Geodetska uprava RS, Ljubljana, Slovenija)

dr. Dušan Petrović (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, Slovenija)

dr. Alenka Poplin (Iowa State University, College of Design, Ames, Iowa, ZDA)

dr. Andrea Pődör (Univerza Óbuda, Székesfehérvár, Madžarska)

dr. Anton Prosen (Ljubljana, Slovenija)

dr. Dalibor Radovan (Geodetski inštitut Slovenije, Ljubljana, Slovenija)

dr. Fabio Remondino (Fondazione Bruno Kessler, 3DOM, Trento, Italija)

dr. Miodrag Roić (Univerza v Zagrebu, Fakulteta za geodezijo, Zagreb, Hrvatska)

dr. Balázs Székely (Univerza Eötvösa Loránd, Budimpešta, Madžarska)

dr. Bojan Šavrič (ESRI Ltd, Redlands, Kalifornija, ZDA)

dr. Maruška Šubic Kovač (Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, Slovenija)

dr. Joc Triglav (Geodetska uprava RS, Murska Sobota, Slovenija)

dr. Mihaela Triglav Čekada (Geodetski inštitut Slovenije, Ljubljana, Slovenija)

dr. Arvo Vitikainen (Univerza Aalto, Aalto, Finska)

dr. John C. Weber (Grand Valley State College, Department of Geology, Allendale, Michigan, ZDA)

dr. Klemen Zakšek (Rosen Group, Lingen, Nemčija)

EDITOR-IN-CHIEF**Anka Lisec, Ph.D.**

University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Slovenia

Phone: +386 1 4768 560

E-mail: editor@geodetski-vestnik.com

FIELD AND SUB-FIELD EDITORS**Božo Koler, Ph.D.**, field editor for Engineering Geodesy**Mojca Kosmatin Fras, Ph.D.**, field editor for Photogrammetry**Božena Lipej, Ph.D.**, field editor for Real Estate Management and Recording**Krištof Oštir, Ph.D.**, field editor for Remote Sensing and Geoinformatics**Bojan Stopar, Ph.D.**, field editor for Geodesy and Geophysics**Alma Zavodnik Lamovšek, Ph.D.**, field editor for Spatial Planning**INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD****Ivan R. Aleksić, Ph.D.** (University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering, Belgrade, Serbia)**Janja Avblej, Ph.D.** (Eumetsat, Darmstadt, Germany)**Branislav Bajat, Ph.D.** (University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering, Belgrade, Serbia)**Tomislav Bašić, Ph.D.** (University of Zagreb, Faculty of Geodesy, Zagreb, Croatia)**Sandi Berk** (Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia, Ljubljana, Slovenia)**Giuseppe Borruso, Ph.D.** (University of Trieste, DEAMS, Trieste, Italy)**Miran Brumec** (Slovenian Chamber of Engineers)**Raffaella Cefalo, Ph.D.** (University of Trieste, Department of Engineering and Architecture, Trieste, Italy)**Vlado Ceti, Ph.D.** (EC, Joint Research Centre, Ispra, Italy)**Marjan Čeh, Ph.D.** (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Ljubljana, Slovenia)**Walter Timo de Vries, Ph.D.** (Technical University of Munich, München, Germany)**Urška Demšar, Ph.D.** (University of St. Andrews, St. Andrews, Scotland, United Kingdom)**Samo Drobne, Ph.D.** (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Ljubljana, Slovenia)**Erna Flogie Dolinar, M.Sc.** (Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia, Ljubljana, Slovenia)**Thomas Kalbro, Ph.D.** (Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden)**Dušan Kogoj, Ph.D.** (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Ljubljana, Slovenia)**Žiga Kokalj, Ph.D.** (ZRC SAZU, Institute of Anthropological and Spatial Studies)**Miran Kuhar, Ph.D.** (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Ljubljana, Slovenia)**Reinfried Mansberger, Ph.D.** (University of Natural Resources and Life Sciences, IVFL, Vienna, Austria)**Leiv Bjarte Mjøs** (Bergen University College, Bergen, Norway)**Gerhard Navratil, Ph.D.** (Vienna Technical University, Vienna, Austria)**Tomaž Petek** (Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia)**Dušan Petrovič, Ph.D.** (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Ljubljana, Slovenia)**Alenka Poplin, Ph.D.** (Iowa State University, College of Design, Ames, Iowa, USA)**Andrea Pödör, Ph.D.** (Óbuda University, Székesfehérvár, Hungary)**Anton Prosen, Ph.D.** (Ljubljana, Slovenia)**Dalibor Radovan, Ph.D.** (Geodetic Institute of Slovenia, Ljubljana, Slovenia)**Fabio Remondino, Ph.D.** (Fondazione Bruno Kessler, 3DOM, Trento, Italy)**Miodrag Roić, Ph.D.** (University of Zagreb, Faculty of Geodesy, Zagreb, Croatia)**Balázs Székely, Ph.D.** (Eötvös Loránd University, Budapest, Hungary)**Bojan Šavrič, Ph.D.** (ESRI Ltd, Redlands, California, USA)**Maruška Šubic Kovač, Ph.D.** (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Ljubljana, Slovenia)**Joc Triglav, Ph.D.** (Surveying and Mapping Authority, Murska Sobota, Slovenia)**Mihaela Triglav Čekada, Ph.D.** (Geodetic Institute of Slovenia, Ljubljana, Slovenia)**Arvo Vitikainen, Ph.D.** (Aalto University, Aalto, Finland)**John C. Weber, Ph.D.** (Grand Valley State College, Department of Geology, Allendale, Michigan, USA)**Klemen Zakšek, Ph.D.** (Hamburg University, Lingen, Germany)

IZDAJATELJ

Zveza geodetov Slovenije

Zemljemerska ulica 12, SI-1000 Ljubljana, Slovenija
e-naslov: info@geodetski-vestnik.com

IZDAJATELJSKI SVET

mag. Blaž Mozetič, predsednik *Zveza geodetov Slovenije*
mag. Erna Flogie Dolinar, *Zveza geodetov Slovenije*
dr. Anka Lisec, *glavna in odgovorna urednica*
Sandi Berk, *urejanje rubrike Strokovne razprave*
dr. Mojca Foški, *tehnično urejanje in oblikovanje*

TEHNIČNO UREJANJE IN OBLIKOVANJE

dr. Mojca Foški, e-naslov: mojca.foski@fgg.uni-lj.si
Barbara Trobec, e-naslov: barbara.trobec@fgg.uni-lj.si
dr. Teja Koler Povh, e-naslov: teja.povh@fgg.uni-lj.si

LEKTORIRANJE

Manica Baša

UREJANJE SPLETNIH STRANI

dr. Klemen Kozmus Trajkovski, e-naslov: web@geodetski-vestnik.com

TISK

Geodetski inštitut Slovenije

DISTRIBUCIJA

mag. Janez Goršič, e-naslov: janez.gorsic@fgg.uni-lj.si

TRŽENJE (OGLASNO TRŽENJE)

Zveza geodetov Slovenije
Zemljemerska ulica 12, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: zveza.geodetov.slovenije@gmail.com

NAVODILA AVTORJEM

<http://www.geodetski-vestnik.com>

PUBLISHER

Association of Surveyors of Slovenia

Zemljemerska ulica 12, SI-1000 Ljubljana, Slovenia
e-mail: info@geodetski-vestnik.com

PUBLISHING COUNCIL

Blaž Mozetič, M.Sc., president of the *Association of Surveyors of Slovenia*
Erna Flogie Dolinar, M.Sc., *the Association of Surveyors of Slovenia*
Anka Lisec, Ph.D., *editor-in-chief*
Sandi Berk, *editor of the section Professional Discussions*
Mojca Foški, Ph.D., *technical editor and design*

TECHNICAL EDITOR AND DESIGN

Mojca Foški, Ph.D., e-mail: mojca.foski@fgg.uni-lj.si
Barbara Trobec, e-mail: barbara.trobec@fgg.uni-lj.si
Teja Koler Povh, Ph.D., e-mail: teja.povh@fgg.uni-lj.si

SLOVENE PROOFREADING

Manica Baša

WEB PAGE EDITING

Klemen Kozmus Trajkovski, Ph.D., e-mail: web@geodetski-vestnik.com

PRINT

Geodetic Institute of Slovenia

DISTRIBUTION

Janez Goršič, M.Sc., e-mail: janez.gorsic@fgg.uni-lj.si

MARKETING (ADVERTISING)

Association of Surveyors of Slovenia
Zemljemerska ulica 12, SI-1000 Ljubljana, Slovenia
e-mail: zveza.geodetov.slovenije@gmail.com

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

<http://www.geodetski-vestnik.com>

VSEBINA CONTENTS

UVODNIK | EDITORIAL

<i>Anka Lisec</i>	NOVOSTI ...	9
	NEWS AND CHANGES ...	10
<i>Blaž Mozetič</i>	VOLI!	11
	VOTE!	12

RECENZIRANI ČLANKI | PEER-REVIEWED ARTICLES

<i>Admir Mulahusić, Nedim Tuno, Jusuf Topoljak, Tarik Kolić, Dušan Kogoj</i>		173
	SATELITSKO TERMIČNO SNEMANJE SARAJEVA	
	SATELLITE THERMOGRAPHY OF SARAJEVO	
<i>Katja Cergol, Tomaž Ambrožič</i>		188
	VPLIV BOČNE REFRAKCIJE NA MERJENJE HORIZONTALNIH SMERI	
	INFLUENCE OF LATERAL REFRACTION ON MEASURED HORIZONTAL DIRECTIONS	
<i>Simona Savšek, Matjaž Flerin, Klemen Kregar, Dušan Kogoj</i>		201
	GEODETSKA IZMERA FASAD STAVB ZA NAMEN ENERGETSKE SANACIJE	
	GEODETIC EVALUATION OF BUILDING FACADES FOR THE PURPOSE OF ENERGY RENOVATION	
<i>Dejan Paliska, Daša Fabjan, Robert Vodopivec, Samo Drobne</i>		218
	VPLIV IZGRADNJE AVTOCEST IN HITRIH CEST NA CENO STANOVANJ V SEVEROVZHODNI SLOVENIJI	
	THE IMPACT OF MOTORWAY AND EXPRESSWAY CONSTRUCTION ON HOUSING PROCES IN NORTH-EAST SLOVENIA	
<i>Helena Grčman, Vesna Zupanc</i>		235
	ODMERJANJE ODŠKODNIN ZA POŠKODBE KMETIJSKIH ZEMLJIŠČ OB NJIHOVI ZAČASNI ZASEDENOSTI	
	COMPENSATION FOR SOIL DEGRADATION AFTER EASEMENT OF AGRICULTURAL LAND FOR A FIXED PERIOD	

<i>Jernej Tekavec, Miran Ferlan, Anka Lisec</i>	249
PREGLED RAZISKAV NA PODROČJU 3D-KATASTRA NEPREMIČNIN A REVIEW OF RESEARCH ON 3D REAL PROPERTY CADASTRE	
<i>Iwona Cieślak, Karol Szuniewicz</i>	279
ANALIZA INVESTICIJSKEGA POTENCIALA LOKACIJE Z METODO AHP ANALYSIS OF THE INVESTMENT POTENTIAL OF LOCATION USING THE AHP	
<i>Mehmed Batilović, Zoran Sušić, Marko Z. Marković, Marijana Vujinović, Gojko Nikolić, Toša Ninkov</i>	293
UČINKOVITOST RAZLIČNIH NAČINOV ODKRIVANJA GROBIH POGREŠKOV V GEODETSKIH MREŽAH: PRIMER SPOMENIKA POBEDNIK THE EFFICIENCY OF DIFFERENT OUTLIER DETECTION APPROACHES IN GEODETIC NETWORKS: CASE STUDY FOR POBEDNIK STATUE	

STROKOVNE RAZPRAVE | PROFESSIONAL DISCUSSIONS

<i>Joc Triglav</i>	306
RJAVA, RDEČA IN ZELENA – BARVE NAŠE STARE GEODETSKO-KATASTRSKE TRADICIJE BROWN, RED AND GREEN – COLOURS OF OUR OLD GEODETIC-CADASTRAL TRADITION	
<i>Joc Triglav</i>	314
UMETNA INTELIGENCA IN AVTOMATSKA IDENTIFIKACIJA STAVB ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND AUTOMATIC BUILDING IDENTIFICATION	

NOVICE | NEWS

<i>Tomaž Petek, Klemen Medved, Martin Smodiš</i> NOVOSTI S PODROČJA DELOVANJA GEODETSKE UPRAVE REPUBLIKE SLOVENIJE	320
<i>Dalibor Radovan, Tomaž Petek</i> 132. ZASEDANJE ZDRUŽENJA EUROSĐR V LJUBLJANI	324
<i>Teja Japelj</i> SEZNAM DIPLOM NA ODDELKU ZA GEODEZIJO UL FGG OD 1. 2. 2018 DO 30. 4. 2018	327
<i>Aleš Lazar, Klemen Kregar</i> GEO & IT NOVICE	331

DRUŠTVENE DEJAVNOSTI | ACTIVITIES OF THE PROFESSIONAL SOCIETY

<i>Jožica Marinko</i> SLAVNOSTNA AKADEMIJA IN PRIZNANJA ZVEZE GEODETOV SLOVENIJE 2018	336
--	-----

<i>Jože Dajnko</i> 46. GEODETSKI DAN: GEODET INŽENIR	339
<i>Dalibor Radovan</i> DUŠAN MRAVLJ	342
<i>Erna Flogie Dolinar</i> GENERALNA SKUPŠČINA MEDNARODNE ZVEZE GEODETOV 2018	344
<i>Erna Flogie Dolinar</i> KONGRES MEDNARODNE ZVEZE GEODETOV, ISTANBUL, 6. IN 10. MAJ 2018	346
<i>Dušan Petrovič</i> 11. DELAVNICA KOMISIJE ZA PLANINSKO KARTOGRAFIJO PRI MEDNARODNEM KARTOGRAFSKEM ZDRUŽENJU ICA, HVAR, HRVAŠKA, 21.–25. 5. 2018	349
<i>Anja Vrečko, Nejc Dougan</i> KONEC PRVE SEZONE GEODEV MEETUPOV	351
<i>Melita Rataj</i> DGD NA OBISKU OBMEJNIH KRAJEV SLOVENIJE – ITALIJE	353
<i>Mateja Krivic, Jernej Tekavec, Anka Lisec</i> STROKOVNA ESKURZIJA ŠTUDENTOV GEODEZIJE V CELJE	356
IN MEMORIAM JANEZU SAŠKU	358
NAPOVED DOGODKOV ANNOUNCEMENTS OF EVENTS	
<i>Aleš Lazar</i> KOLEDAR STROKOVNIH SIMPOZIJEV V OBDOBJU JULIJ–SEPTEMBER 2018	360

Slike na naslovnici:

Na sliki je idealiziran perspektivni prikaz rezultatov algoritma za avtomatsko zaznavo robov iz oblaka točk oken na fasadi večstanovanjskega objekta.

NOVOSTI ... NEWS AND CHANGES ...

Anka Lisec

glavna in odgovorna urednica Geodetskega vestnika | Editor-in-chief

Drage bralke in bralci Geodetskega vestnika! Trije meseci so pretekli od izida zadnje številke revije in nekaj zagotovo drži – v našo stroko je letošnja pomlad prinesla mnogo novosti, veliko več kot običajno.

Konec aprila je bil lansiran še en satelit v okviru evropskega programa *Copernicus*. *Sentinel-3B* je že sedmi satelit in zaokrožuje prvo fazo uresničitve misije *Sentinel* za opazovanje Zemlje. Zelo obetavne so tudi najnovejše novice iz Bruslja – Evropska komisija je v začetku junija predlagala, da se za naslednji dolgoročni proračun EU za obdobje 2021–2027 nameni 16 milijard evrov za evropski vesoljski program, kar vključuje naložbe v infrastrukturo za satelitsko določevanje lokacije, tudi sistema *Galileo* in *EGNOS*, infrastrukturo za opazovanje Zemlje, sistem *Copernicus*, ter naložbe v aplikativne rešitve, ki slonijo na navedeni infrastrukturi. Mnogo izzivov torej za geodetsko in geoinformacijsko stroko ...

Pomembna spomladanska novost, ki se dotika večine nas, pa naj bomo zaposleni v akademski sferi, javni upravi ali pa zasebnem sektorju, je dokončna uveljavitev evropske uredbe o varstvu podatkov GDPR (angl. *General Data Protection Regulation*). Tako imenovana *Splošna uredba o varstvu podatkov* je sicer začela veljati že 25. 5. 2016, njene določbe pa se morajo neposredno uporabljati v vseh državah članicah v dveh letih po uveljavitvi. Slovenija pri njenem uvajanju v svojo zakonodajo nekoliko zamuja, tako so določbe navedene uredbe večinoma nadomestile (vsaj začasno) določbe Zakona o varstvu osebnih podatkov iz leta 2004.

Zadnja, a ne najmanj pomembna novost je uveljavitev nove zakonodaje s področja regulacije inženirske dejavnosti v Sloveniji. Spremembe se sicer nanašajo le na regulirani del geodetske stroke, a se ne glede na to velja vprašati, ali so predlagane rešitve res korak v pravo smer. V uradnih razlagah nove zakonodaje je zaslediti argumente, da so bile spremembe potrebne zaradi zahtev evropske skupnosti. Ob poznavanju ureditve regulacije geodetske dejavnosti v drugih evropskih državah ter aktualnih razprav na evropski ravni moram ugotoviti, da nove zakonske določbe v marsičem niso primerljive z evropskimi praksami in priporočili. Še bolj pa skrbi dejstvo, da je z zakonodajo povezana vrsta nejasnosti. Kako se to lahko še vedno zgodi na stopnji, ko je večina zakonskih določil že uradno veljavnih? Morda pa je težava le v tem, da nismo dovolj informirani. Močno upam, da je tako.

Veliko manj negotovosti in zanimivih izzivov v našo stroko vsekakor prinašajo tehnološki novosti, pa tudi zahteve družbe po podatkih in storitvah na področju geodezije in geoinformatike. To dokazujejo zanimivi znanstveni in strokovni članki, ki so objavljeni v tej številki. Vse več je tudi društvenih prispevkov, kar – upam – nakazuje, da smo spet na pravi, skupni, optimistični poti ...

Prijetno branje vam želim in upam, da boste v teh poletnih mesecih našli tudi čas za zaslužen oddih.

Dear Readers of Geodetski Vestnik! Three months have passed since the publication of the previous issue of our journal, and something holds true – this spring has many new changes to our profession.

At the end of April, another satellite was launched in the framework of the European *Copernicus Programme*. *Sentinel-3B* is the seventh satellite in a series, and its launch marks a successful end of the first phase of the Earth observation mission. The latest news from Brussels is also very encouraging: at the beginning of June, the European Commission proposed spending €16 billion on the EU space programme in the next long-term EU budget for 2021–2027. The funding covers investments in infrastructure for satellite positioning, including the systems *Galileo* and *EGNOS*, infrastructure for Earth observation, the *Copernicus* system, and investments in application solutions that rely on the above infrastructure. Clearly, this presents numerous challenges and opportunities for the surveying and geo-information professions.

Another critical change from this spring, which is relevant to the majority of us, regardless of where we work – in academia, public services or the private sector – is the final implementation of the General Data Protection Regulation. The regulation, also known as the GDPR, entered into force back on 25 May 2016, but its provisions were meant to be directly applicable in all Member States two years after its entry into force. Slovenia has been late in transposing the regulation into its legal order, which is why numerous provisions of it have been substituted (at least temporarily) by the provisions of the Personal Data Protection Act from 2004.

The last, but not least significant change is the enforcement of the new legislation on the regulation of engineering practices in Slovenia. It is true that the changes only relate to a regulated part of the surveying profession; nevertheless, one cannot avoid the question of whether the suggested solutions are really a step in the right direction. In official explanations of the new legislation, one may come across statements that changes were needed because of the EU requirements. Being familiar with regulations that govern the surveying profession in other European countries and ongoing debates on the European level, I have to conclude that new legislative regulations lack comparability with European practices and recommendations in many aspects. Even more worrying is the fact that the legislation lacks clarity regarding numerous issues. How is this still possible, when the majority of legal provisions are officially enforced? Perhaps the root of the problem lies in the fact that we are not sufficiently informed. I sincerely hope that it is so.

Undoubtedly, technological advancements create much less uncertainty and bring many more interesting challenges to our profession and go hand in hand with societal demands for data and services in the fields of land surveying and geoinformatics. You may find ample proof of that in interesting scientific and professional articles published in this issue of the journal. The number of submissions from professional associations is also on the rise, and I hope this shows that we are back on the right, common and optimistic track ...

I wish you pleasant reading, and I hope that you will be able to find some time for a well-earned rest in the summer months ahead.

VOLI! VOTE!

Blaž Mozetič

predsednik Zveze geodetov Slovenije | president of the Association of Surveyors of Slovenia

Spoštovane geodetke in geodeti, med dvema številčkama Geodetskega vestnika se nam je zgodila volilna kampanja in volitve v državni zbor Republike Slovenije, kar pomeni, da smo čisto po geodetsko, čeprav samo v simboličnem smislu, zakoličili začetek in konec neke prehodnice. Zato bodo v uvodniku, ki ga berete, izzivi geodetske stroke postavljeni malo na stran, vendar drugače žal res ne gre. Bomo videli.

Kot smo navajeni, želi politika prepričati čim več ljudi, zato je treba politike poslušati in brati med vrsticami. Nekaj podobnega je v geodeziji, ko se na primer določa parcelna meja, pri čemer mora biti geodet »všečen« vsem mejašem, da dobi dober rezultat. O branju in seveda pripovedovanju med geodetskimi vrsticami pa raje kje drugje ter kdaj drugič.

Ljudski krilatici *Vsi so isti*. in *En glas nič ne spremeni*. v povezavi s politiko vam najbrž že štrlita iz ušes, vendar sta tudi zelo priročna izgovora. Ali držita ali ne, prepuščam vašim političnim analitičnim sposobnostim. Ker berete uvodnik Geodetskega vestnika, za strokovni izziv prej zapisano besedo 'politika' nadomestite z 'geodezija' in preberite odstavek še enkrat od začetka. Smo že na domačem dvorišču, kajne?

Drage kolegice in kolegi, ne razmišljajte, kaj bi morali drugi narediti, da bi lahko vi kaj postorili, ampak razmislite, kaj bi vi sami morali narediti, da bi potem drugi naredili to, kar bi morali. Že zapisati je tole težko, prebrati tudi ni enostavno, še težje pa je to narediti. Ni treba delati revolucije, ampak je treba združiti modrost starejših kolegov ter zagnanost in hitrost mlajših, da bodo vsi prispeli na cilj skupaj.

O zapisanem lahko parlamentiramo na dolgo in široko, vendar za to delo žal dobivajo plačo »druge stroke«, ki krojijo tudi usodo geodetske stroke, pa če nam je to všeč ali ne, če ali se z usodo strinjamo ali ne. V naslovu zapisano besedo lahko uporabimo kot samostalniško, kar pomeni žival, ki je odličen delavec; zgodovinsko gledano je bila, dandanes zaradi razvoja in tehnološkega napredka ni več; za vleko težkega tovora in druga težaška dela, ki je brez »onega«. Zato ni sle po napredku in preboju po lestvici navzgor.

Za spremembe – kakršnekoli že, vsi upamo, da seveda na bolje – je treba imeti tisto, česar voli nimajo. Spremenimo pa tako, da se voli. V geodetski stroki se ne voli in tudi voli nismo, zato se tukaj enostavno naredi, kar je treba in prav.

Srečno!

Dear Land Surveyors,

Since the publication of the previous issue of *Geodetski vestnik*, we have experienced a campaign and a general election to the Parliament of the Republic of Slovenia, which means that in a strictly geodetical sense – albeit only symbolically – we have mapped the beginning and the end of a boundary. This is the main reason that the editorial you are reading pushes aside the challenges of our profession, but I had little choice.

As we all well know, politicians strive to persuade as many individuals as possible to agree with them, which is why one should adhere to reading between the lines while listening to their words. One may come across a similar situation in geodesy – for example, during measurements to determine the boundaries of individual plots of land. To obtain a good result, a land surveyor should be "likeable" for all the parties involved. We will use another opportunity to say a word or two about reading and of course discussing between land-surveying lines.

I guess you have all frequently heard the phrases *They are all the same.* and *One vote makes no difference,* but one has to admit that they offer a very convenient excuse. I leave it to your political judgement whether they are valid or not. As you are reading the editorial of *Geodetski vestnik*, take a challenge and replace the "politics" above with "land surveying" and start reading from the beginning. One starts feeling more at home, no?

Dear colleagues, do not think about what others should do to spur you into action, better consider what you yourself should do to make others do what should be done. The thought has been difficult to shape; it is not simple to read, let alone act upon it. There is no need for a revolution; it only takes to combine the wisdom of senior colleagues and the agility of junior ones, so that everybody would cross the finish line at the same time.

We can debate upon things said so far at length, but other professions are paid for that, those that also shape the destiny of land-surveying profession – whether we like or not, whether we accept our destiny or not. In the Slovene language, the verb "to vote" (*voliti*) can also be used as a plural noun, denoting a hardworking animal – at least it was considered such in the past, technological advancements have changed that – an animal that was used to pull heavy loads, to sweat and toil in fields; an animal that was robbed of its "nuts"; whence a lack of zeal for advancement and for climbing the ladder.

Namely, changes – whatever their nature, let's hope that they are changes for the better – require something that rhymes with a body organ that oxen lack. And one can change something by voting. In land-surveying, we do not vote and, of course, we are no oxen, which is why we simply do what has to be done.

Good luck!

SATELITSKO TERMIČNO SNEMANJE SARAJEVA

SATELLITE THERMOGRAPHY OF SARAJEVO

Admir Mulahusić, Nedim Tuno, Jusuf Topoljak, Tarik Kolić, Dušan Kogoj

UDK: 528.8(497.6Sarajevo)
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01
Prispelo: 22. 2. 2018
Sprejeto: 4. 5. 2018

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2018.02.173-187
SCIENTIFIC ARTICLE
Received: 22. 2. 2018
Accepted: 4. 5. 2018

IZVLEČEK

Spreminjanje ozračja v velikih svetovnih mestih zaradi urbanizacije postaja vse izrazitejša. S tem je povezan tudi pojav mestnega toplotnega otoka. Daljinsko zaznavanje, zasnovano na satelitih in senzorjih, občutljivih za različne dele elektromagnetnega spektra, omogoča nov in lažji način spremljanja mestnih toplotnih otokov. V prispevku je opisano določanje temperature območja Sarajeva na podlagi satelitskih posnetkov Landsat. Opisan je izračun mestnega toplotnega otoka, izvedene so analize po conah, izdelani značilni temperaturni profili ter izvedena primerjava s podatki meteoroloških postaj. Delo ponuja osnovne smernice za izračun mestnega toplotnega otoka in zagotavlja podlago za nadaljnje raziskave mestnega toplotnega otoka Sarajeva.

ABSTRACT

The phenomena of atmospheric changes due to urbanisation are increasing in big cities worldwide, one of the most prominent of which is the appearance of urban heat islands. Remote sensing based on satellites and sensors sensitive to different parts of the electromagnetic spectrum has enabled new and easier ways of monitoring urban heat islands. This paper describes a procedure for determining the temperature of the Sarajevo area based on Landsat satellite images. In addition to measuring urban heat islands, more detailed analyses of the zones were carried out, profiles have been made through characteristic surfaces, and finally, comparisons with the air temperatures of the weather stations were done. The paper offers basic guidelines for calculating the phenomenon of urban heat islands and represents the basis for further studies of the urban heat island in the Sarajevo area.

KLJUČNE BESEDE

daljinsko zaznavanje, mestni toplotni otok, površinski mestni toplotni otok, Landsat, Sarajevo

KEY WORDS

remote sensing, urban heat island, surface urban heat island, Landsat, Sarajevo

1 UVOD

S širjenjem mest se spreminja dejanska raba tal, nepozidana območja namreč postanejo pozidana. Pozidava povzroči mnoge pojave, ki negativno vplivajo na zdravje ljudi, naravna območja, ekosisteme, podnebje, energetska učinkovitost in kakovost življenja (Bektas Balcik in Ergene, 2016). Z urbanizacijo izzvane spremembe povzročajo nekatere okoljske pojave, ki so značilni za mesta ter vplivajo na kakovost življenja stanovalcev na urbanem območju in v okolici, posredno pa učinkujejo na svetovne podnebne spremembe. Značilen primer sprememb ozrača zaradi urbanizacije so mestni toplotni otoki (Oke, 1981). Raziskujejo jih številne znanstvene discipline, raziskovanja so zelo aktualna. Ljudje dolgo niso dojeli škodljivih vplivov urbanizacije, zato so težave začeli reševati šele po tem, ko so se že razmahnile.

Razvoj satelitskih sistemov za daljinsko zaznavanje je omogočil nov način raziskovanja mestnih toplotnih otokov, ki dopolnjuje tradicionalne metode, temelječe na merjenju temperature na meteoroloških postajah. Uporaba senzorjev, občutljivih za različne spektre elektromagnetnega valovanja, je omogočila določitev temperature na daljavo. Metode daljinskega zaznavanja so odprle nove možnosti. Meteorološke postaje zajemajo podatke točkovno, so številčno in lokacijsko zelo omejene, satelitsko snemanje pa omogoča množični zajem podatkov na velikem območju, s čimer je zagotovljena velika prostorska in časovna pokritost opazovanj (Fabrizi, Bonafoni in Biondi, 2010). Za raziskave na področju daljinskega zaznavanja se dandanes pogosto uporabljajo posnetki satelitskega sistema Landsat. Ta sistem je zelo priljubljen zaradi brezplačnega dostopa do podatkov in njihovega dolgoročnega hranjenja v arhivu.

Za raziskavo, opisano v prispevku, so uporabljeni prav satelitski posnetki Landsat. Arhiv satelitskih sistemov Landsat hrani podatke od leta 1972. Teoretično je torej mogoče slediti trendom širjenja mestnih toplotnih otokov v zadnjih 46 letih. Satelitske posnetke iz arhiva je treba izbrati in jih ustrezno obdelati. Podlaga so tako imenovani termični posnetki, to so satelitske podobe, ki prikazujejo svetilno temperaturo površja. Takšna podoba vsebuje informacijo o temperaturi v okviru piksla. Z analizo podob se določi temperatura izbranih območij, na podlagi temperature pa vrednosti mestnega toplotnega otoka. Dobljene rezultate statistično vrednotimo in jih primerjamo z že znanimi podatki. Na podlagi vrednosti mestnih toplotnih otokov in trendov sprememb je mogoče iskati rešitve za zmanjšanje pojava mestnih toplotnih otokov in njihovih negativnih vplivov na bivanje.

2 MESTNI TOPLITNI OTOK

Površinske spremembe, ki so posledica urbanizacije, vplivajo na lokalne spremembe podnebja. Urbanizirano območje postane toplejše od neurbanizirane okolice, pri čemer je temperaturna razlika posebno očitna ponoči. Ta pojav je poznan kot mestni toplotni otok. (angl. *urban heat island* – UHI) (Voogt in Oke, 2003). Poenostavljeno je mestni toplotni otok pojav, pri katerem imajo mestna območja višjo temperaturo od manj urbaniziranih območij v bližnji okolici.

Glavni vzrok za nastanek in oblikovanje mestnega toplotnega otoka je naraščajoča zamenjava nepozidanih površin z grajenimi objekti. Na razvoj mestnih toplotnih otokov najbolj vplivata dva primarna vremenska pojava, to so veter in oblaki. Mestni toplotni otok je najintenzivnejši, kadar je nebo jasno in ni vetra. Oblaki zmanjšajo sončevo obsevanje tal in nižjih plasti ozrača, zaradi česar se dnevno segrevanje v mestih občutno zmanjša. Veter pa okrepi mešanje zračnih mas ter zmanjšuje razlike v temperaturah med mestom in okolico.

S pojavom mestnih toplotnih otokov so se ukvarjali mnogi znanstveniki. Kim (1992) je prišel do pomembnih kazalnikov, povezanih z mestnim toplotnim otokom glavnega mesta Združenih držav Amerike. Na podlagi podatkov, pridobljenih s satelitskih posnetkov Landsat TM, je ugotovil, da so temperature mestnih območij glede na bližnje gozdne površine poleti višje tudi do 10 °C. Simptomi dnevnega segrevanja se začnejo pojavljati sredi dopoldneva, razlog pa je velik višek toplote zaradi hitrega segrevanja mestnih površin, kot so zgradbe, asfaltne površine, gola tla in nizka trava.

Zelo zanimiv pregled z vidika klimatologije mestnih območij je ponudil Arnfield (2003). Nič manj niso zanimive raziskave, ki so jih izvedli Santamouris (2014); Santamouris (2015), Zhou in sod. (2017); Chun in Guldmann (2014); Busato, Lazzarin in Noro (2014); Debbage in Marshall Shepherd (2015); Leder, Leder in Hećimović (2016) ter Cedilnik, Oštir in Kokalj (2016).

Ločimo tri vrste toplotnih otokov, to so površinski toplotni otok SHI (angl. *surface heat island*), toplotni otok pokrova CLHI (angl. *canopy layer heat island*) in mejni toplotni otok BLHI (angl. *boundary layer heat island*) (Oke, 1982; Voogt, 2002).

Agencija Združenih držav Amerike za varstvo okolja EPA (EPA, 2008) loči dva tipa mestnih toplotnih otokov. To sta površinski mestni toplotni otok SUHI (angl. *surface urban heat island*) in atmosferski mestni toplotni otok AUHI (angl. *atmospheric urban heat island*).

Za identifikacijo mestnih toplotnih otokov uporabljamo metode, ki temeljijo na numeričnem modeliranju ter ocenah, zasnovanih na empiričnih modelih. Površinski mestni toplotni otok SUHI je opredeljen na podlagi merjenja temperature zemeljskega površja (angl. *land surface temperature – LST*), običajno zasnovanega na tehnologiji termičnega daljinskega zaznavanja (Farina, 2012), torej pridobljenega iz termičnih satelitskih posnetkov.

3 MOŽNOSTI UPORABE DALJINSKEGA ZAZNAVANJA PRI RAZISKAVAH IN SPREMLJANJU TOPLLOTNIH OTOKOV

Raziskovanja mestnih toplotnih otokov so se v prvih letih osredotočala na proučevanje atmosferskega mestnega toplotnega otoka (AUHI) na temelju meteoroloških podatkov iz mreže stalnih meteoroloških postaj. Za izdelavo natančne termične (toplotne) karte mesta je bilo treba zagotoviti veliko prostorsko enakomerno razporejenih meteoroloških postaj. Njihovo vzdrževanje in kalibracija pa prinašata visoke stroške, dodatna težava je v tem, da sprememba okolja v bližini meteoroloških postaj vpliva na natančnost in verodostojnost dolgoročnih podatkov snemanja (Wang, 2015).

Večspektralni detektorji zaznavajo elektromagnetno sevanje zlasti v vidnem in infrardečem spektru, pa tudi v termičnem infrardečem delu spektra. Zaznavanje energije na območju termičnega sevanja je povsem drugačno od zaznavanja odbite sončne svetlobe (Oštir in Mulahusić, 2014). Termični detektorji, občutljivi za fotone toplotnega sevanja, morajo biti dobro ohlajeni (blizu absolutne ničle), saj je treba njihovo lastno sevanje zmanjšati na minimum. Ti senzorji merijo površinsko temperaturo ali termične značilnosti opazovanih objektov (Oštir in Mulahusić, 2014).

Z razvojem daljinskega zaznavanja so se raziskave usmerile na določanje površinskih mestnih toplotnih otokov (SUHI). Metoda temelji na uporabi senzorjev za snemanje termičnega infrardečega sevanja (TIR-senzorji) in omogoča merjenje temperature površja velikih mestnih območij z veliko večjo prostorsko

pokritostjo, kot jo je mogoče zagotoviti s podatki zemeljskih meteoroloških postaj (Wang, 2015; Fabrić in sod., 2010).

Oceno SUHI na podlagi podatkov daljinskega zaznavanja je prvi predlagal Rao (1972). Sledile so številne raziskave, ki so ponudile izboljšave glede na predhodne različice senzorjev. Podatki termičnega infrardečega senzorja (TIRS) satelita Landsat 8 se množično uporabljajo za študije stanja in dinamike urbanega toplotnega okolja (Wang, 2015; Weng, 2009). Merjenje SUHI je mogoče čez dan in ponoči, saj se ne zaznava odbita sončna svetloba, temveč sevanje Zemljine površine (Oštir in Mulahusić, 2014).

Satelitsko določena LST je ključni parameter v procesih SUHI. Ne samo, da deluje kot kazalnik podnebnih sprememb, ampak lahko z njo preučujemo sevanje površine in s tem tok toplotne energije med površino in ozračjem. Temperatura površine posredno, vendar pomembno vpliva na temperaturo zraka. Parkovno in drugo rastje v mestu ima običajno nižjo temperaturo od pozidanih zemljišč in prispeva k znižanju temperature zraka, gosto naseljena območja pa zrak neposredno segrevajo in tako zvišujejo njegovo temperaturo (Srivanit in Hokao, 2012).

Dobljeni rezultati raziskav so lahko zelo koristni pri opredeljevanju urbanih dejavnosti in projektiranju infrastrukture. Prav tako so lahko podlaga za ustrezne strategije za zmanjšanje mestnih toplotnih otokov v procesu širjenja mestnega območja.

4 PRIPRAVA PODATKOV IN METODOLOGIJA

Za raziskavo uporabljeni satelitski posnetki Landsat omogočajo časovno primerjavo, ki je osnovni pogoj za izvajanje študij trenda širjenja mestnih toplotnih otokov. Prvi korak v raziskavi je izbira ustreznih posnetkov, kar je odvisno od območja raziskave. To območje je treba določiti smiselno in dovolj natančno (slika 1).



Slika 1: Mesto Sarajevo z mejami območij pozidanih zemljišč in zemljišč, načrtovanih za gradnjo.

Raziskava je razdeljena na dva dela. Prvi obsega primerjavo površinskih mestnih toplotnih otokov SUHI, dobljenih iz posnetkov treh različnih časovnih obdobj. To so posnetki satelita Landsat 5 iz leta 1986, Landsat 7 iz leta 2000 in Landsat 8 iz leta 2015. Drugi del raziskave obsega določitev površinskega mestnega otoka SUHI za štiri letne čase v letu 2015. Pri tem sta za vsak letni čas uporabljena dva posnetka satelita Landsat 8. Vsi satelitski posnetki so prevzeti s servisa USGS (angl. *United States Geological Survey*). Obdelavo podatkov smo izvedli v korakih, kot je prikazano na diagramu poteka raziskave (slika 2).



Slika 2: Diagram poteka raziskave.

Postopki računanja temperature zemeljskega površja (angl. *land surface temperature* – LST) na podlagi satelitskih posnetkov so podani v ustrezni literaturi, na primer Oštir, Kokalj in Cedilnik (2014). Postopki računanja LST na podlagi posnetkov Landsat 8 so opisani v člankih, kot je Geletič, Lehnert in Dobrovolný (2016). Po pridobitvi LST za tri obdobja (za leta 1986, 2000, 2015) smo pripravili karte z dodajanjem barv za ustrezne temperature. Površinski mestni toplotni otok SUHI se izračuna iz temperatur površja, pridobljenih s posnetkov. Definiran je z naslednjo enačbo (Shah in Ghauri, 2015; Tiangco, Lagmay in Argete, 2008):

$$\text{SUHI} = (\text{LST})_{\text{Mesto}} - (\text{LST})_{\text{Okolica}}, \quad (1)$$

kjer je $(\text{LST})_{\text{Mesto}}$ povprečna vrednost temperature površja za območje, ki se obravnava kot mestno, $(\text{LST})_{\text{Okolica}}$ pa je povprečna vrednost temperature površja za mestno okolico (Shah in Ghauri, 2015).

Enačba (1) za izračun površinskega mestnega toplotnega otoka SUHI je smiselna in se uporablja le, če sta pozidano in nepozidano območje dobro opredeljeni. Če so območja slabo opredeljena, se lahko zgodi, da je izračunana vrednost površinskega mestnega toplotnega otoka SUHI negativna.

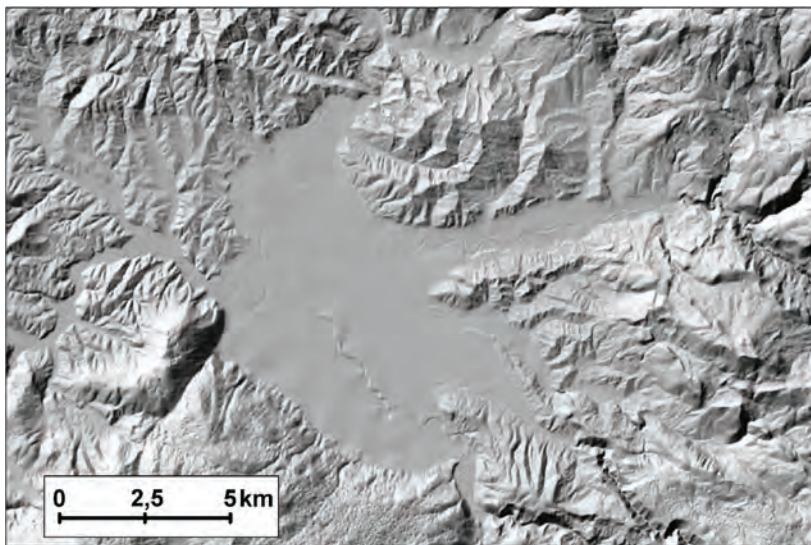
Redke študije UHI za sušna območja sta Tarleton in Katz (1995) opravila v Phoenixu in Tucsonu (Arizona, ZDA), Nasrallah in sod. (1990) v mestu Kuvait, Rasula in sod. (2016) za mesto Erbil in oazo Al Ahsa Al-Ali (2015). Splošno prepričanje, da je temperatura zraka na zelenih površinah nižja od temperature na nezelenih površinah, je bilo potrjeno s številnimi raziskavami temperature parkov in gozdnih površin (Bowler, Buyung-Ali, Knight in Pullin, 2010). V povprečju so večji parki hladnejši od manjših, a ne vedno. Mestni hladni otoki (angl. *urban cool island* – UCI) so bolj povezani z značilnostmi parkov (Chang, Li in Chang, 2007).

Do danes je objavljeno veliko raziskav na temo SUHI in SUCI (površinskih mestnih hladnih otokov; angl. *surface urban cool islands*) na zelenih in vodnih površinah v mestih, le v nekaterih študijah raziskujejo SUCI

na celotnem mestnem območju, kar zahteva boljše razumevanje te problematike (Rasul in sod., 2017).

5 PRIMERJAVA POVRŠINSKIH MESTNIH TOPLOTNIH OTOKOV IZ TREH ČASOVNIH OBDOBIJ

Obravnavano območje je zelo hribovito. Primerjava površinskih mestnih toplotnih otokov iz treh različnih časovnih obdobj je precej odvisna od topografije okolice Sarajeva in dela topografije v samem mestu Sarajevo (Mulahusić, 2010) (slika 3).

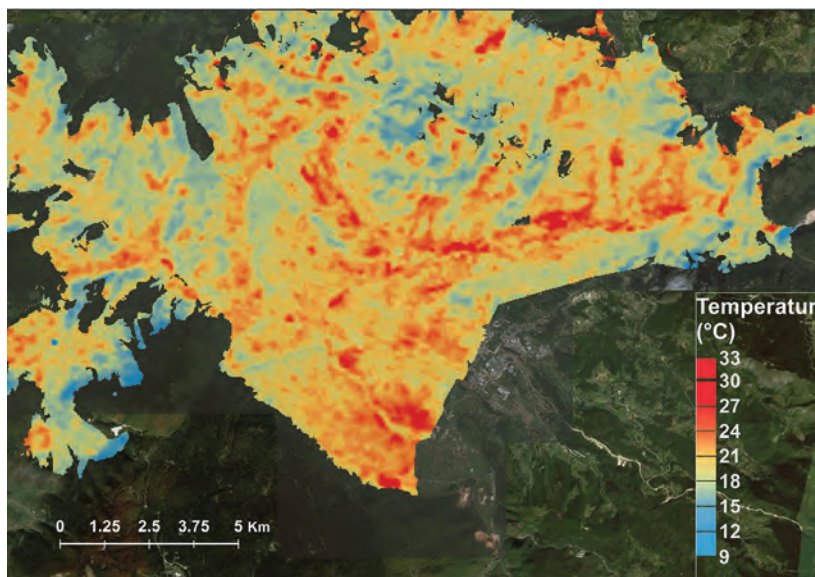


Slika 3: DMR mesta Sarajevo z okolico.

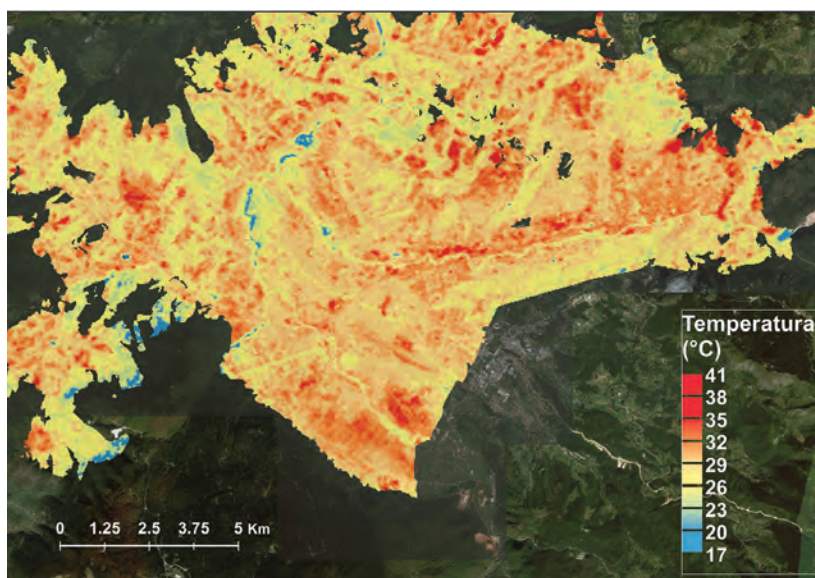
Na podlagi pridobljenih temperatur površja s posnetkov iz treh različnih časovnih obdobj (posnetki z dne 2. 9. 1986, 20. 8. 2000 in 12. 7. 2015) ugotovimo, da so se koncentracije najvišjih temperatur v devetnajstih letih premaknile.

Posnetek temperature površja iz leta 1986 (slika 4) kaže, da je na tako rekoč vseh lokacijah temperatura porazdeljena precej enakomerno. Razlike med temperaturami pozidanega območja ter temperaturami parkov in zelenih površin so zelo majhne. Posnetek iz leta 2000 (slika 5) kaže na višje temperature na celotnem območju. Čeprav so tudi tokrat temperature precej enakomerno porazdeljene, pa je opazna koncentracija višjih temperatur na pozidanih površinah. Na posnetku temperature površja iz leta 2015 (slika 7) opazimo koncentracijo najvišjih temperatur na površinah največje gostote naseljenosti prebivalstva in površinah najgostejše pozidave.

Na podlagi izračunane temperature površja smo določili povprečno temperaturo za pozidano in nepozidano območje. Površinski mestni toplotni otok za leto 1986 znaša $+0,82\text{ }^{\circ}\text{C}$, kar pomeni, da je v pozidanem delu mesta Sarajevo v povprečju topleje za $0,82\text{ }^{\circ}\text{C}$. Posnetek iz leta 2000 po izračunani temperaturi površja in izločenih vrednosti temperature za pozidani in nepozidani del pokaže, da je temperatura pozidanega dela povprečno za $0,96\text{ }^{\circ}\text{C}$ višja. Vrednost SUHI je $+4,40\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Slika 4: Temperatura površja (LST), pridobljena na podlagi posnetka Landsat 5 z dne 2. 9. 1986.



Slika 5: Temperatura površja, pridobljena na podlagi posnetka Landsat 7 z dne 20. 8. 2000.

Vsi obravnavani posnetki so iz poletnega obdobja. Segrevanje površine tal je takrat najintenzivnejše, temperatura je dlje visoka. Vrednosti površinskega mestnega toplotnega otoka SUHI dosežejo vrhunec čez dan. Satelit Landsat snema okrog 10. ure zjutraj po lokalnem sončevem času, ponoči le izjemoma. Zato ni mogoče izmeriti površinskega mestnega toplotnega otoka v trenutku, ko je ta najizrazitejši.

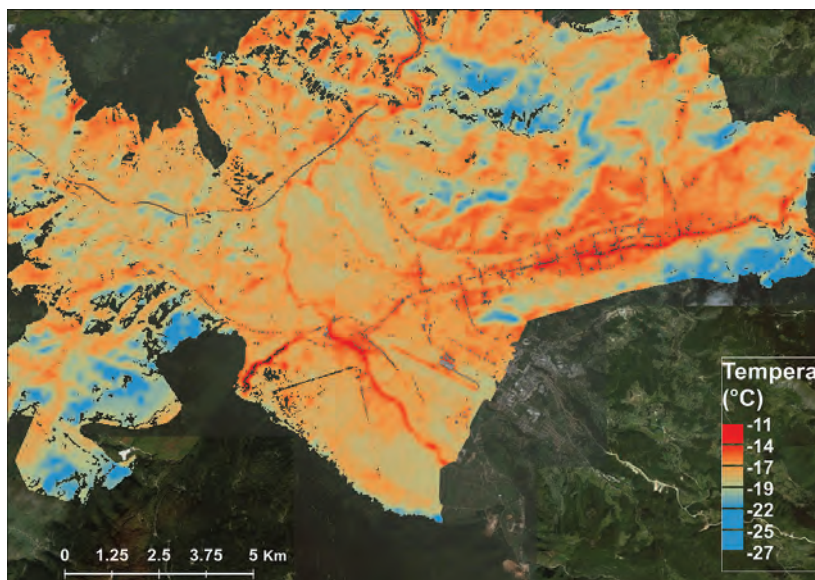
Ob običajnem razvoju mestnega okolja bi v štirinajstih letih pričakovali občutno večje povečanje. Razlago

lahko iščemo v dejstvu, da je za del tega obdobja značilno vojno rušenje in uničevanje mestnih območij. To je privedlo do razseljevanja prebivalcev, s čimer so se zmanjšale človekove dejavnosti na mestnem območju. Objekti so sicer ostali, raba tal pa se tudi ni bistveno spremenila.

6 PRIMERJAVA TEMPERATUR V ŠTIRIH LETNIH ČASIH ISTEGA LETA

Pomembne informacije o termičnem obnašanju so kodirane v letnem ciklusu površinskih temperatur. Ugotovljeno je bilo, da je mogoče oceniti srednjo vrednost in amplitudo letnega ciklusa površinske temperature (iz termičnih infrardečih posnetkov) z natančnostjo približno 1 K. Zaradi tega se mestna toplotna območja opisujejo z veččasovnimi cikli (Bechtel, 2012).

Namen raziskave je bil opredeliti spremembe mestnega toplotnega otoka glede na letni čas. Uporabili smo satelitske posnetke Landsat 8, ki so bili posneti v januarju, maju, juniju, juliju in novembru leta 2015. Temperaturo površja za januar in julij prikazujeta sliki 6 in 7.

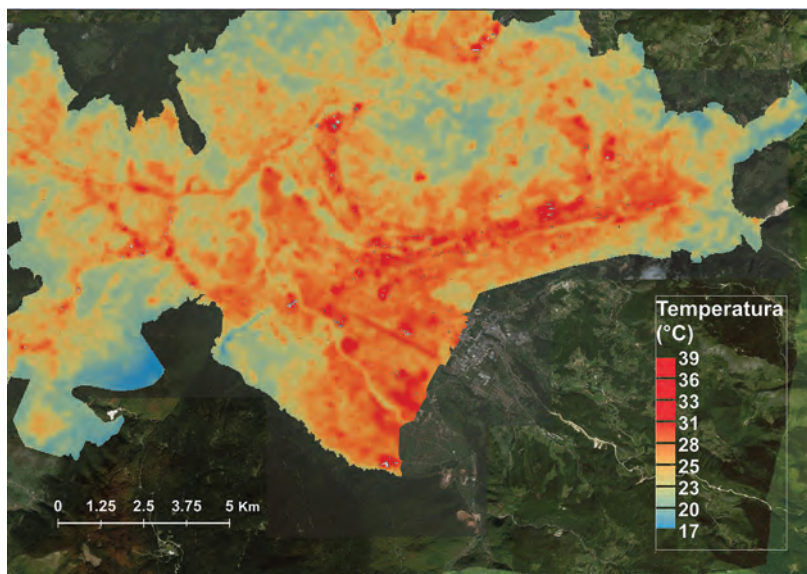


Slika 6: Temperatura površja na podlagi posnetka Landsat 8 z dne 1. 1. 2015.

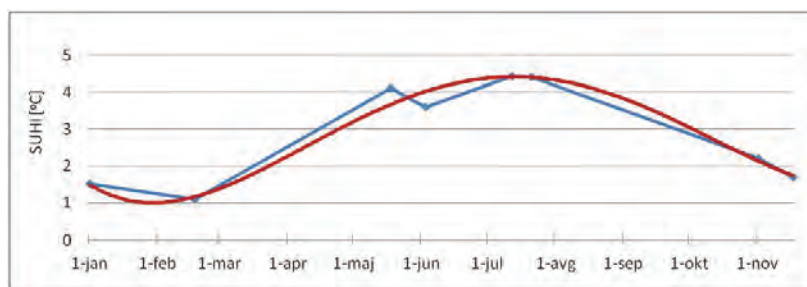
Na podlagi izračunane temperature površja smo pridobili vrednosti mestnega toplotnega otoka SUHI. Površinski mestni toplotni otok SUHI spomladi znaša + 4,10 °C za 18. maj, za 3. junij pa + 3,60 °C. Iz posnetkov iz poletnega obdobja so izračunane vrednosti površinskega mestnega toplotnega otoka SUHI + 4,44 °C za 12. julij in + 4,40 °C za 21. julij. Jeseni znaša izračunani površinski mestni toplotni otok SUHI + 2,20 °C za 1. november in + 1,70 °C za 17. november. Kljub veliki količini odstranjenih pikslov zaradi oblakov je bilo mogoče določiti vrednosti mestnega toplotnega otoka tudi za zimsko obdobje. Vrednost SUHI za 1. januar je +1,52 °C, za 18. februar pa +1,10 °C (slika 8).

Dobljene vrednosti površinskega mestnega toplotnega otoka SUHI so največje v poletnih mesecih, kar je v skladu z dejstvom, da so površinski mestni toplotni otoki SUHI najintenzivnejši v dneh z najvišjo temperaturo. Vseeno pa razlike glede na izračunan SUHI maja in junija, ki sta tudi lahko zelo topla,

niso velike. Površinski mestni toplotni otok SUHI je občutno manjši jeseni in pozimi. Poskušajmo trend opisati numerično. Ugotovimo, da se polinom 4. stopnje zelo dobro prilega opazovanim vrednostim. Krivulja je tudi precej smiselna – izraža ciklični potek spreminjanja vrednosti SUHI v letu – največji avgusta, najmanjši ob koncu januarja. Cikel s približno mesečnim časovnim zamikom sledi letnemu spreminjanju osončenosti površja, ki ga, kot je mogoče sklepati na podlagi Zakšek, Oštir in Podobnikar, (2008), tudi lahko opišemo s podobno krivuljo.



Slika 7: Temperatura površja na podlagi posnetka Landsat 8 z dne 12. 7. 2015.



Slika 8: Mestni toplotni otok SUHI glede na letni čas – leto 2015.

7 PRIMERJAVA REZULTATOV S PODATKI METEOROLOŠKIH POSTAJ

Na območju kantona Sarajevo delujejo štiri meteorološke postaje zveznega hidrometeorološkega zavoda, le dve od teh sta v mestu Sarajevo (Sarajevo-Bjelave in Butmir-Aerodrom). Landsat snema območje Sarajeva okrog 9.30, meteorološki postaji pa registrirata vrednosti ob vsaki polni uri. Temperatura meteoroloških postaj je zato določena kot srednja vrednost izmerjenih temperatur ob 9.00 in 10.00 (preglednica 1).

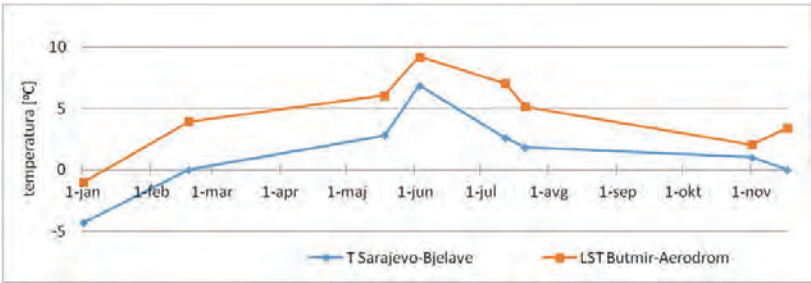
Svetilna temperatura ni enaka dejanski temperaturi tal, je le prvi kazalnik temperaturnega stanja površja. Da se približamo pravim temperaturnim vrednostim, moramo upoštevati še vpliv atmosfere in emisivnost površja. Izbira algoritma za izračun temperature tal je odvisna predvsem od števila termičnih kanalov, ki jih ima satelit, ter razpoložljivosti atmosferskih podatkov, ki so na voljo med preletom (Cedilnik, Oštir in Kokalj, 2016).

Za satelitske posnetke Landsat 8 avtorji priporočajo številna dela, v katerih so opisane možnosti uporabe senzorjev navedenega satelita za določitev temperature površja, na primer Jiménez-Muñoz in sod. (2014); Bektas Balcik in Ergene (2016); Avdan in Jovanovska (2016); Leder, Leder in Hećimović (2016) ter Laosuwan, Gomasathit in Rotjanakusol (2017).

Preglednica 1: Temperature, odčitane na posnetku, in temperature meteoroloških postaj ter razlike med njimi

Datum 2015	Sredina merjenih temperatur zraka ob 9.00 in 10.00 (T) [°C]		Temperatura tal, odčitana s posnetka ob 9.30 (LST) [°C]		Razlika med temperaturami (LST – T) [°C]		Razlika LST – T Butmir – Bjelave [°C]
	Sarajevo- Bjelave	Butmir- Aerodrom	Sarajevo- Bjelave	Butmir- Aerodrom	Sarajevo- Bjelave	Butmir- Aerodrom	
1. januar	–11,55	–15,05	–15,85	–16,08	–4,30	–1,03	3,72
18. februar	–0,55	–3,30	–0,52	0,65	0,03	3,95	3,93
18. maj	21,75	20,25	24,55	26,30	2,80	6,05	3,25
3. junij	23,80	21,60	30,67	30,83	6,87	9,23	2,36
12. julij	25,60	22,35	28,19	29,38	2,59	7,03	4,44
21. julij	30,30	27,50	31,85	32,67	1,82	5,17	3,35
1. november	12,05	6,60	13,07	8,66	1,02	2,06	1,04
17. november	9,70	4,45	9,67	7,85	0,03	3,40	3,37

Na podlagi izračunanih razlik med temperaturo površja in temperaturo zraka, izmerjeno na meteoroloških postajah, lahko ugotovimo, da so razlike najočitnejše v poletnem obdobju, ko je temperatura površine tal tudi najvišja (slika 8). Zanimiva je večja razlika v primerjanih temperaturah na merilni postaji Butmir-Aerodrom. Glede na merilno postajo Sarajevo-Bjelave je temperaturna razlika z izjemo meritve 1. novembra zelo majhna, saj se giblje med 3 °C in 4 °C (slika 9). Očitno gre za velik vpliv letaliških površin na zvišanje temperature zraka oziroma je temperaturna mikrolokacija meteoroloških postaj bistveno različna.

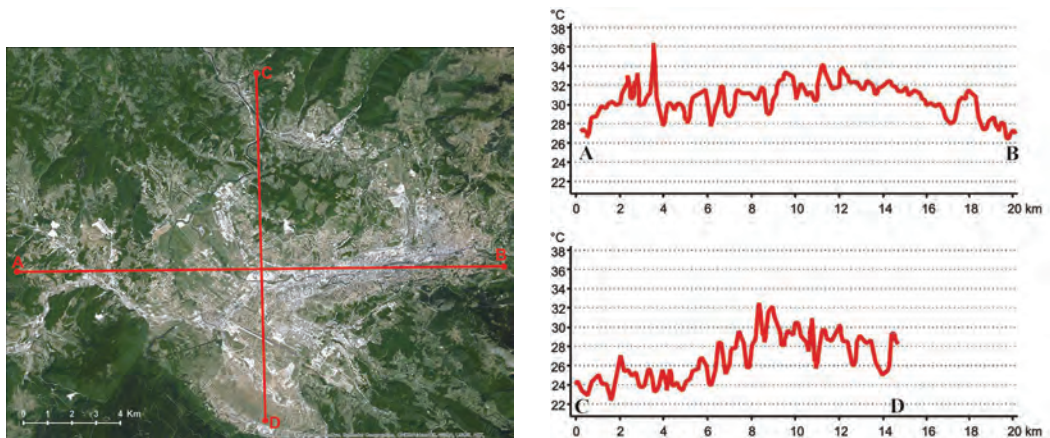


Slika 9: Temperature površja in temperature zraka T na območju letališča Butmir leta 2015.

8 ANALIZA IZBRANIH PROFILOV

Natančnejši vpliv vrste rabe tal na temperaturo površja je mogoče najbolje prikazati s profiliranjem. Na območju raziskave izberemo značilne profile. Vzdolž izbranih profilov izračunamo temperaturo površja in jo primerjamo z rabo tal ter na podlagi primerjave poskušamo sklepati o vzrokih, ki določajo obliko temperaturnega profila.

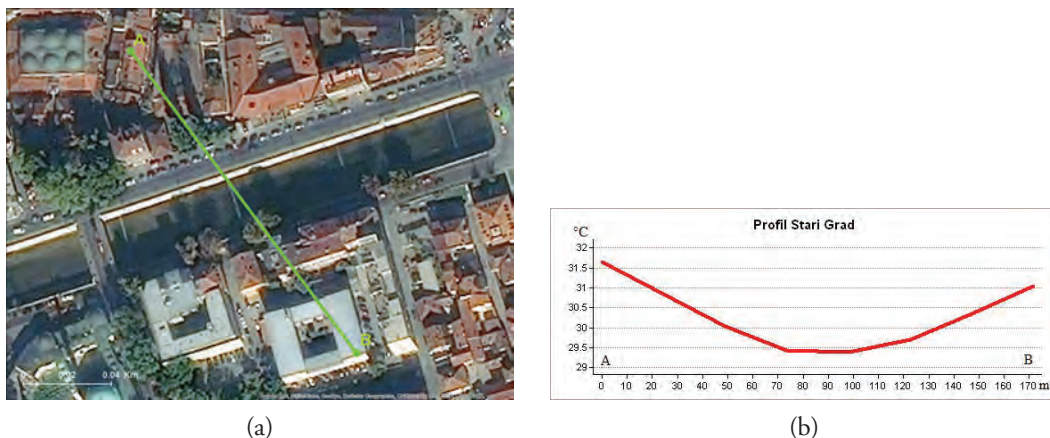
Izdelali smo dva glavna profila prek obravnavanega območja mesta Sarajevo. Prvi poteka v smeri zahod–vzhod, drugi pa v smeri sever–jug (slika 10a). Temperaturna profila sta prikazana na slikah 10b in 10c.



Slika 10: (a) profila zahod–vzhod (A – B) in sever–jug (C – D) ter (b) vrednosti temperature profila zahod–vzhod (dne 21. 7. 2015), (c) vrednosti temperature profila sever–jug (dne 21. 7. 2015).

Iz profilov lahko razberemo, da je najvišja temperatura površja na območju grajenih objektov ter betonskih in asfaltnih površin. Območja z rastjem, travniki, gozdovi, vrtički, parki in njive pa izkazujejo občutno nižje vrednosti temperature površja (slika 10b in slika 10c). Potrjeno je torej znano dejstvo. Razlike v vrednostih LST na obeh obravnavanih profilih dosegajo tudi do 10 °C.

Dodatno smo izdelali temperaturne profile za izbrane mikrolokacije v mestu Sarajevo. Prikazujemo štiri primere, ki izkazujejo uporabnost metod daljinskega zaznavanja in prednosti te tehnologije pred klasičnimi metodami.

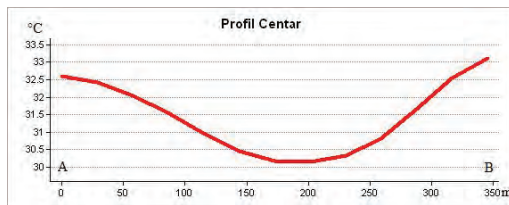


Slika 11: (a) lokacija profila Stari Grad in (b) vrednosti temperature površja profila Stari Grad 10 (dne 21. 7. 2015).

Profil temperature površja na območju Starega Grada (slika 11) poteka prek reke Miljacke. Vrednost LST se zniža zaradi vode, temperatura površja pa je višja na strehah grajenih objektov. Razlika v temperaturi je sicer le 2,30 °C.



(a)

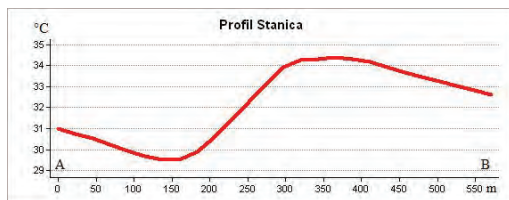


(b)

Slika 12: (a) lokacija profila Centar in (b) vrednosti temperature površja profila Centar (dne 21. 7. 2015).



(a)

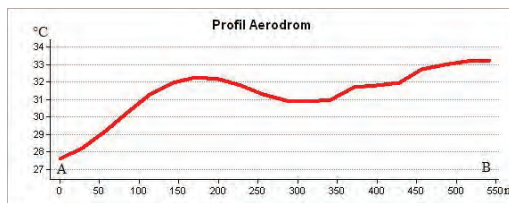


(b)

Slika 13: (a) lokacija profila Stanica in (b) vrednosti temperature površja profila Stanica (dne 21. 7. 2015).



(a)



(b)

Slika 14: (a) lokacija profila Aerodrom in (b) vrednosti temperature profila Aerodrom (dne 21. 7. 2015).

Profil, ki smo ga analizirali na območju mestne občine Centar, kaže, da rastje močno zmanjšuje učinek segrevanja površja, s tem pa tudi učinek mestnega toplotnega otoka (slika 12). Naslednji profil (slika 13) smo izdelali na območju železniške postaje. Temperaturni profil kaže, da imajo strehe hiš in betonske površine občutno višjo temperaturo kot zelene površine. Razlika je kar 5 °C.

Eden od najzanimivejših temperaturnih profilov površja je izračunan na območju letališča Sarajevo (slika 14a). Profil kaže zanimivo porazdelitev temperature nad enim najtoplejših objektov v Sarajevu. Vrednosti temperature površja so najvišje nad asfaltiranimi površinami in betonskimi deli objekta (slika 14b), razlika v temperaturi pa znaša skoraj 6 °C.

9 SKLEP

Metode daljinskega zaznavanja so učinkovite za preučevanje mestnih toplotnih otokov. V raziskavah posebnosti (mikro)podnebja nekega območja je mogoče kombinirati podatke iz različnih virov. Tako so v okviru mnogih študij, v katerih proučujejo toplotne otoke velikih mest (Bangkok, Toronto, Madrid, itd.), uporabljeni podatki, pridobljeni iz satelitskih posnetkov, v kombinaciji z drugimi viri podatkov. V navedenih študijah je raziskan pojav toplotnega otoka z vidika povečanja števila prebivalstva ali povečanja prometa in števila vozil v prometu. Takšne študije zahtevajo veliko finančnih sredstev.

Pri raziskavi mestnega toplotnega otoka mesta Sarajevo so uporabljeni brezplačni posnetki satelitov Landsat. Ti posnetki imajo nekatere pomanjkljivosti, ki jih je v postopku obdelave treba upoštevati. Satelit Landsat neko območje snema vedno v istem delu dneva. Območje Sarajeva snema okrog 9.30 po sončevem času, lokalno ob 10.30. Dobljeni rezultati obdelave se zato ne nanašajo na vrednosti temperature površine, ko je ta najvišja (v času, ko je Sončevo obsevanje največje), ampak na temperaturo tal dopoldne, ko je zaradi nočnega ohlajanja nižja. Težava je tudi v tem, da izračunana temperatura ni temperatura zraka, temveč temperatura površja. Zvezo med njima je težko določiti, saj je odvisna od temperaturnih značilnosti površja. Tretja pomanjkljivost je razmeroma majhna pogostnost snemanja in oblačnost. Landsat snema isto območje vsakih 16 dni. Uporabnost posnetkov ob oblačnih dnevih je omejena, s čimer se dodatno zmanjšuje frekvenca uporabnih posnetkov. Oblaki so velika težava zlasti jeseni in pozimi. Sodobni modeli za odstranjevanje oblakov, ki se uporabljajo, omogočajo brisanje piksla, kjer senzor registrira območje kot oblak (informacija je vsebovana v tako imenovanem kakovostnem kanalu (angl. *quality analysis* – kanalu QA)). Tako avtomatiziranega odstranjevanja pikslov ni mogoče nadzorovati, zato se lahko zgodi, da so odstranjeni tudi piksli na delih posnetka, kjer ni oblaka.

Rezultati obdelave območja mesta Sarajevo so pokazali prisotnost mestnega toplotnega otoka, ki je najintenzivnejši v poletnih mesecih (+4,4 °C). Jeseni in spomladi je ta intenzivnost manjša (okrog +2,5 °C), kar je skladno z dejstvom, da je poleti SUHI večji, saj je takrat Sončevo obsevanje veliko intenzivnejše.

Raziskava kaže, da se najvišje temperature pojavljajo vzdolž glavne in najfrekventnejše prometnice mesta Sarajevo, pa tudi na krajih največjega pretoka prebivalstva (trgovska središča, večji stanovanjski bloki itd.). Najpogosteje so ta območja v najgostejše naseljenih delih mesta, kjer ni veliko zelenih površin.

S termičnim satelitskim snemanjem je mogoče v kratkem času pridobiti termalne posnetke obsežnih območij. Pridobljeni rezultati raziskave toplotnih obremenitev mesta Sarajevo se lahko koristno uporabijo pri dolgoročnem načrtovanju prostorske širitve naselja. Termalne posnetke lahko uporabimo tudi ob

iskanju rešitev za rekonstrukcijo objektov in uporabo novih gradbenih materialov. Tako je mogoče precej zmanjšati vpliv pojava mestnega toplotnega otoka, ki negativno vpliva na zdravje in ugodje prebivalcev.

ZAHVALA

Zahvaljujemo se Zavodu za planiranje razvoja kantona Sarajevo in Zveznemu hidrometeorološkemu zavodu za vse podatke, ki sta nam jih odstopila za namene raziskave.

Literatura in viri

- Al-Ali, A., Mubarak, H. (2015). The Effect of Land Cover on the Air and Surface Urban Heat Island of a Desert Oasis. Ph.D. Thesis, Durham University, Durham, UK.
- Arnfield, A. J. (2003). Two Decades of Urban Climate Research: A Review of Turbulence, Exchanges of Energy and Water, and the Urban Heat Island. *International Journal of Climatology*, 23 (1), 1–26. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.859>
- Avdan, U., Jovanovska, G. (2016). Algorithm for Automated Mapping of Land Surface Temperature Using LANDSAT 8 Satellite Data. *Journal of Sensors*, 2016, Article ID 1480307, 8 p. DOI: <https://doi.org/10.1155/2016/1480307>
- Bechtel, B. (2012). Robustness of Annual Cycle Parameters to Characterize the Urban Thermal Landscapes. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 9 (5), 876–880. DOI: <https://doi.org/10.1109/LGRS.2012.2185034>
- Bektas Balcik, F., Ergene, E. M. (2016). Determining the impacts of land cover/use categories on land surface temperature using Landsat8-OLI. V: L. Halounova, V. Šafář, P. L. N. Raju, L. Plánka, V. Ždímal, T. Srinivasa Kumar, F. S. Faruque, Y. Kerr, S. M. Ramasamy, J. Comiso, Y. A. (Yousif) Hussin, P. S. Thenkabail, S. Lavender, A. Skidmore, P. Yue, P. Patias, O. Altan, Q. Weng (ur.), XXIII ISPRS Congress, Commission VIII: The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLI-B8 (str. 251–256). Praga, Češka: ISPRS. DOI: <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XLI-B8-251-2016>
- Bowler, D. E., Buyung-Ali, L., Knight, T. M., Pullin, A. S. (2010). Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Landscape and Urban Planning*, 97, 147–155. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.05.006>
- Busato, F., Lazzarin, R. M., Noro, M. (2014). Three years of study of the Urban Heat Island in Padua: Experimental results. *Sustainable Cities and Society*, 251–258. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2013.05.001>
- Cedilnik, R., Oštrik, K., Kokalj, Ž. (2016). Satelitsko termično snemanje Ljubljane. GIS v Sloveniji 13: Digitalni podatki, 83–93. Ljubljana: Založba ZRC.
- Chang, C. R., Li, Chang, S. D. (2007). A preliminary study on the local cool-island intensity of Taipei city parks. *Landscape and Urban Planning*, 80, 386–395. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2006.09.005>
- Chun, B., Guldman, J. M. (2014). Spatial statistical analysis and simulation of the urban heat island in high-density central cities. *Landscape and Urban Planning*, 125, 76–88. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.01.016>
- Debbage, N., Marshall Shepherd, J. (2015). The urban heat island effect and city contiguity. *Computers, Environment and Urban Systems*, 54, 181–194. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.compenvurbysys.2015.08.002>
- EPA – U.S. Environmental Protection Agency (2008). Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. <https://www.epa.gov/heat-islands/reducing-urban-heat-islands-compendium-strategies>, pridobljeno 16. 9. 2016.
- Fabrizi, R., Bonafoni, S., Biondi, R. (2010). Satellite and ground-based sensors for the Urban Heat Island analysis in the city of Rome. *Remote Sensing*, 2 (5), 1400–1415. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs2051400>
- Farina, A. (2012). Exploring the relationship between land surface temperature and vegetation abundance for urban heat island mitigation in Seville, Spain. Magistarski rad, Lund, Švedska: Lund University, Department of Physical Geography and Ecosystem Analysis.
- Gelečić, J., Lehnert, M., Dobrovolný, P. (2016). Land Surface Temperature Differences within Local Climate Zones, Based on Two Central European Cities. *Remote Sensing*, 8 (10), 788. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs8100788>
- Jiménez-Muñoz, J. C., Sobrino, J. A., Skoković, D., Mattar, C., Cristóbal, J. (2014). Land Surface Temperature Retrieval Methods From Landsat-8 Thermal Infrared Sensor Data. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 11 (10), 1840–1843. DOI: <https://doi.org/10.1109/LGRS.2014.2312032>
- Kim, H. H. (1992). Urban heat island. *International Journal of Remote Sensing*, 13 (12), 2319–2336. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431169208904271>
- Laosuwan, T., Gomasathit, T., Rotjanakul, T. (2017). Application of Remote Sensing for Temperature Monitoring: The Technique for Land Surface Temperature Analysis. *Journal of Ecological Engineering*, 18 (3), 53–60. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/69358>
- Leder, T. D., Leder, N., Hećimović, Ž. (2016). Split Metropolitan area surface temperature assessment with remote sensing method. *Građevinar*, 68 (11), 895–905. DOI: <https://doi.org/10.14256/JCE.1661.2016>
- Mulahusić, A. (2010). Upotreba satelitskih snimaka visoke rezolucije za prostorno planiranje grada. Doktorska disertacija. Građevinski fakultet, Univerzitet u Sarajevu, Sarajevo.
- Nasrallah, H. A., Brazel, A. J., Balling, R. C. (1990). Analysis of the Kuwait City urban heat island. *International Journal of Climatology*, 10, 401–405. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.3370100407>
- Oke, T. R. (1981). Canyon Geometry and the Nocturnal Urban Heat Island: Comparison of Scale Model and Field Observations. *Journal of Climatology*, 1, 237–254. DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.3370010304>
- Oke, T. R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108, 1–24. DOI: <https://doi.org/10.1002/qj.49710845502>

- Oštir, K., Kokalj, Ž., Čedić, R. (2014). Satelitsko termično snemanje Ljubljane. Ljubljana: ZRC SAZU.
- Oštir, K., Mulahusić, A. (2014). Daljinska istraživanja. Sarajevo: Građevinski fakultet Univerziteta u Sarajevu.
- Rao, P.K. (1972). Remote sensing of urban heat islands from an environmental satellite. Bulletin of the American Meteorological Society, 53, 647–648.
- Rasul, A., Balzter, H., Smith, C. (2016). Diurnal and Seasonal Variation of Surface Urban Cool and Heat Islands in the Semi-Arid City of Erbil, Iraq. Climate, 4, 42. DOI: <https://doi.org/10.3390/cl4030042>
- Rasul, A., Balzter, H., Smith, C., Remedios, J., Adamu, B., Sobrino, J. A., Srivani, M., Weng, Q. (2017). A Review on Remote Sensing of Urban Heat and Cool Islands. Land, 6 (2), 38. DOI: <https://doi.org/10.3390/land6020038>
- Santamouris, M. (2014). Cooling the cities – A review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments. Solar Energy, 103, 682–703. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2012.07.003>
- Santamouris, M. (2015). Analyzing the heat island magnitude and characteristics in one hundred Asian and Australian cities and regions. Science of the Total Environment, 512–513, 582–598. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.01.060>.
- Shah, B., Ghauri, B. (2015). Mapping Urban Heat Island Effect in Comparison with the Land Use, Land Cover of Lahore District, Pakistan. Journal of Meteorology, 11 (22), 37–48.
- Srivani, M., Hokao, K. (2012). Thermal infrared remote sensing for urban and environmental studies: An application for the city of Bangkok, Thailand. Journal of Architectural / Planning Research and Studies, 9 (1), 83–100.
- Tarleton, L. F., Katz, R. W. (1995). Statistical explanation for trends in extreme summer temperatures at Phoenix, Arizona. Journal of Climate, 8, 1704–1708. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1995\)008<1704:seftie>2.0.co;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1995)008<1704:seftie>2.0.co;2)
- Tiangco, M., Lagmay, A. M. F., Argete, J. (2008). ASTER-Based Study of the Night-Time Urban Heat Island Effect in Metro Manila. International Journal of Remote Sensing, 29, 2799–2818. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431160701408360>
- Voogt, J. A. (2002). Urban heat island, Encyclopedia of global environmental change, 3, 660–666.
- Voogt, J. A., Oke, T. R. (2003). Thermal remote sensing of urban climates. Remote Sensing of Environment, 86, 370–384. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(03\)00079-8](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(03)00079-8)
- Wang, M. (2015). Characterization of Surface Urban Heat Island in the Greater Toronto Area Using Thermal Infrared Satellite Imagery. Magistrsko delo. Waterloo, Kanada: University of Waterloo.
- Weng, Q. (2009). Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: methods, applications, and trends. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 64 (4), 335–344. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2009.03.007>
- Zakšek, K., Oštir, K., Podobnikar, T. (2003). Osončenost površja Slovenije. Geodetski vestnik, 47 (1 in 2), 55–63.
- Zhou, D., Zhao, S., Liu, S., Zhang, L., Zhu, C. (2017). Surface urban heat island in China's 32 major cities: Spatial patterns and drivers. Remote Sensing of Environment, 152, 51–61. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.05.017>.



Mulahusić A., Tuno N., Topoljak J., Kolić T., Kogoj D. (2018). Satelitsko termično snemanje Sarajeva. Geodetski vestnik, 62 (2), 173–187. DOI: [10.15292/geodetski-vestnik.2018.02.173-187](https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2018.02.173-187)

Izr. prof. dr. Admir Mulaheusić, univ. dipl. inž. geod.

Univerza v Sarajevu, Građevinski fakultet 2
Patriotske lige 30, BIH-71000 Sarajevo
e-naslov: admir_mulahusic@gf.unsa.ba

Doc. dr. Nedim Tuno, univ. dipl. inž. geod.

Univerza v Sarajevu, Građevinski fakultet 2
Patriotske lige 30, BIH-71000 Sarajevo
e-naslov: nedim_tuno@gf.unsa.ba

Doc. dr. Jusuf Topoljak, univ. dipl. inž. geod.

Univerza v Sarajevu, Građevinski fakultet 2
Patriotske lige 30, BIH-71000 Sarajevo
e-naslov: jusuf_topoljak@gf.unsa.ba

Tarik Kolić, univ. dipl. inž. geod.

Univerza v Sarajevu, Građevinski fakultet 2
Patriotske lige 30, BIH-71000 Sarajevo
e-naslov: tarik_sj91@hotmail.com

Izr. prof. dr. Dušan Kogoj, univ. dipl. inž. geod.

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: dusan.kogoj@fgg.uni-lj.si

VPLIV BOČNE REFRAKCIJE NA MERJENJE HORIZONTALNIH SMERI

INFLUENCE OF LATERAL REFRACTION ON MEASURED HORIZONTAL DIRECTIONS

Katja Cergol, Tomaž Ambrožič

UDK: 528.3
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01
Prispelo: 3. 1. 2018
Sprejeto: 27. 3. 2018

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2018.02.188-200
SCIENTIFIC ARTICLE
Received: 3. 1. 2018
Accepted: 27. 3. 2018

IZVLEČEK

V prispevku obravnavamo, kolikšen je vpliv bočne refrakcije na merjenje horizontalnih smeri. Predstavljena je izmera bočne refrakcije pod različnimi pogoji. Kot izvor bočne refrakcije je bil uporabljen avtomobil. Meritve horizontalnih kotov so bile izvedene, ko je bil avtomobil na različnih oddaljenostih od instrumenta. Rezultate meritev smo primerjali z rezultati, izračunanimi po enačbah iz literature, z upoštevanjem enakih pogojev kot pri meritvah.

ABSTRACT

This article deals with the impact of lateral refraction on the measurement of horizontal directions. The measurement of lateral refraction under different conditions is presented. A car was used as a source of lateral refraction. Horizontal angle measurements were made when the car was at different distances from the instrument. The results of the measurements were compared with the results calculated using the equations from the literature, taking into account the same conditions as were in the measurements.

KLJUČNE BESEDE

bočna refrakcija, refrakcijski kot, temperaturni gradient

KEY WORDS

lateral refraction, angle of refraction, temperature gradient

1 UVOD

Pojem refrakcija izvira iz latinske besede 'refractio', kar v splošnem pomeni prelom. S fizikalnega vidika pomeni spremembo smeri valovanja pri prehodu iz ene snovi v drugo. Poznamo refrakcijo svetlobe, refrakcijo zvoka in atmosfersko refrakcijo, kjer svetloba pri prehodu skozi ozračje spremeni smer (SSKJ, 2014). Če gostota zraka ni konstantna na celotni vizuri, potem tudi vizura ni prema linija. V tem primeru govorimo o refrakciji (Schwarz, 1997).

Poznamo vertikalno refrakcijo, ki se pojavlja pri merjenju vertikalnih kotov oziroma zenitnih razdalj, in bočno oziroma horizontalno refrakcijo, ki se pojavlja pri merjenju horizontalnih smeri. V primerjavi z vertikalno refrakcijo je vprašanje bočne refrakcije nekaj slabše predstavljeno in predvsem večkrat zanemarjeno (Brunner in Hennes, 2014). Dobro pa je raziskana vertikalna refrakcija, ki se pojavlja pri niveliranju.

Bočno refrakcijo opredelimo kot nepremočrtnost vizure v horizontalni ravnini, kar posledično privede do spremembe velikosti merjene horizontalne smeri. Refrakcija je nepredvidljiva in je odvisna od lokacije meritev, dnevnega in letnega časa, oddaljenosti vizure od objekta, materiala in barve objekta. Je eden izmed dejavnikov, ki lahko bolj ali manj vpliva na geodetska merjenja.

Bočno refrakcijo prištevamo med pogoške delovnega okolja. Kljub zavedanju in izkušnjam se lahko zgodi, da pri merjenju nastanejo večji pogoški. To se dogaja zlasti pri meritvah, ko vizure potekajo ob objektih, ki zaradi meteoroloških lastnosti spremenijo gostoto zraka in se jim zaradi terenskih danosti ne moremo izogniti. Pri najnatančnejših meritvah vpliva bočne refrakcije ne smemo zanemariti.

V večini del in raziskav opozarjajo, da je pri merjenju horizontalnih smeri vpliv bočne refrakcije treba upoštevati zlasti, kadar gre za meritve večje natančnosti. Pri pregledu literature, ki obravnava bočno refrakcijo, smo prišli do spoznanja, da bočna refrakcija povzroča največjo zaskrbljenost pri gradnji predorov (Johnston, 1991; Koritke, 1990; Redovniković et al., 2011; Redovniković et al., 2013; Velasco-Gómez et al., 2016). Z bočno refrakcijo se srečamo v fazi gradnje predorske cevi in po izgradnji predora. Pri gradnji predora nam bočna refrakcija lahko povzroča težave pri usmerjanju gradnje predora in določevanju konvergen primarne predorske obloge. V obeh primerih kot izhodišče uporabljamo zunanjo mrežo predora, za katero predpostavimo, da je stabilna. Meritve izvajamo od točk zunanje mreže do čela predora oziroma konvergenčnih profilov. Pri teh meritvah se lahko vizura zelo približa steni predora oziroma izvoru bočne refrakcije. Po izgradnji predora pa spremljamo morebitne pomike sekundarne predorske obloge tudi v zunanjem stabilnem koordinatnem sistemu – meritve izvajamo tudi od zunanje mreže do merskih profilov v predoru. Še posebej moramo biti zato pozorni na bočno refrakcijo pri prehodu meritev s površine v predor (Ingensand et al., 1998) in pozimi, ko je temperaturni gradient velik zaradi velike temperaturne razlike med površino in notranjostjo predora (Glaus in Ingensand, 2002; Bryś, 2014). Grobler (2015) opozarja, da je bočna refrakcija največji vir sistematičnih pogoškov pri gradnji predorov in jamomerstvu. Če se vizura preveč približa steni podzemnega prostora, ki je vir refrakcije in ima različno temperaturo od temperature zraka, potem vizura ni premica, ampak krivulja. V vseh prispevkih svetujejo, da vpliv bočne refrakcije zelo zmanjšamo s 'cikcakasto' obliko poligona (poligonske točke naj bodo izmenično na eni in drugi strani predora), s potekom poligona po sredini predora (kar je v praksi težko doseči zaradi transporta, naprav ...) in vzajemno izvedbo giroskopskih meritev na poligonskih točkah.

V prispevku bomo opisali izvedbo izmere refrakcijskega kota v naravi in izračunali refrakcijski kot po enačbah iz literature. Na podlagi praktičnega primera v naravi bomo prikazali vpliv bočne refrakcije pri merjenju horizontalnih smeri pod različnimi pogoji, in sicer glede na temperaturo objekta in ozračja, glede na oddaljenost vizure od objekta in oddaljenost objekta od instrumenta. Teoretične izračune bomo primerjali z dobljenimi iz praktičnega primera.

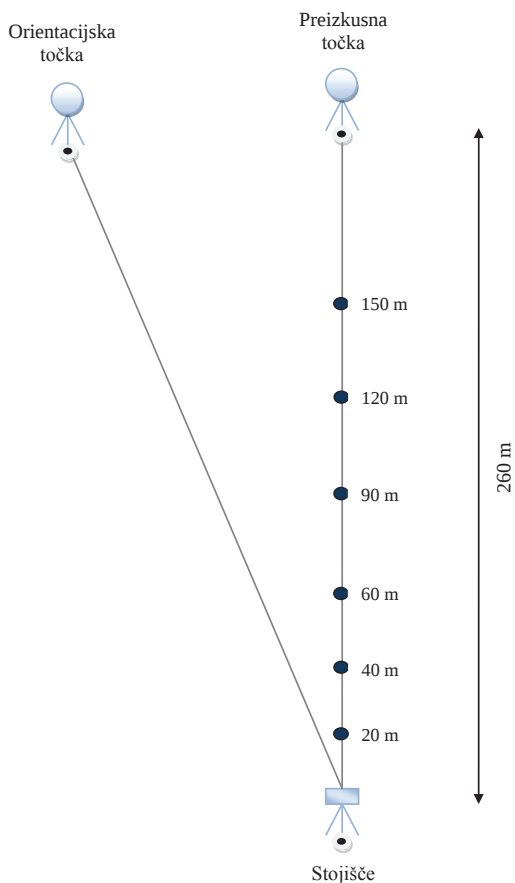
2 METODE

2.1 Izmera velikosti bočne refrakcije

Pri izbiri območja smo postavili pogoj, da mora biti vzdolž vizure vpliv terena na lomni količnik zraka konstanten. To smo dosegli tako, da smo izbrali čim bolj ravno podlago iz podobnega materiala. Tako smo za lokacijo določili veliko parkirišče na obrobju Ljubljane, ki je namenjeno avtomobilskemu sejmu. Podlaga, na kateri smo izvedli meritve, je bil makadam. Kot objekt, ki bo povzročal bočno refrakcijo, smo izbrali avtomobil temne barve, ki se je na soncu bolj segrel, kot bi se avtomobil svetlejšje barve. Meritve smo izvedli v sončnem vremenu, saj nas je zanimalo, kako bočna refrakcija vpliva na merjenje horizontalnih smeri, ki potekajo ob objektu, če se temperaturi zraka in objekta precej razlikujeta. Instrument smo zaradi sončnega obsevanja zavarovali s senčnikom.

Izbrali smo tri točke testnega polja, ki smo jih stabilizirali s stativi Leica Geosystems GST20. Ena točka je bila stojišče instrumenta, druga je služila za orientacijo izmere, tretja pa je bila preizkusna točka, proti kateri smo določevali bočno refrakcijo (slika 1). Višino vseh treh stativov smo izbrali nizko, zato da je vizura proti preizkusni točki potekala ob boku avtomobila (pod stranskim ogledalom). Orientacijsko točko smo izbrali dovolj stran od preizkusne točke, zato da orientacijska vizura ni bila podvržena bočni refrakciji. Orientacijska točka je morala biti oddaljena vsaj toliko kot preizkusna, kar je splošno veljavno pravilo za orientacijske točke. Tako sta bili orientacijska in preizkusna točka oddaljeni približno 263 metrov od stojišča instrumenta. S prometnimi stožci smo signalizirali točke na vnaprej izbrani oddaljenosti od instrumenta in seveda na primerni oddaljenosti vizure ob avtomobilu (slika 1). Vizuro smo proti preizkusni točki izpostavili bočni refrakciji tako, da smo ob vizuri in ob prometnem stožcu ustavili avtomobil, ki je zaradi veliko višje temperature od ozračja povzročil bočno refrakcijo. Vpliv smo nato izmerili na šestih oddaljenostih od instrumenta: 20, 40, 60, 90, 120 in 150 metrov (slika 1).

Meritve vpliva bočne refrakcije smo izvedli v dveh korakih. Najprej smo vzporedno z vizuro ustavili avtomobil ob prometnem stožcu na določeni oddaljenosti od instrumenta ob preizkusni vizuri. Če je bil avtomobil preblizu preizkusne vizure (približno 3 centimetre), smo ugotovili, da instrument zaradi prevelikega migetanja zraka ob avtomobilu ni mogel fino navizirati na preizkusno prizmo (uporabili smo namreč samodejni način merjenja kotov in dolžin). To oddaljenost avtomobila od preizkusne vizure smo upoštevali v nadaljevanju meritev. Merjenje kota med orientacijsko in preizkusno točko smo opravili po girusni metodi v desetih girusih. V drugem koraku smo nato avtomobil odmaknili ter ponovno v desetih girusih izmerili kot med orientacijsko in preizkusno vizuro. Izmerjeni kot je bil torej brez bočne refrakcije in je služil za kontrolo stabilnosti instrumenta, obeh stativov na orientacijski in preizkusni točki ter »stabilnosti« ozračja. Pri vsakem sklopu meritev smo izmerili temperaturo zraka, zračni tlak, oddaljenost preizkusne vizure od avtomobila in temperaturo avtomobila.



Slika 1: Geometrija in organizacija testnega polja.

2.2 Uporabljen instrumentarij in oprema

Horizontalni kot med orientacijsko in preizkusno točko smo izmerili z instrumentom Leica Geosystems TS30 R1000 z natančnostjo merjenja kotov $\sigma_{ISO-THEO} = 0,5''$ (Leica, 2017). Orientacijsko in preizkusno točko smo signalizirali s preciznim reflektorjem Leica Geosystems GPH1P, ki smo ga postavili na precizen nosilec reflektorjev Leica Geosystems GZR3 in podnožje Leica Geosystems GDF121. Temperaturo ozračja smo izmerili z Assmannovim aspiracijskim psihrometrom z ločljivostjo $0,1^{\circ}\text{C}$, temperaturo avtomobila pa s tipalnim termometrom Testo 110 z natančnostjo $0,2^{\circ}\text{C}$ (-20 do $+80^{\circ}\text{C}$) in ločljivostjo $0,1^{\circ}\text{C}$ (Testo, 2017). Zračni tlak smo izmerili s preciznim barometrom Paroscientific z natančnostjo $0,08$ hPa in ločljivostjo $0,001$ hPa (Paroscientific, 2017). Oddaljenost preizkusne vizure od avtomobila smo izmerili z ročnim merskim trakom Leica Geosystems GHM007.

3 REZULTATI

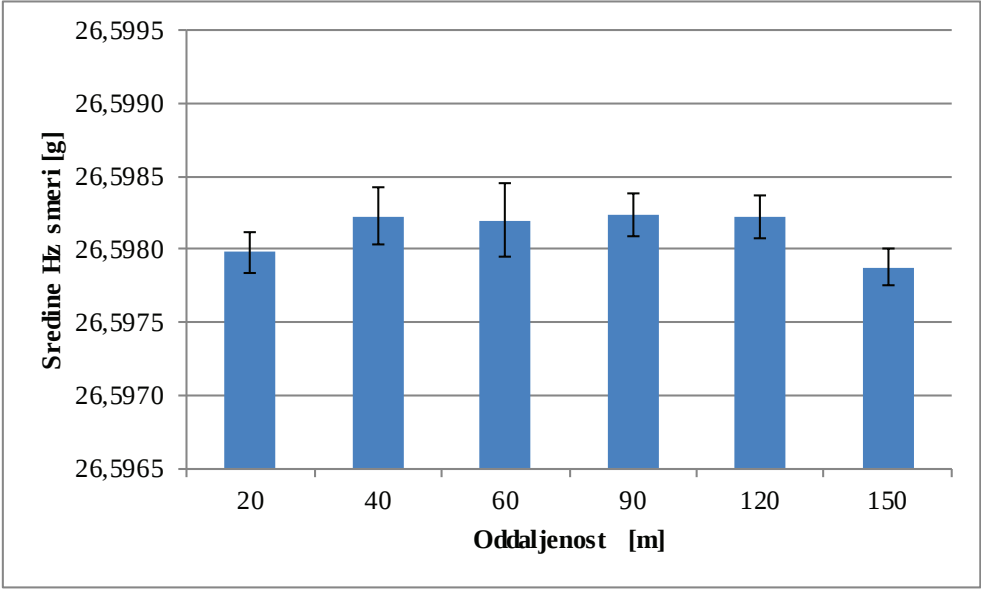
Po opravljenih meritvah smo za vsako posamezno oddaljenost avtomobila od instrumenta izračunali srednje vrednosti reduciranih horizontalnih smeri iz desetih girusov s pripadajočimi standardnimi devi-

acijami merjenih horizontalnih smeri v n girusih z upoštevanjem pogreška začetne smeri σ_{ng} (Macarol, 1978), kar prikazujemo v preglednici 1.

Iz rezultatov meritev smo najprej preverili stabilnost stativov med meritvami. Stabilnost stativov dobimo kot razliko smeri med orientacijsko in preizkusno vizuro, ko ta ne poteka ob avtomobilu – vrednosti kotov s pripadajočimi standardnimi deviacijami prikazujemo v preglednici 1 in na sliki 2.

Preglednica 1: Srednje vrednosti reduciranih horizontalnih smeri s pripadajočimi standardnimi deviacijami

Oddaljenost [m]	Ob avtomobilu – z refrakcijo		Brez avtomobila – brez refrakcije		Opombe
	Hz smer [g]	σ_{ng} [cc]	Hz smer [g]	σ_{ng} [cc]	
20	26,59958	3,4	26,59798	1,4	–
40	26,59915	3,8	26,59823	1,9	–
60	26,59893	2,8	26,59820	2,5	–
90	26,59834	1,6	26,59824	1,5	v prvih 4 girusih oblak – nihanje temperature
120	26,59842	2,9	26,59822	1,5	–
150	26,59805	1,3	26,59788	1,3	v zadnjih 3 girusih oblak in močnejši veter



Slika 2: Stabilnost stativov med merjenjem.

Na podlagi rezultatov v preglednici 1 smo izračunali, ali so bili stativi med meritvami stabilni. Predpostavili smo, da so pogreški meritev normalno porazdeljeni. Enako so porazdeljene tudi količine, ki so linearne funkcije meritev (Turk, 2011). Stabilnost stativov smo izračunali po naslednjem postopku:

- izbrali smo si stopnjo zaupanja $1 - \alpha = 95 \%$;

- postavili smo ničelno in alternativno hipotezo:
 H_0 : stativ se med trajanjem izmere statistično značilno ni premaknil in
 H_a : stativ se je statistično značilno premaknil med trajanjem izmere;
- za standardizirano normalno porazdelitev smo izračunali kritično vrednost T_{krit} za dvostranski test, ki je 1,96;
- izračunali smo aritmetično sredino horizontalnih smeri na preizkusno točko, ko vizura ne poteka ob avtomobilu: $H_{z_{sred}} = \frac{\sum_1^6 H_{z_i}}{6}$, $i = 20, 40, 60, 90, 120, 150$;
- izračunali smo standardno deviacijo aritmetične sredine horizontalnih smeri:

$$\sigma_{H_{z_{sred}}} = \sqrt{\frac{\sum_1^6 (H_{z_i} - H_{z_{sred}})^2}{6-1}};$$
- izračunali smo razlike za posamezno oddaljenost avtomobila od instrumenta med posamezno vrednostjo horizontalne smeri na preizkusno točko, ko vizura ne poteka ob avtomobilu H_{z_i} , in srednjo vrednostjo horizontalne smeri $H_{z_{sred}}$: $raz_i = |H_{z_i} - H_{z_{sred}}|$;
- izračunali smo standardne deviacije razlike raz_i z uporabo zakona o prenosu varianc in kovarianc:

$$\sigma_{raz_i} = \sqrt{(\sigma_{ng_i}^2 + \sigma_{H_{z_{sred}}}^2)}$$
;
- izračunali smo testne statistike: $T_i = \frac{raz_i}{\sigma_{raz_i}}$;
- primerjali smo testne statistike T_i s kritično vrednostjo T_{krit} :
 če je $T_i \leq T_{krit}$, potem ničelne hipoteze ne moremo zavrniti in lahko trdimo z verjetnostjo $1 - \alpha$, da se stativ med trajanjem izmere ni statistično značilno premaknil;
 če je $T_i > T_{krit}$, potem ničelno hipotezo zavrnemo in lahko trdimo z verjetnostjo $1 - \alpha$, da se je stativ statistično značilno premaknil med trajanjem izmere.

Rezultate testiranja stabilnosti stativov prikazujemo v preglednici 2, kjer lahko vidimo, da so bili stativi med izvajanjem meritev stabilni.

Preglednica 2: Rezultati testiranja stabilnosti stativov

Oddaljenost [m]	raz_i [cc]	σ_{raz_i} [cc]	T_i	Stativ stabilen
20	1,4	2,1	0,69	da
40	1,1	2,5	0,43	da
60	0,7	2,9	0,26	da
90	1,2	2,2	0,53	da
120	1,0	2,2	0,44	da
150	2,4	2,0	1,21	da

Ker smo s kontrolnimi meritvami, ko vizura ni potekala ob avtomobilu, dokazali, da so bili stativi stabilni, smo v naslednjem koraku izračunali refrakcijske kote v odvisnosti od oddaljenosti avtomobila od instrumenta. Refrakcijski kot δ_i smo dobili kot razliko med srednjo vrednostjo reducirane smeri proti preizkusni vizuri, ko avtomobila ni bilo zraven $H_{z_{brez_i}}$, in srednjo vrednostjo reducirane smeri

proti preizkusni vizuri ob avtomobilu $H_{z_{ob_i}}$ (seveda lahko računamo s posamezno srednjo vrednostjo reducirane smeri, saj se reducirane smeri nanašajo na orientacijsko točko, ki je bila v vseh meritvah ista) – glej preglednico 3:

$$\delta_i = H_{z_{brez_i}} - H_{z_{ob_i}}, i = 20, 40, 60, 90, 120, 150.$$

Natančnost določitve refrakcijskega kota smo dobili na podlagi zakona o prenosu varianc in kovarianc (preglednica 3):

$$\sigma_i = \sqrt{(\sigma_{H_{z_{brez_i}}}^2 + \sigma_{H_{z_{ob_i}}}^2)},$$

kjer so:

- σ_{δ_i} ... natančnost refrakcijskega kota,
- $\sigma_{H_{z_{brez_i}}}$... natančnost srednje vrednosti reducirane smeri proti preizkusni vizuri, ko avtomobila ni bilo zraven, in
- $\sigma_{H_{z_{ob_i}}}$... natančnost srednje vrednosti reducirane smeri proti preizkusni vizuri ob avtomobilu.

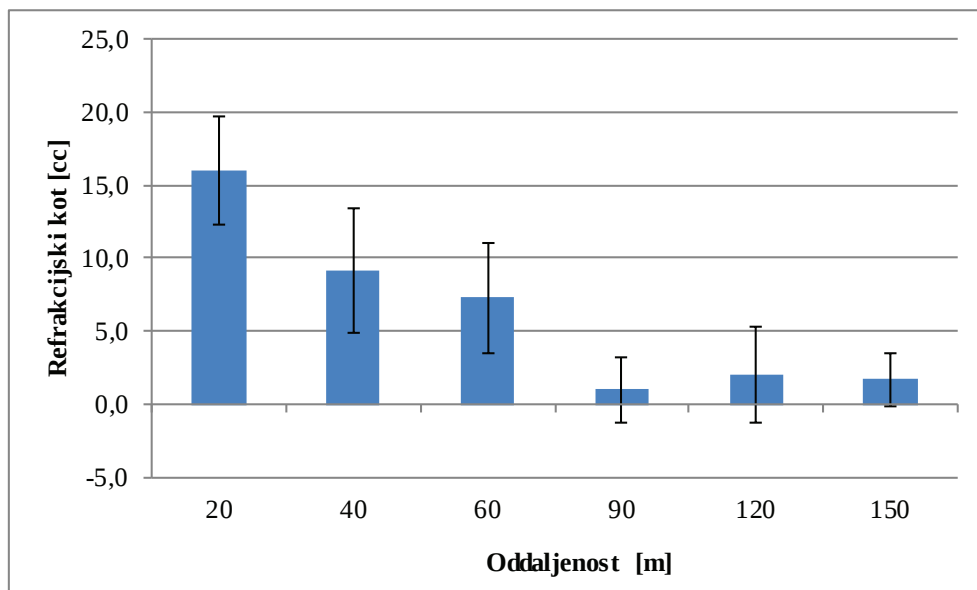
Izračunali smo testno statistiko:

$$T_i = \frac{\delta_i}{\sigma_{\delta_i}},$$

s katero smo testirali, ali je refrakcijski kot statistično značilno določen. Stopnjo zaupanja $1 - \alpha = 95 \%$ smo izbrali enako kot pri testiranju stabilnosti stavov. Velikost kritične vednosti T_{krit} za dvostranski test znaša 1,96. Če je $T_i > T_{krit}$, potem trdimo z verjetnostjo $1 - \alpha$, da je refrakcijski kot statistično značilno določen. Če je $T_i \leq T_{krit}$, pa trdimo, da refrakcijski kot ni statistično značilno določen. Rezultate testiranja prikazujemo v preglednici 3.

Preglednica 3: Refrakcijski kot s pripadajočo natančnostjo in rezultati testiranja refrakcijskega kota

Oddaljenost [m]	δ_i [cc]	σ_{δ_i} [cc]	T_i	Statistično značilen
20	16,0	3,7	4,35	da
40	9,2	4,2	2,17	da
60	7,3	3,8	1,94	ne
90	1,0	2,2	0,46	ne
120	2,0	3,3	0,61	ne
150	1,7	1,8	0,92	ne



Slika 3: Refrakcijski kot.

4 ANALIZA

Izmerjene rezultate refrakcijskega kota smo želeli primerjati z rezultati izračunanega refrakcijskega kota z enačbami iz literature.

4.1 Predstavitev enačb za izračun refrakcijskega kota

Trije strokovnjaki Geodetske fakultete v Zagrebu (Redovniković et al., 2011, 2013) so predstavili zahtevnost in kompleksnost meritev v predorih glede na natančnost preboja. V svojih delih so analizirali merjenja v različnih atmosferskih pogojih in različnih oddaljenostih vizure od stene predora. Vpliv bočne refrakcije na merjenje horizontalnih smeri so analizirali v predoru Dolje na Hrvaškem. Zapisano enačbo je predlagal A. Bilajbegović v delu *Idejni projekt geodetske mreže tunela Čićarija*. Oznake smo prevzeli po izvirnih člankih:

$$\varepsilon'' = \frac{\rho''}{d} \sum_{i=1}^j l_i L_i \cdot 0,29993 \cdot 10^{-6} \frac{p}{\alpha T_i^2} \text{ grad } T, \quad (1)$$

kjer so:

ε'' ... refrakcijski kot ['],

d ... skupna dolžina vizure med dvema točkama [m],

l_i ... dolžina stene v predoru, ki povzroča bočno refrakcijo [m],

L_i ... oddaljenost od sredine objekta, ki povzroča refrakcijo do končne točke [m],

p ... zračni tlak [mbar],

α ... temperaturni razteznostni koeficient zraka $\alpha = 1/273,2$ [$^{\circ}\text{C}^{-1}$],

T_i ... temperatura [K] in

$\text{grad} T$... horizontalni temperaturni gradient [K/m].

Naslednji enačbi sta leta 1988 predlagala W. Wilhelm in H. J. Matthias, ko sta proučevala vpliv refrakcije na devetih različnih objektih. W. Wilhelm je enaki enačbi zapisali tudi v poznejših objavah (Wilhelm, 1993, 1994). Oznake smo povzeli po izvirnem članku:

$$\delta^{\alpha} = \int_{s=0}^{s=D} \frac{D-s}{D} \kappa_s ds \quad \text{in} \quad (2)$$

$$\delta^{\alpha} \approx \sum_{i=1}^n \frac{D-s_i}{D} \kappa_{si} \Delta s_i, \quad (3)$$

kjer so:

δ ... refrakcijski kot [cc],

s ... oddaljenost od instrumenta do sredine objekta, ki povzroča refrakcijo [m],

D ... skupna dolžina vizure med dvema točkama [m],

$$\kappa_s = -2,28 \frac{P}{T^2} 29,3 \frac{dt}{dx} \quad \dots \text{ radij ukrivljenosti svetlobnega žarka – vizure [cc/m]}, \quad (4)$$

Δs ... dolžina objekta, ki povzroča refrakcijo [m],

P ... srednji zračni tlak [mmHg],

$T = T_0 + t = 273,15 \text{ K} + t$... srednja temperatura zraka [K],

t ... srednja temperatura zraka [$^{\circ}\text{C}$],

$$\frac{dt}{dx} = \text{grad}_{T_1, T_2} \dots \text{horizontalni temperaturni gradient [K/m ali } ^{\circ}\text{C/m]}, \quad (5)$$

$dt = t_{T_2} - t_{T_1}$... temperaturna razlika med temperaturo objekta t_{T_2} in temperaturo na vizuri t_{T_1} [K ali $^{\circ}\text{C}$] ter

$dx = x_{T_2} - x_{T_1}$... oddaljenost od objekta x_{T_2} do vizure x_{T_1} [m].

V raziskavah Wilhelm (1993, 1994) je avtor poleg enačb (2) in (3) dodal še enačbo, ko imamo poleg vizure le en objekt, ki povzroča refrakcijo:

$$\delta^{\alpha} = \frac{D-s}{D} \kappa_s \Delta s. \quad (6)$$

V raziskavi Redovniković (2013) so avtorji na podlagi meritev popravili enačbi (1) in (3) in ju zapisali kot:

$$\varepsilon'' = \frac{\rho''}{d} \sum_{i=1}^n l_i L_i \cdot 8,41367 \cdot 10^{-9} \frac{P}{\alpha T_i^2} \text{grad} T \quad \text{in} \quad (7)$$

$$\delta^{\alpha} \approx \sum_{i=1}^n \frac{D-s_i}{D} \left(-2,014535 \frac{P}{T^2} \frac{dt}{dx} \right) \Delta s_i. \quad (8)$$

4.2 Izračun refrakcijskega kota

Refrakcijske kote, ko je bil avtomobil od instrumenta oddaljen 20, 40, 60, 90, 120 in 150 metrov, smo izračunali po enačbah iz literature iz merskih podatkov, ki smo jih izmerili na terenu. Izmerjene podatke prikazujemo v preglednici 4. Nekateri merski podatki so bili enaki pri vseh oddaljenostih avtomobila od instrumenta:

- dolžina vizure od instrumenta do prizme: 263,54 m;
- dolžina izvora bočne refrakcije: 4 m;
- srednji zračni tlak: 985 hPa = 738,8 mmHg.

Preglednica 4: Izmerjeni podatki na terenu

Opis parametra	Enota						
Dolžina vizure od instrumenta do sredine izvora bočne refrakcije	[m]	21,5	41,5	61,5	91,5	121,5	151,5
Temperatura zraka	[°C]	18,1	18,5	18,7	20,0	19,3	20,0
Temperatura izvora bočne refrakcije	[°C]	39	42	38	35	35	33
Oddaljenost vizure od izvora bočne refrakcije	[m]	0,13	0,16	0,16	0,20	0,14	0,17

Če smo izračunali horizontalne temperaturne gradiente po enačbi (5) tako, da smo jih izračunali iz merskih podatkov, kolikšni so na oddaljenosti enega metra od avtomobila ($x_{t2} = 1$ m in $x_{t1} = 0$ m), smo dobili vrednosti refrakcijskih kotov po enačbah (1), (6), (7) in (8), ki jih podajamo v preglednici 5. V Wilhelm (1993) so na podlagi meritev prikazali, da sega vpliv segretega objekta do približno tolikšne razdalje.

Preglednica 5: Izračunani refrakcijski koti na podlagi izračunanih horizontalnih temperaturnih gradientov glede na oddaljenost enega metra

Opis parametra	Enota						
Horizontalni temperaturni gradient (5)	[°C/m]	-20,9	-23,5	-19,3	-15,0	-15,7	-13,0
Radij ukrivljenosti vizure (4)	[cc/m]	12,2	13,6	11,2	8,6	9,1	7,5
Refrakcijski kot (1)	[cc]	46,5	47,8	35,7	23,4	20,3	13,2
Refrakcijski kot (6)	[cc]	44,7	46,0	34,3	22,5	19,5	12,7
Refrakcijski kot (7)	[cc]	1,3	1,3	1,0	0,7	0,6	0,4
Refrakcijski kot (8)	[cc]	1,3	1,4	1,0	0,7	0,6	0,4

Če pa smo ocenili vrednosti temperatur na vizuri na oddaljenosti x_{t2} (podajamo jih v preglednici 6) in iz njih izračunali horizontalne temperaturne gradiente po enačbi (5), smo dobili vrednosti refrakcijskih kotov po enačbah (1), (6), (7) in (8), ki jih podajamo v preglednici 6. Horizontalne temperaturne gradiente smo torej v tem primeru izračunali glede na oddaljenost vizur od izvora bočne refrakcije (x_{t2} = oddaljenost vizure od izvora bočne refrakcije in $x_{t1} = 0$ m).

Preglednica 6: Izračunani refrakcijski koti na podlagi ocenjene vrednosti temperatur na vizuri in izračunanih horizontalnih temperaturnih gradientov glede na oddaljenost vizure od izvora bočne refrakcije

Opis parametra	Enota						
Ocenjena temperatura zraka na vizuri	[°C]	38	41	37	34,5	34,5	32,5
Horizontalni temperaturni gradient (5)	[°C/m]	-7,7	-6,3	-6,3	-2,5	-3,6	-2,9

Radij ukrivljenosti vizure (4)	[cc/m]	4,5	3,6	3,6	1,4	2,1	1,7
Refrakcijski kot (1)	[cc]	17,1	12,7	11,6	3,9	4,6	3,0
Refrakcijski kot (6)	[cc]	16,4	12,2	11,1	3,7	4,4	2,9
Refrakcijski kot (7)	[cc]	0,5	0,4	0,3	0,1	0,1	0,1
Refrakcijski kot (8)	[cc]	0,5	0,4	0,3	0,1	0,1	0,1

5 RAZPRAVA

Iz preglednic 5 in 6 vidimo, da so izračunani refrakcijski koti po enačbah (1) in (6) ter (7) in (8) podobne velikosti.

Refrakcijski koti, izračunani po enačbah (7) in (8), so obakrat (preglednici 5 in 6) manjši od izmerjenih. Iz preglednice 5 pa vidimo, da po enačbah (1) in (6) izračunamo prevelike vrednosti glede na izmerjene.

Precej podobne vrednosti merjenim izračunamo z enačbama (1) in (6), ko smo v izračunu horizontalnega temperaturnega gradienta uporabili podatek, koliko pade temperatura do oddaljenosti vizure od izvora bočne refrakcije – preglednica 5.

Na podlagi spoznanj iz Wilhelm (1993) smo želeli izračunati temperature na vizuri pri avtomobilu, saj jih nismo izmerili, ker za to nismo imeli tehničnih možnosti. Wilhelm je v svojem delu ugotavljal, kako temperatura pada v odvisnosti od oddaljenosti od izvora refrakcije ter v Tab. II.01, stran II/11, in Abb. II.04, stran II/9 (Wilhelm, 1993) podal izmerjene vrednosti. Iz teh vrednosti je bilo razvidno, da temperatura pada z oddaljenostjo po eksponentni krivulji. Tako smo na podlagi tega dejstva aproksimirali krivuljo padanja temperature po eksponentni aproksimacijski krivulji $y = ax^{-b}$ ter vrednosti koeficientov a in b izračunali iz izmerjenih podatkov. Na podlagi aproksimirane krivulje smo izračunali, kakšne naj bi bile temperature na vizuri pri avtomobilu. Iz izračunanih vrednosti temperatur smo izračunali horizontalne temperaturne gradiente, ki so imeli prevelike vrednosti. Iz njih izračunani refrakcijski koti so bili preveliki, zato rezultatov ne podajamo.

Refrakcijske kote smo poskušali izračunati tudi po enačbah prof. Chrzanowskega (1981) – njegovo enačbo za izračun refrakcijskega kota je v svoji doktorski disertaciji povzel tudi Grobler (2015) in prof. Bryśa s sodelavci (Beluch in Bryś, 2010; Bryś in Osada, 2011; Bryś in Justyniak, 2016) –, vendar dobimo prevelike vrednosti, ker navedeni raziskovalci upoštevajo, da je na vsej dolžini vizure enak temperaturni gradient (v našem primeru ni bilo tako, saj je imel naš objekt, ki je povzročal temperaturni gradient, le določeno dolžino).

6 SKLEP

V prispevku smo želeli prikazati, kako smo izmerili in izračunali velikost vpliva bočne refrakcije na merjenje horizontalnih smeri. Izvedli smo meritve na terenu in kot izvor bočne refrakcije uporabili avtomobil temne barve. Kot med orientacijsko in preizkusno točko smo izmerili dvakrat – prvič je vizura potekala ob avtomobilu, ki je povzročal bočno refrakcijo, drugič, ko smo avtomobil odmaknili, pa je vizura potekala nemoteno proti preizkusni točki. Prvo meritev smo uporabili za izračun vpliva bočne refrakcije, drugo za kontrolo stabilnosti stativov in »ozračja«. Avtomobil smo ustavili na različnih oddaljenostih od instrumenta, da smo testirali tudi ta vpliv. Med meritvami je bilo vreme stabilno in temperature precej

visoke. Merske podatke smo obdelali ter s statističnim testiranjem in z izbrano stopnjo zaupanja potrdili, da so bili vsi trije stativi med meritvami stabilni.

Izmerjene vrednosti refrakcijskih kotov smo primerjali z vrednostmi, ki smo jih izračunali po enačbah iz literature. V izračunih smo seveda upoštevali parametre, ki smo jih izmerili na terenu. Izračunane vrednosti z enačbami iz Wilhelm (1993, 1994) in Redovniković et al. (2011, 2013) so se najbolj ujemale z izmerjenimi vrednostmi. Potrdili smo dejstvo, da je bočna refrakcija naraven pojav, na katerega vpliva izredno veliko dejavnikov, ki jih je zelo težko zajeti z enačbami.

Vpliv bočne refrakcije na merjenje horizontalnih smeri je sistematični pogrešek, ki ga v veliki večini primerov ne bi smeli zanemariti, zlasti če imamo opravka z visoko natančnimi meritvami. V predorih pride vpliv bočne refrakcije močno do izraza, in sicer:

- pri prehodu meritev iz površine v predor;
- pozimi, ko je velika temperaturna razlika med temperaturo, izmerjeno na površini, in v predoru;
- ko se vizura približa steni podzemnega prostora, ki je vir refrakcije in ima različno temperaturo od temperature zraka v predoru.

Na podlagi meritev ugotovimo, da lahko vpliv bočne refrakcije manjšamo:

- če vizura poteka čim dlje od objekta, ki povzroča bočno refrakcijo;
- če se temperaturi ozračja in objekta, ki povzročata bočno refrakcijo, ne razlikujeta;
- z večanjem dolžine med instrumentom in objektom, ki povzroča bočno refrakcijo.

Če se vizuram, potekajočim blizu izvora, ki povzroča bočno refrakcijo, ne moremo izogniti, lahko vpliv slednje zmanjšamo tako, da meritve izvedemo v oblačnem vremenu z zmernimi temperaturami.

Literatura in viri:

- Brunner, F. K., Hennes, M. (2014). Refraktion – Rückschau auf Publikationen der letzten 25 Jahre in der AVN. *Allgemeine Vermessungs-Nachrichten*, 121 (4), 131–140.
- Beluch, J., Bryś, H. (2010). Zur Problematik der Minimierung des Einflusses der Horizontalrefraktion in Tunnel-Vortriebs-Lagenetzen. *Allgemeine Vermessungs-Nachrichten*, 117 (2), 71–76.
- Bryś, H., Osada, E. (2011). Zur Reduzierung von Refraktionseinflüssen in Tunnel-Vortriebsnetzen, Modelltheoretische Lösung des Problems. *Allgemeine Vermessungs-Nachrichten*, 118 (5), 170–178.
- Bryś, H. (2014). The problem of horizontal refraction in setting out tunnel control networks. *Geomatics, Landmanagement and Landscape*, 4, 25–35. DOI: <http://dx.doi.org/10.15576/GLL/2014.4.25>
- Bryś, H., Justyniak, N. (2016). Mathematical-physical model of horizontal refraction in measuring alignment of elongated engineering objects. *Geomatics, Landmanagement and Landscape*, 1, 25–32. DOI: <http://dx.doi.org/10.15576/GLL/2016.1.25>
- Chrzanowski, A. (1981). Optimization of the Breakthrough Accuracy in Tunneling Surveys. *The Canadian Surveyor*, 35 (1), 5–16.
- Glaus, R., Ingensand, H. (2002). Tunnel surveys for new CERN particle accelerators. *Proceedings of the FIG XXII International congress*, Washington, D.C. USA, April 19–26 2002 (str. 1–12), Washington: American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. http://www.geometh-data.ethz.ch/downloads/FIG_2002_CERN_Glaus.pdf, pridobljeno 14. 11. 2017.
- Grobler, H. C. I. (2015). Spatial positioning of sidewall stations in a narrow tunnel environment: a safe alternative to traditional mine survey practice. *Doktorska disertacija*. Johannesburg: University of the Witwatersrand. Faculty of Engineering and the Built Environment. <http://hdl.handle.net/10539/18634>, pridobljeno 14. 11. 2017.
- Ingensand, H., Ryf, A., Stengele, R. (1998). The Gotthard Base Tunnel – a challenge for geodesy and geotechnics. V: H. Kahmen (ur.), E. Brückl (ur.), T. Wunderlich (ur.), *Proceedings of the Symposium on Geodesy for Geotechnical and Structural Engineering*, Eisenstadt, Austria, 20–22 April 1998 (str. 1–8). Zürich: Institute of Geodesy and Photogrammetry, Swiss Federal Institute of Technology. <http://www.geometh-data.ethz.ch/downloads/eisenstadt98.pdf>, pridobljeno 14. 11. 2017.
- Johnston, A. (1991). Lateral refraction in tunnels. *Survey Review*, 31 (242), 201–220. DOI: <http://dx.doi.org/10.1179/sre.1991.31.242.201>
- Korittke, N. (1990). Influence of Horizontal Refraction on the Traverse Measurements in Tunnels with Small Diameters. *Proceedings of the second international workshop on accelerator alignment*. Hamburg, Germany (str. 315–331). Deutsches Elektronen Synchrotron DESY. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.495.9696&rep=rep1&type=pdf>, pridobljeno 14.

11. 2017.

Leica. (2017). Leica TS30, Angle measurement. <http://hds.leica-geosystems.com/en/77873.htm>, pridobljeno 14. 11. 2017.

Macarol, S. (1978). Praktična geodezija. Zagreb: Tehnička knjiga.

Paroscientific. (2017). DigiQuartz® Broadband Barometers. http://lemi.pl/www_pdf/ALTHEN/baroStds_EN03.pdf, pridobljeno 14. 11. 2017.

Redovniković, L., Džapo, M., Kapović, Z. (2011). Ispitivanje utjecaja bočne refrakcije na merjenja horizontalnih pravaca u tunelu. Geodetski list, 65 (88) (3), 241–259. <http://hrcak.srce.hr/77844>

Redovniković, L., Ališić, I., Luketić, A. (2013). Influence of lateral refraction on measured horizontal directions. Survey Review, 45 (331), 285–295.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1179/1752270612Y.0000000037>

Schwarz, W. (1997). Concept for the Alignment of the planned Linear Collider at DESY. V: H. Friedrichs (ur.), Accelerator alignment. Proceedings of the 5th International Workshop, IWAA97 October 13–17, 1997, Argonne USA (str. 1–10). <http://www.slac.stanford.edu/econf/C971013/papers/029.PDF>, pridobljeno 14. 11. 2017.

SSKJ. 2014. <http://www.fran.si/iskanje?View=1&Query=refrakcija>, pridobljeno 14. 11. 2017.

Testo (2017). Testo 110 – 1 Channel NTCThermometer. <http://www.testolimited.com/testo-110-1-channel-ntc-thermometer>, pridobljeno 14. 11. 2017.

Turk, G. (2011). Verjetnostni račun in statistika. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta

za gradbeništvo in geodezijo.

Velasco-Gómez, J., Prieto, J. F., Molina, I., Herrero, T., Fábrega, J., Pérez-Martín, E. (2016). Use of the gyrotheodolite in underground networks of long high-speed railway tunnels. Survey Review, 48 (350), 329–337.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1179/1752270615Y.0000000043>

Wilhelm, W. (1993). Empirische Bestimmung der Seitenrefraktion an 10 Objekten in der Praxis. Issue 219 of Bericht. Zürich: Eidgenössische Technische Hochschule, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie.

Wilhelm, W. (1994). Die Seitenrefraktion: Ein unbeliebtes Thema? Oder ein Thema nur für Insider? Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik = Mensuration, photogrammétrie, génie rural, 92 (2), 75–82.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5169/seals-235045>



Cergol K., Ambrožič T. (2018). Vpliv bočne refrakcije na merjenje horizontalnih smeri. Geodetski vestnik, 62 (2), 188–200. DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2018.02.188-200

Katja Cergol, dipl. inž. geod.
Škocjan 32a, SI-6000 Koper
e-naslov: cergol.katja@gmail.com

Izr. prof. dr. Tomaž Ambrožič, univ. dipl. inž. geod., univ. dipl. inž. rud.
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: tomaz.ambrozic@fgg.uni-lj.si

GEODETSKA IZMERA FASAD STAVB ZA NAMEN ENERGETSKE SANACIJE

GEODETIC EVALUATION OF BUILDING FACADES FOR THE PURPOSE OF ENERGY RENOVATION

Simona Savšek, Matjaž Flerin, Klemen Kregar, Dušan Kogoj

UDK: 528.3:69.059.2:692.23
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01
Prispelo: 5. 4. 2018
Sprejeto: 31. 5. 2018

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2018.02.201-217
SCIENTIFIC ARTICLE
Received: 5. 4. 2018
Accepted: 31. 5. 2018

IZVLEČEK

Energetska sanacija ali prenova stavb je inženirski projekt, s katerim dosežemo, da po sanaciji stavba za ogrevanje in hlajenje porabi vsaj polovico manj energije kot pred sanacijo. V članku prikažemo možnosti sodelovanja geodetske stroke pri energetski sanaciji kompleksnejših stavb, ki zahtevajo izdelavo gradbenih načrtov na osnovi 3D-grafičnih modelov stavb. Na večstanovanjski stavbi je predstavljena možnost kombinacije klasične terestrične izmere in izmere z uporabo terestričnega laserskega skeniranja za namen energetske sanacije s predhodno izdelanimi fasadnimi elementi. Glede na zahtevano visoko natančnost je potrebno vzpostaviti ustrezno geodetsko mrežo in zagotoviti visoko ločljivost skeniranega detajla. Raziskava na praktičnem primeru kaže, da lahko geodezija z naprednimi tehnologijami izmere nudi podporo drugim strokam in s tem pomembno vpliva na učinkovitost in ekonomičnost energetskih sanacij.

ABSTRACT

Energy remediation or renovation of buildings is an engineering project that provides saving of at least half the energy used for heating and cooling. The article presents the possibilities of cooperation of the geodetic profession in the energy remediation of complex buildings that require the construction of building plans based on 3D-graphic models of objects. The combination of classical terrestrial measurement of facade and terrestrial laser scanner is presented on a case of multi-apartment building, with the aim of energy remediation using prefabricated facade elements. Considering the required high precision, adequate geodetic network needs to be established and high resolution of detail scanning must be provided. The measurement and processing of the reference object show that geodesy with advanced measurement technologies can provide support to other professions and thus significantly influence the efficiency and cost-effectiveness of energy remediation.

KLJUČNE BESEDE

geodetska mreža, energetska sanacija fasad, klasična terestrična izmera TPS, terestrično lasersko skeniranje TLS, metrični 3D-grafični model stavbe

KEY WORDS

geodetic network, energy renovation of facade, classical terrestrial measurement TPS, terrestrial laser scanning TLS, metric 3D-graphic model of object

1 UVOD

V zadnjem desetletju je slovenska zakonodaja skladno z evropsko direktivo povzela načela in zaostрила zahteve energetske učinkovitosti stavb v Sloveniji. Tako je postala prenova starejših, predvsem neustrezno grajenih stavb, nujna. V Sloveniji prevladujejo klasične metode sanacije fasad stavb, zato je potrebno izvajalcem predstaviti možne rešitve, ki jih omogoča sodobna tehnologija. V članku obravnavamo načine energetskih sanacij, ki zahtevajo izdelavo gradbenih načrtov na osnovi geodetske izmere in 3D-grafičnih modelov stavb. Geodetski posnetek lahko poenostavi in poceni energetsko sanacijo, pri kompleksnejših fasadah in modernih postopkih sanacije pa so podrobni načrti, ki jih zagotovimo z geodetskimi izmerami, nujno potrebni.

Večina avtorjev, ki se ukvarja s tematiko energetske sanacije objektov s predhodno izdelanimi fasadnimi elementi, poudarja, da le kombinacija različnih geodetskih metod zagotavlja natančno, ekonomično, hitro in celovito izdelavo 3D-grafičnega modela. Herzog et al. (2004) navajajo nekatere bistvene prednosti energetske sanacije objektov s predhodno izdelanimi fasadnimi elementi. Na osnovi realističnega 3D-modela stavbe, ki je predmet sanacije, lažje zagotovimo strogi nadzor in visoko natančnost izdelave fasadnih elementov, visoko stopnjo skladnosti modela z realnim stanjem, zato so terenske izgube (materialne in časovne) minimalne. Larsen et al. (2011) kot sprejemljive geodetske metode za zajem geometrije saniranega objekta primerjajo metode terestričnega laserskega skeniranja (TLS – Terrestrial Laser Scanning), klasične terestrične izmere (TPS – Theodolite Positioning System) in fotogrametrije. Metode naj bi omogočale izdelavo fasadnih elementov z dimenzijsko točnostjo do 5 mm. Scherer (2002) obravnava prednosti različnih geodetskih metod in predlaga sintezo moderne tahimetrije, fotogrametrije in skeniranja, ki jih združi v sistem imenovan TOTAL (Tacheometric Object Teil Automated Lasersurveying). Sistem vključuje sodoben tahimeter, ki meri polarne koordinate točk brez uporabe reflektorja, opremljen je s tremi kamerami in je krmiljen preko prenosnega računalnika. Sistem je hiter, učinkovit in omogoča natančno določitev geometrije obravnavanega objekta. Abella et al. (1994) obravnavajo možnosti uporabe obratnega inženirstva (ang. RE–Reverse Engineering), ki je opredeljeno kot postopek pridobivanja CAD-modela iz 3D-oblaka točk, pridobljenega z digitalizacijo posameznih komponent objekta. Skladno s tehnološkim napredkom merske opreme Scherer (2001) obravnava ekonomsko učinkovitost glede na vse večjo dosegljivo natančnost posameznih geodetskih metod. Avtor ocenjuje, da za zajem geometrije enostavnih objektov 3D-merski sistemi morda niso najboljša izbira. Za zajem kompleksnejših oblik pa je najbolj učinkovito lasersko skeniranje. Volk et al. (2014) obravnavajo možnost uporabe BIM (Building Information Model) na že obstoječih objektih. Sodobni pristopi informacijskega modeliranja gradbenih objektov vključujejo proces načrtovanja, gradnje in vzdrževanja do razgradnje objektov. Na osnovi izdelave digitalnega 3D-grafičnega modela objekta, se modelu doda še časovna dimenzija (4D) in stroški vzdrževanja (5D), izvedejo se lahko tudi simulacije energetske učinkovitosti stavbe ob ustrezno poznanih lastnostih objekta.

Ocenjujemo, da lahko uporaba brezkontaktnih geodetskih metod ploskovnega zajemanja bistveno olajša izmero fasade stavbe z vsemi detajli. V članku predstavljamo primer, kjer za geodetski posnetek fasade stavbe uporabimo kombinacijo klasične geodetske izmere in laserskega skeniranja (Flerin, 2016). Predlagamo napreden način zagotovitve geodetske mreže s točkami na objektu, ki jih signaliziramo z odbojnimi folijami in začasnimi prostimi stojišči. Bistvena prednost takega načina vzpostavitve geodetske mreže je, da je mreža varna pred uničenjem in ni moteča za okolico. Mrežo kasneje uporabimo za

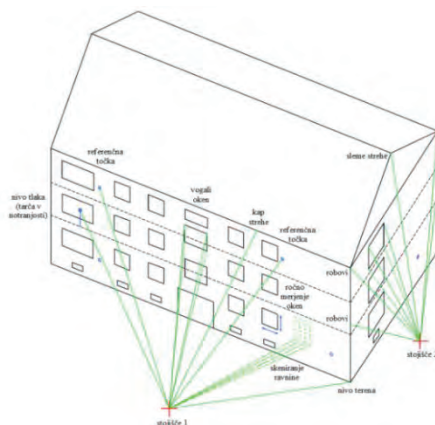
zakoličbo predhodno izdelanih fasadnih elementov. Uporaba sodobnih merskih sistemov, ki omogočajo tako klasično geodetsko izmero kot tudi lasersko skeniranje, olajša terensko delo in zagotovi zadostno in dovolj veliko število merskih podatkov za izvednotenje. Rezultat geodetske izmere in naknadne obdelave je žični ali ploskovni 3D-grafični model stavbe, ki omogoča zelo natančno izdelavo in namestitev predhodno izdelanih fasadnih elementov.

2 GEODETSKA IZMERA FASAD STAVB

Stavbo običajno geometrično obravnavamo v lokalnem koordinatnem sistemu. Izmero fasade izvedemo z ustrežno metodo ob uporabi sodobne tehnologije. Metoda mora zagotavljati dovolj visoko točnost t. j. geometrijsko skladnost končnega modela z realnostjo, ustrežno prostorsko ločljivost (podrobnost izmere detajla), robustno obravnavo vplivov okolja ter mora biti istočasno optimalna v ekonomskem smislu. V nadaljevanju podrobneje obravnavamo klasično terestrično izmero (TPS) in terestrično lasersko skeniranje (TLS), metodi, za kateri pričakujemo, da skupaj izpolnita vse gornje zahteve.

2.1 Klasična terestrična polarna metoda izmere (TPS)

Klasično terestrično polarno metodo izmere (TPS) izvajamo s tahimetrom. Izhodišče za izmero predstavlja geodetska mreža, ki zagotavlja stojiščne in orientacijske točke. Koordinate detajlnih točk na fasadi v koordinatnem sistemu geodetske mreže določimo na osnovi merjenih polarnih koordinat v merskem prostoru stojišča. Metoda zajema je točkovna (slika 1) in velja, ob uporabi reflektorja za signalizacijo ciljne točke, za najnatančnejšo metodo. Sodobni univerzalni tahimetri omogočajo izmero dolžin tudi brez uporabe reflektorja. Način je sicer manj natančen, je pa občutno hitrejši in omogoča določitev koordinat tudi nedostopnih točk. Število in mesta detajlnih točk morajo biti izbrana tako, da lahko na podlagi izmerjenih točk izrišemo celoten objekt z vsemi zahtevanimi podrobnostmi. Problem lahko predstavljajo zahtevnejši, geometrijsko nepravilni detajli ali poškodbe na fasadi. V teh primerih je zajem podatkov za konstrukcijo 3D-grafičnega modela zahtevnejši. Običajno je terenska izmera zamudna. Število točk je omejeno in pogosto ne odraža dejanskega stanja. Metoda klasične polarne izmere je zato najprimernejša za izmero fasad objektov pravilnih in enostavnih oblik (Joeckel et al., 2008).

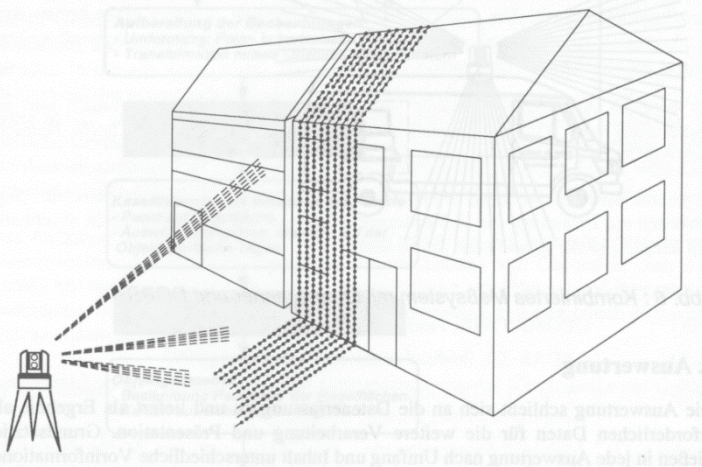


Slika 1: Klasična polarna izmera obravnava geometrijo diskretnih točk - izbira merskih točk na objektu (Lattke et al., 2001, str. 73).

2.2 Terestrično lasersko skeniranje (TLS)

Terestrično lasersko skeniranje (TLS) zajame merski prostor (stavbo) z gostim polarnim rastrom brez-kontaktno. Izvrednotenje objekta, izdelava 3D-grafičnega modela, je izvedena z obdelavo oblakov točk pretežno preko iskanja ravnin fasade. Skeniranje je v osnovi točkovni zajem prostorskih podatkov – le da točke ne obravnavamo posamezno, ampak v grupah. Merske vrednosti so geometrične vrednosti – polarne ali pravokotne koordinate v koordinatnem sistemu skenerja, informacija o moči odbitega merskega signala ter dodatno sivi toni ali barvne vrednosti na posneti fotografiji (Joeckel et. al., 2008). Postopek skeniranja je enostaven in hiter. Ob parametrih, ki jih predhodno določimo, skeniranje poteka popolnoma avtomatsko, brez vpliva operaterja.

Rezultat skeniranja na terenu je množica prostorskih točk – oblak točk (slika 2). Koordinate oblaka točk so določene v skenerjevem koordinatnem sistemu stojišča. Celoten objekt zajamemo z več stojišč. Oblake točk združimo v enotnem koordinatnem sistemu – oblake točk registriramo. Registrirani oblak točk georeferenciramo oz. transformiramo v koordinatni sistem geodetske mreže stavbe. V primeru, da je geodetska mreža vzpostavljena pred skeniranjem, lahko oblake točk direktno georeferenciramo.



Slika 2: Tehnologija TLS obravnava geometrijo oblaka točk gostega polarnega rastra (Wunderlich, 2014, str. 3).

Po odstranitvi šumov in transformaciji oblaka točk v želen koordinatni sistem, uporabimo različne tehnike, s katerimi izboljšamo končni izdelek. Običajno oblak točk filtriramo ter s tem zmanjšamo število točk. Na osnovi obdelanega oblaka točk izdelamo 3D-grafični model, ki služi za prikaz rezultatov naročniku in nadaljnjo obdelavo ter uporabo (Lattke et al., 2001, Balon, 2007; Smogavec, 2015).

3 TESTNI PRIMER – IZMERA FASADE VEČSTANOVANJSKAGA OBJEKTA

Testna stavba meri v tlorisu po širini 24 m in po dolžini 40 m. Poleg kleti in visokega pritličja ima štiri nadstropja in podstrešje. Višina stavbe je 17 m. S svojo daljšo stranjo je orientirana v smeri sever - jug. Vhoda sta na zahodni strani. Krajši stranici sta brez oken in drugih detajlov (slika 3). Izstopajočih balkonov ni, imajo pa nekatera stanovanja na zunanjih stenah nameščene klimatske naprave. Okna so različnih dimenzij, vendar so po nadstropjih simetrično razporejena.



Slika 3: Obravnavana stavba; pogled na južno in vzhodno fasado.

Za izmero smo uporabili instrument *Leica Geosystems Nova MultiStation MS50*, ki združuje vse sodobne merske tehnologije, saj omogoča klasično polarno izmero, lasersko skeniranje, ima slikovno podporo in omogoča povezavo s tehnologijo GNSS. Instrument ima deklarirano kotno natančnost $\sigma_{\text{ISO-THEO Hz, v}} = 1''$ in dolžinsko natančnost $\sigma_{\text{ISO-EDM}}: 1 \text{ mm}; 1,5 \text{ ppm}$ (merjenje brez reflektorja $\sigma_{\text{ISO-EDM}}: 2 \text{ mm}; 2 \text{ ppm}$). Hitrost skeniranja znaša največ 1000 točk na sekundo do oddaljenosti 300 m. Z istim instrumentom torej lahko izmerimo geodetsko mrežo, izmerimo izbrane detaljne točke in objekt skeniramo. Dodatno lahko v obdelavo vključimo digitalne posnetke objekta. Instrument je dobra izbira za primerjavo tehnologij TPS in TLS, čeprav so tu možnosti za skeniranje glede na samostojne skenerje omejene. Skeniranje s TPS je počasnejše, osnovna merska natančnost pa je višja. Največja prednost skeniranja s tahimetrom je, da lahko oblake točk direktno georeferenciramo že na terenu.

3.1 Izmeritvena mreža

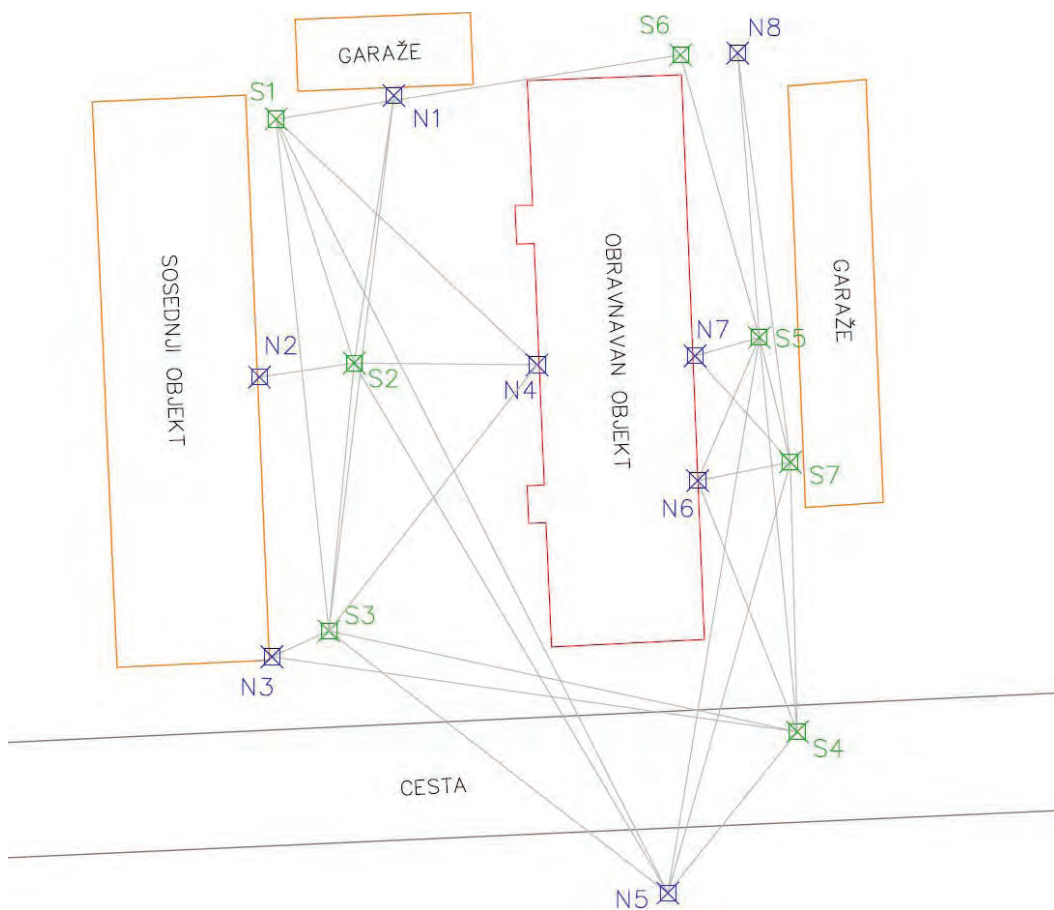
Izmeritveno geodetsko mrežo sestavlja 8 referenčnih točk (N) ter 7 stojišč instrumenta (S). Tri referenčne točke se nahajajo na obravnavanem objektu, pet pa na sosednjih objektih (glej sliko 5). Izbrani položaji točk omogočajo navezavo vsakega stojišča na najmanj dve referenčni točki ter dodatno na dve do tri ostala stojišča. Na sliki 4 so prikazane referenčne točke, ki so signalizirane z odbojnimi folijami *Leica Geosystems GZM29* ($20 \times 20 \text{ mm}$) in *GZM30* ($40 \times 40 \text{ mm}$).



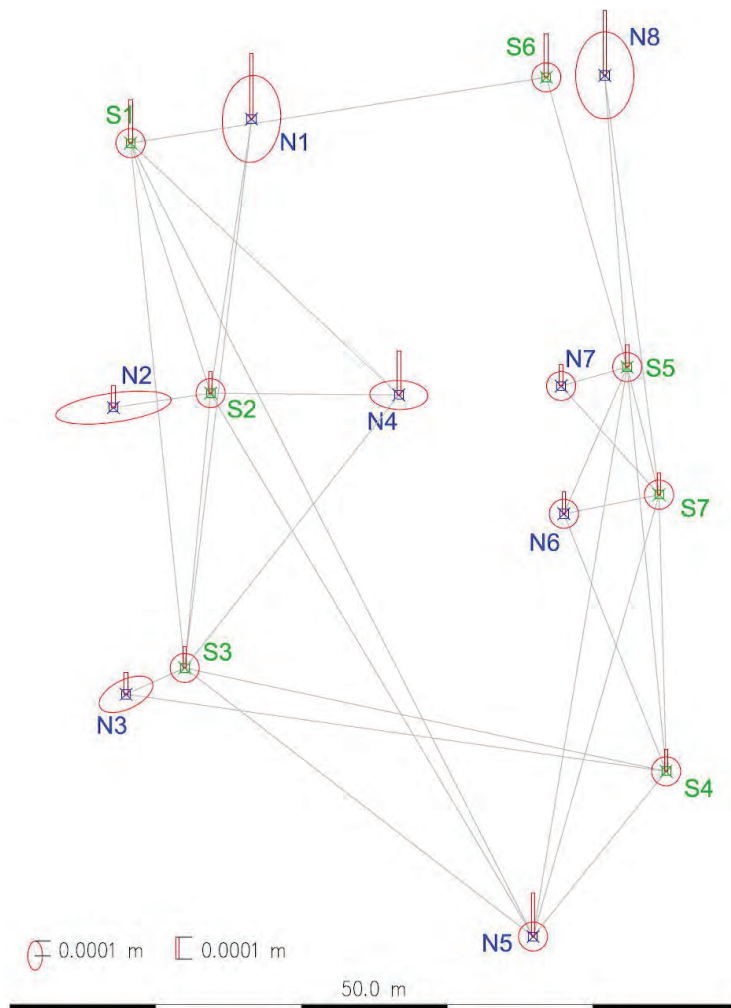
Slika 4: Signalizacija referenčnih točk.

Odbojne folije omogočajo natančno ročno viziranje ter zagotavljajo identično deklarirano natančnost merjenja dolžin kot na standardne prizme ($\sigma_{\text{ISO-EDM}}$: 1 mm; 1,5 ppm). Pet referenčnih točk je nameščenih na sosednje objekte, s čimer zagotovimo uporabnost mreže v času sanacije fasade kot izhodišče za zakoličbo fasadnih elementov. Te točke omogočajo vzpostavitev prostih stojišč, s katerih izvedemo zakoličbo. Stojišča so bila začasno stabilizirana s stativi in trinožnimi podstavki. Položaj in število stojišč je bilo izbrano tako, da je bilo zagotovljeno čim večje število povezav v mreži (glej sliko 5). Način stabilizacije stojišč je omogočal prisilno centriranje v času izmere mreže. Stojišča smo signalizirali s preciznimi reflektorji Leica GPH 1P.

Pri merjenju mreže smo uporabili sistem avtomatskega viziranja na precizne reflektorje (*Leica Geosystems ATRplus*), na odbojne folije smo uporabili način ročnega viziranja. Na vseh stojiščih so bile merjene horizontalne smeri po girusni metodi ter zenitne razdalje in poševne dolžine v treh ponovitvah. Vpliv atmosfere smo upoštevali na osnovi merjenih meteoroloških parametrov na vsakem stojišču.



Slika 5a: Izmeritvena mreža - referenčne točke (N) in stojišča (S).



Slika 5b: Elipse pogreškov in standardni odkloni višin.

Izmeritveno geodetsko mrežo smo izravnali s programom *Leica Geo Office* kot prosto prostorsko mrežo. Koordinate točk mreže so določene v lokalnem koordinatnem sistemu na nivoju objekta. Slika 5a prikazuje obliko mreže, slika 5b pa doseženo položajno in višinsko natančnost točk mreže. Standardni odklon horizontalnega položaja ter standardni odklon višin sta na vseh točkah manjša od 0,5 mm. Natančnost določitve koordinat točk izmeritvene mreže je glede na zahtevano natančnost detajlne izmere zelo visoka.

3.2 Izmera fasade TPS

Za izmero vseh predvidenih detajlov na stavbi je bilo potrebnih 7 stojišč. Koordinate stojišč so bile določene z metodo prostega stojišča z navezavo na dve ali več referenčnih točk. Zaradi bližine sosednjih objektov in dreves so bila mesta stojišč izbrana relativno blizu obravnavane stavbe. Posledično to povzroča težave pri viziranju točk v višjih nadstropjih. Pomagamo si lahko z zenit okularjem, ali pa točko viziramo

s pomočjo laserskega žarka. Zaradi strmih vizur se pojavlja večje število skritih točk, ki jih ni mogoče meriti. Najpogostejše je bil to spodnji notranji rob okenske odprtine. Izmera roba je nujna za korekten prikaz detajla. Skrite točke lahko izmerimo z uporabo dvojnega reflektorja na togem grezilu (npr. *Leica Geosystems GMP111* in *GMP112*) (Billings, 2008).

Detajlne točke v zgornjih nadstropjih smo merili s funkcijo merjenja dolžin brez uporabe reflektorja. Okenske odprtine (okno, špaleta, polica) izbiramo selektivno ob predpostavki, da so dimenzije tipskih oken ob serijski vgradnji enake. S tem lahko bistveno zmanjšamo količino terenskega dela. Najzahtevnejši detajl na objektu je bil vhod. Poleg vratne odprtine je bil izmerjen nadstrešek in stopnica. Kljub temu, da obravnavamo enostaven objekt, je bilo skupno izmerjeno več kot 600 detajlnih točk.

Stavbo smo skonstruirali na osnovi minimalnega števila merjenih detajlnih točk in znanih geometričnih oblik elementov stavbe. Za okno npr. potrebujemo vsaj tri posnete vogale ter globino špalet. V splošnem je izris zelo podoben izrisu 2D-topografskih načrtov. Nekoliko zahtevnejši je le zaradi prekrivanja detajla pri posameznih kotih pogleda, ob tem pa obstaja možnost, da kakšen detajl izpustimo. Rezultat naknadne obdelave tahimetrične izmere fasade stavbe je žični model (slika 6).



Slika 6: Žični model obravnavane stavbe – izmera TPS.

3.3 Izmera fasade TLS

S terestričnim laserskim skeniranjem je bila izmerjena le vzhodna fasada. Zadoščali sta dve stojišči. S kombiniranim notranjim urezom sta bila določena položaja stojišč instrumenta v lokalnem koordinatnem sistemu izmeritvene geodetske mreže. Instrument je bil ob skeniranju orientiran, zato postopka registracije in georeferenciranja nista bila potrebna. Ločeno smo skenirali vzhodno fasado z izbrano ločljivostjo skeniranja 5 cm, nato smo izbrani detajl (okensko odprtino) skenirali z visoko ločljivostjo 2 mm. Skeniranje na enem stojišču je trajalo približno petnajst minut. Pridobili smo štiri oblake točk, dva sta zajela celotno fasado, dva pa izbran detajl-okensko odprtino in vhod. Združeni oblak točk vsebuje več kot 700.000 točk.

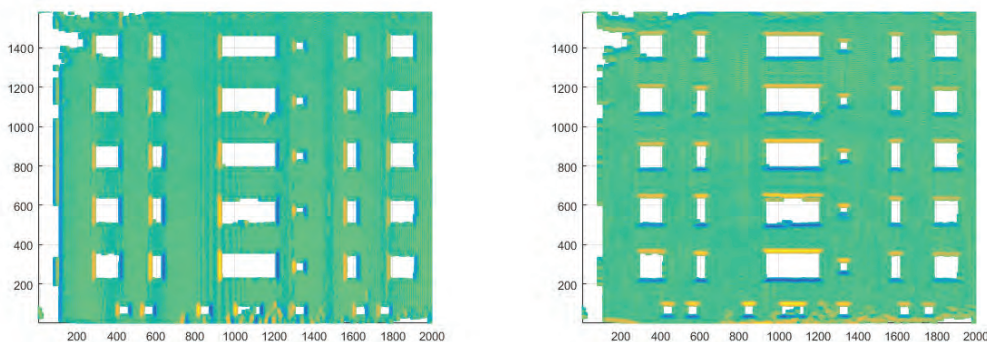
3.3.1 Filtriranje oblaka točk in izračun ravnine fasade

Združeni oblak točk vsebuje šume, ki jih odstranimo z ustreznimi algoritmi ali ročno. Za ročno odstranjevanje točk, ki ne pripadajo obravnavanemu objektu, smo uporabili program *RiSCAN PRO*. Samodejno filtriranje smo izvedli z algoritmom *Ransac* (*Random Sample Consensus*), ki lahko najde točke, pripadajoče izbrani geometrijski obliki kljub prisotnosti velikega deleža neuporabnih (odstopajočih) točk (*outliers*). Postopek je iterativen. Cilj algoritma je najti geometrijsko obliko, v našem primeru je to ravnina, ki se najbolj prilega oblaku točk, pri čemer kakovost prileganja vrednotimo z deležem točk, ki so od modela oddaljene manj od izbrane tolerance (Fischler in Bolles, 1981; Zuliani, 2014; Urbančič et al., 2016).

Dejanska gostota skeniranih točk na obravnavani steni je bila med 4 cm in 10 cm (zaradi različne oddaljenosti stene od skenerja). Oblak točk smo filtrirali z metodo *Ransac* in tako odstranili vse točke, ki so od glavne ravnine stene oddaljene za več kot 2 cm. Skozi filtrirane točke smo izravnali ravnino ter nanjo projicirali vse točke. Vektorja, ki napenjata ravnino, sta izbrana tako, da je prvi pravokoten na normalni vektor ravnine in navpični vektor $[0, 0, 1]$, drugi pa je pravokoten na normalo ravnine in na prvega. Na ta način sta abscisna in ordinatna os ravninskega koordinatnega sistema usmerjena vodoravno in navpično, kljub temu, da izravnana ravnina ni nujno popolnoma vertikalna.

3.3.2 Iskanje robov oken

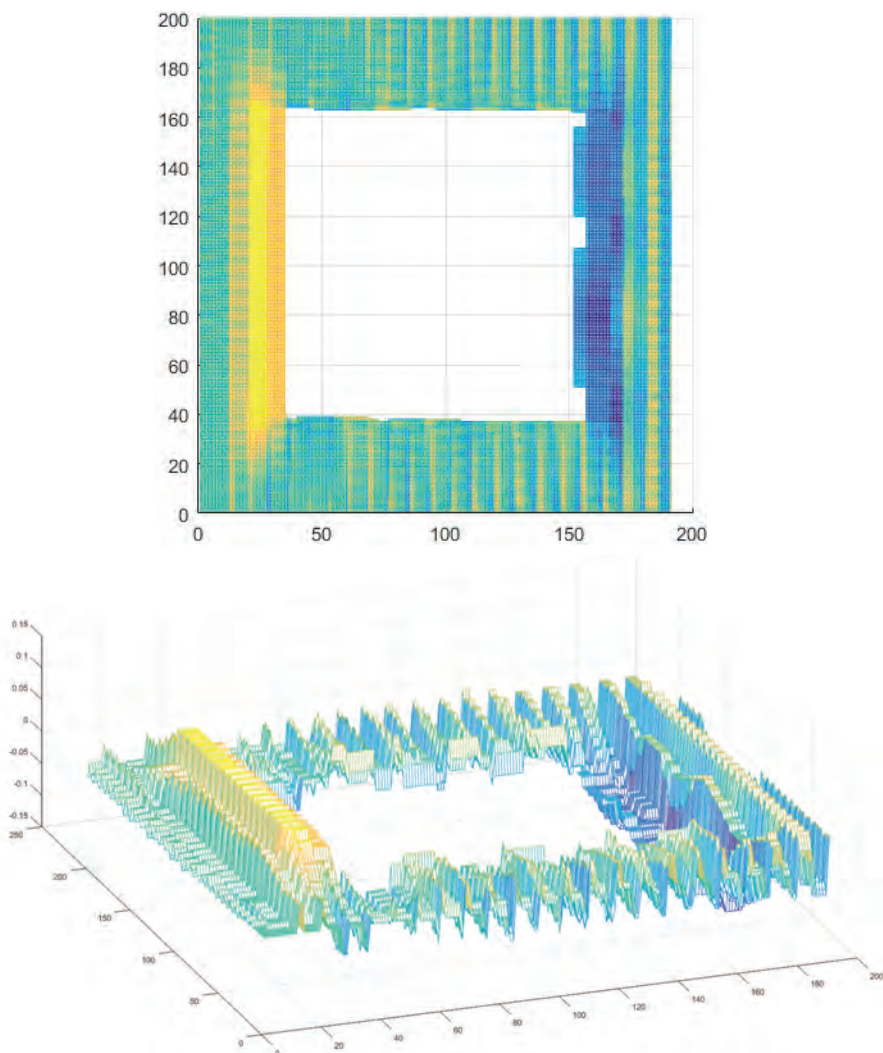
Iz oblaka točk smo ustvarili rastrsko podobo, tako da smo preko območja točk položili kvadratno mrežo. Celicam, v katerih se nahaja vsaj ena skenirana točka, smo pripisali vrednost 1, celicam, ki ostanejo prazne, pa vrednost 0 (Grigillo et al., 2015). Za določitev območja iskanja robov posameznega okna smo izdelali rastrsko podobo s prostorsko ločljivostjo 10 cm, za dejansko iskanje robov pa rastrsko podobo s prostorsko ločljivostjo 1 cm.



Slika 7: Korelacije za zaznavo robov (levo: levi in desno rob, desno: zgornji in spodnji).

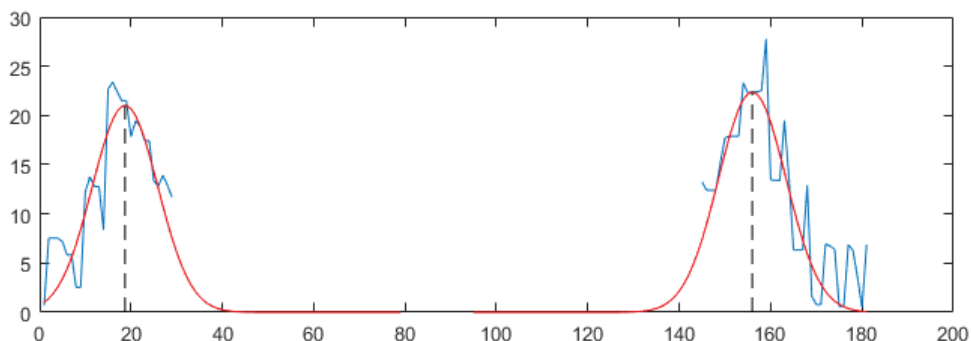
Robove okenskih odprtin smo iskali z izračunom slikovne korelacije med rastrsko podobo in matriko tarčo velikosti 30×30 pikslov, v kateri so na levi polovici same enice, na desni pa same ničle. Na ta način dobimo največje korelacije na levem robu okna, najbolj negativne pa na desnem robu okna. Podobno naredimo za horizontalne robove okenskih odprtin (slika 7).

Robove oken moramo iskati za vsako okno posebej. S postopkom »rasti regij« (region growing) na rastrski podobi z dimenzijo celice 10 cm določimo območje posameznega okna (Gonzalez in Woods, 2002). S klikom v odprtino okna na rastrski podobi programu podamo začetni piksel. Z iterativnim postopkom za vse sosedne začetnega piksla preverimo, ali pripadajo okenski odprtini ali steni (vrednost 0 ali 1). Nadaljujemo s preverjanjem sosedov vseh pikslov, za katere smo že ugotovili, da pripadajo odprtini tako dolgo, da najdemo vse piksele posamezne okenske odprtine. V obravnavo posameznega okna vzamemo območje, najdeno s postopkom rasti regij, razširjeno na njegovo 30 cm okolico.



Slika 8: Korelacijska podoba za izbrano območje okna (pravokotni in perspektivni pogled).

Rezultat rasti regij, ki je vhodni podatek za izračun slikovne korelacije, prikazuje slika 8. Za prepoznavanje vertikalnih robov oken smo sešteli absolutne vrednosti v korelacijski matriki po stolpcih in na ta način izdelali krivuljo vsot, ki jo prikazuje slika 9. Podobno izvedemo prepoznavanje horizontalnih robov oken.



Slika 9: Vsota absolutnih vrednosti korelacij po stolpcih (modra) in prilegajoča krivulja (rdeče).

Poiščemo vrhova na levi in desni strani krivulje vsot. Za iskanje vrha lahko uporabimo različne metode. Uporabili smo izravnavo Gaussove zvončnice. Z izravnavo po metodi najmanjših kvadratov določimo tri parametre krivulje, ki določajo višino, položaj in širino zvončnice. Na tak način smo izračunali vse štiri robove večine oken, ki so vidni na sliki 8. Teoretična natančnost izravnane položaja krivulje je v večini primerov med 0,2 in 0,5 rastrske celice (v našem primeru je to 2 do 5 cm). Postopek je do velike mere avtomatiziran. Za vsako okno je potreben le klik v območje želenega okna na 10 cm rastrski podobi. Težave so se pojavljale pri spodnji vrsti oken zaradi rastja, ki je prekrivalo steno pod okni.

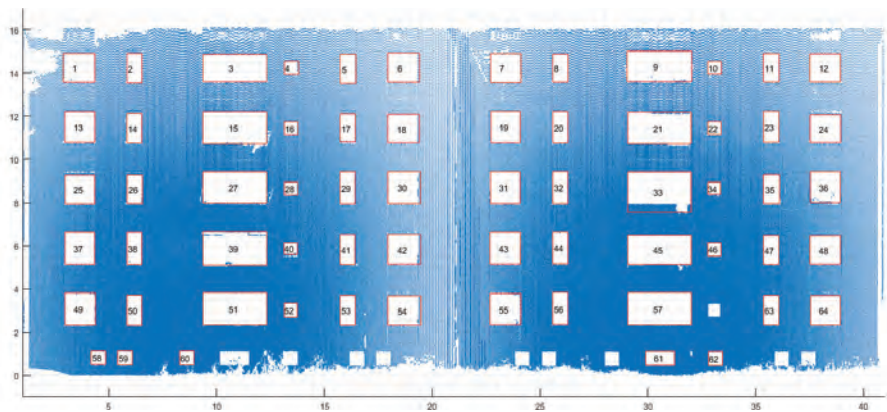
3.4 Vrednotenje kakovosti iskanja okenskih odprtín

Kakovost iskanja okenskih odprtín smo na obravnavanem testnem primeru vrednotili na dva načina. V prvem primeru smo uporabili skeniran oblak točk celotne vzhodne fasade z grobim rastrom skeniranja 5 cm. V drugem primeru pa smo uporabili skeniran oblak točk detajla okenske odprtine z rastrom 2 mm. Rezultati obdelave oblakov točk so bili v obeh primerih robovi okenske odprtine, ki smo jih v drugem primeru primerjali z referenčnimi vrednostmi značilnih točk okenske odprtine, pridobljenimi z meritvami TPS.

3.4.1 Kakovost iskanja robov oken iz oblaka točk skenirane fasade

Rezultat postopka iskanja robov oken iz oblaka točk je prikazan na Sliki 10. Za vsako okno so določene vrednosti koordinat x za levi in desni rob ter vrednosti koordinat y za zgornji in spodnji rob. Koordinate se nanašajo na ravninski koordinatni sistem ravnine fasade, ki je izvajalcu sanacije fasad uporabnejši, po potrebi pa se vrednosti koordinat seveda lahko preračunajo v koordinatni sistem geodetske mreže.

Izračunamo lahko nekatere mere natančnosti, ki bodo opisale kakovost določitve robov oken. Pričakujemo, da imajo vsa okna v nadstropju stavbe podobne položaje spodnjega in zgornjega roba oken, razen malih kvadratnih oken, ki očitno ne ležijo na istem nivoju kot ostala. Standardni odkloni zgornjih in spodnjih robov oken v posameznem nadstropju so v preglednici 1, iz katere lahko razberemo, da so zgornji robovi oken določeni z nekoliko slabšo natančnostjo od spodnjih robov.



Slika 10: Robovi oken na ravnini filtriranih točk.

Preglednica 1: Standardni odkloni zgornjih in spodnjih robov oken posameznega nadstropja v [cm].

nadstropje	spodnji rob	zgornji rob
1.	2.7	4.2
2.	2.6	6.2
3.	13.3 (1.8) ¹	7.4
4.	1.6	8.1
5.	1.2	6.6

¹ Okno št. 33 ima očitno napačno določen spodnji rob (slika 10), zato podajamo standardni odklon spodnjih robov oken 3. nadstropja brez tega roba.

Enako analizo lahko naredimo za leve in desne robove oken, ki ležijo v koloni eno pod drugim. Standardni odkloni robov so v preglednici 2.

Preglednica 2: Standardni odkloni levih in desnih robov oken posamezne kolone v [cm]

kolona	levi rob	desni rob	kolona	levi rob	desni rob
1.	3.7	1.4	7.	2.1	1.5
2.	0.5	1.3	8.	0.2	0.3
3.	0.3	0.3	9.	1.6	1.2
4.	0.5	2.3	10.	0.2	2.0
5.	0.2	1.6	11.	0.5	1.6
6.	0.2	3.1	12.	1.2	0.7

Razpršenosti vrednosti robov kažejo na dobro natančnost rezultatov metode, saj v povprečju znašajo okrog 1 cm. Pri vrednotenju kakovosti moramo upoštevati gostoto skeniranih točk na fasadi, ki znaša med 4 cm in 10 cm, odvisno od oddaljenosti stojišča od skeniranih točk in orientacije odbojne ploskve. Razpršenost vrednosti robov presega zahtevano točnost 0,5 cm (Larsen et al., 2011), zato ocenjujemo, da bi bila za sanacijo s predhodno izdelanimi fasadnimi elementi potrebna večja gostota skeniranja. V nekaterih vrstah je slabša natančnost posledica enega slabo določenega roba. Če bi ročno odstranjevali grobe pogreške iz rezultatov, bi težko postavili mejo, kje končati.

Za vsa okna izračunamo dimenzije (širino in višino) kot razliki med koordinatama desnega in levega ter

zgornjega in spodnjega roba. Glede na dimenzije lahko okna klasificiramo v pet razredov:

- malo okno – 60×60 cm (okna 4. in 10. kolone),
- ozko okno – 70×140 cm (okna 2., 5., 8., in 11. kolone),
- navadno okno – 140×140 cm (okna 1., 6., 7., in 12. kolone),
- široko okno – 300×140 cm (okna 3. in 9. kolone).

Izračunajmo standardne odklone širin in višin oken iz posameznega razreda.

Preglednica 3: Standardni odkloni širine in višine oken po razredih v [cm].

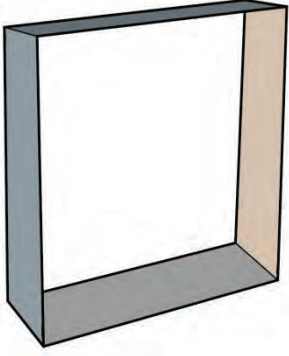
	širina	višina
malo	2.4	3.2
ozko	1.7	6.7
navadno	5.4	7.0
široko	1.9	15.9 (6.5) ²

² Izločimo višini oken 3 in 33, ki sta značilno različni od ostalih.

Iz Preglednice 3 lahko razberemo, da so natančnosti določitve položajev in oblik ozkih in širokih oken nekoliko nezanesljive, kar pripisujemo nesorazmerju med širino in višino oken. V splošnem lahko zaključimo, da so natančnosti določitve položajev in oblik oken relativno dobre glede na gostoto skeniranih točk na stenah. Rezultate bi lahko izboljšali z bolj individualno obravnavo oken – vizualni pregled morebitnih grobih pogreškov pri posameznem oknu.

3.4.2 Kakovost iskanja robov oken iz oblaka točk skeniranega detajla glede na izmero TPS

Zaradi majhne gostote skeniranja celotne fasade smo zahtevano natančnost iskanja robov oken želeli doseči na izbranem detajlu okenske odprtine, ki smo ga skenirali z ločljivostjo 2 mm. Karakteristične točke (notranje in zunanje vogale okna) smo določili na dva načina, s programom *Pointfuse* in z algoritmom *Ransac*. Program *Pointfuse* za končnega uporabnika predstavlja »black box«, saj ne vemo, na kakšen način program izdela model. Rezultat je lahko žični ali ploskovni model. Iz obeh lahko enostavno razberemo koordinate osmih vogalnih točk okna (slika 11). Drugi način vključuje uporabo algoritma *Ransac* (Urbančič et al., 2014). Iz skeniranega oblaka točk postopoma poiščemo šest največjih ravnin s toleranco 0,5 cm. Ravnine predstavljajo ravnino okna, ravnino stene ter štiri ravnine špalet, ki so pravokotne nanju. Karakteristične točke so določene s preseki teh ravnin. Algoritem *Ransac* smo uporabili na celotnem oblaku točk detajla ter na razredčenem oblaku na 10 % vseh točk. Zanima nas, ali je res potrebna največja dosegljiva gostota skeniranja, ali lahko ustrezne rezultate dosežemo tudi z desetkrat manjšim številom točk. Koordinate karakterističnih točk okenske odprtine smo določili s polarno izmero TPS že na terenu in jih privzamemo kot referenčne vrednosti (Larsen et al., 2011).



Slika 11: Fotografija, žični ter ploskovni model izbranega detajla – okenske odprtine.

Rezultate laserskega skeniranja smo primerjali s klasično tahimetrično izmero na izbranem detajlu – okenski odprtini, ki smo jo predstavili z osmimi vogalnimi točkami (slika 11).

Preglednica 4: Odstopanja koordinat izmere TLS od referenčnih vrednosti izmere TPS v [cm].

Točka	TLS (<i>Ransac</i>) 10 % - TPS				TLS (<i>Ransac</i>) 100 % - TPS				TLS (<i>Pointfuse</i>) - TPS			
	Δy	Δx	ΔH	Δp	Δy	Δx	ΔH	Δp	Δy	Δx	ΔH	Δp
1.	-0.5	-0.6	0.8	1.1	-0.2	-0.6	0.5	0.8	-0.1	-2.7	1.2	3.0
2.	-0.6	-0.4	1.0	1.2	-0.6	-0.9	0.3	1.1	0.0	-0.2	0.4	0.4
3.	0.3	0.1	-0.1	0.3	0.3	0.2	0.1	0.3	0.3	0.1	-0.6	0.7
4.	0.0	0.0	-0.2	0.2	-0.1	0.0	0.2	0.3	0.0	-2.2	0.2	2.2
5.	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	-0.7	-2.3	-1.9	3.1
6.	-0.1	0.3	0.0	0.3	-0.3	0.0	0.1	0.3	-0.6	0.4	-2.0	2.1
7.	0.2	0.3	0.0	0.3	0.2	0.6	-0.1	0.6	0.3	0.2	0.3	0.5
8.	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.2	0.0	0.2	0.1	-2.5	0.6	2.6

$\Delta p = \sqrt{\Delta y^2 + \Delta x^2 + \Delta H^2}$: položajno odstopanje točk

V preglednici 4 prikažemo razlike med prostorskimi koordinatami merskih točk glede na referenčne vrednosti. Pri obdelavi v programu *Pointfuse* so odstopanja večja, in sicer tudi do 3 cm. Obdelava v tem programu ne dosega zahtevane točnosti, saj so odstopanja večja od največjega dovoljenega odstopanja 0,5 cm (Larsen et al., 2011). Nasprotno pa razlike pri obdelavi z algoritmom *Ransac* v večini primerov izpolnjujejo zahtevani kriterij natančnosti. Večje razlike zaznamo le na zgornjem notranjem robu okenske odprtine, ko odstopanja v nekaterih primerih presežejo dovoljeno vrednost in dosežejo tudi 1,2 cm. Gostota uporabljenega oblaka točk ne vpliva bistveno na končne rezultate. Pri uporabi dveh gostot (10 % ali 100 %) so razlike minimalne. Podobno ugotovitev navajamo tudi v Kregar et al. (2017). Rezultati so sicer najboljši pri uporabi vseh točk oblaka pri ločljivosti 2 mm (Flerin, 2016).

Na podlagi koordinatnih odstopanj smo ocenili koren srednjega kvadratnega pogreška *RMSE* (*Root Mean Square Error*), srednjo vrednost odstopanj μ in standardni odklon σ v smeri koordinatnih osi in položaja.

$$RMSE_y = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}, \quad \mu_y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i), \quad \sigma_y = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta y_i - \mu)^2}$$

kjer je:

y_i ... izmerjena (izračunana) vrednost koordinate y ,

$\hat{y}_i$... referenčna vrednost koordinate y .

Preglednica 5: Parametri kakovosti izračunanih koordinat merskih točk.

metoda	TLS (<i>Ransac</i>) 10 % - TPS				TLS (<i>Ransac</i>) 100 % - TPS				TLS (<i>Pointfuse</i>) - TPS			
	y	x	H	p	y	x	H	p	y	x	H	p
RMSE [cm]	0.3	0.3	0.5	0.6	0.3	0.4	0.2	0.6	0.4	1.7	1.1	2.1
μ [cm]	-0.1	0.0	0.2	0.5	-0.1	-0.1	0.1	0.5	-0.1	-1.1	-0.2	1.8
σ [cm]	0.3	0.3	0.5	0.7	0.3	0.5	0.2	0.6	0.4	1.8	1.2	2.2

Iz preglednice 5 razberemo, da so parametri kakovosti za rezultate obdelave z algoritmom *Ransac* bistveno boljši od rezultatov programa *Pointfuse*. Standardni odklon posamezne koordinate pri obdelavi z algoritmom *Ransac* ne presega 0,5 cm, kar je skladno s kriteriji dovoljenega odstopanja. Pri obdelavi s programom *Pointfuse* standardni odklon presega 2 cm, kar ne zadošča za precizno zakoličbo predhodno izdelanih fasadnih elementov.

4 ZAKLJUČEK

Za geodetsko stroko so zanimive predvsem energetske sanacije stavb s predhodno izdelanimi fasadnimi elementi. Te zahtevajo visoko natančnost izmere za izdelavo načrta stavbe in visoko natančnost zakoličbe ob montaži fasadnih elementov. Za prikaz stavbe z žičnim modelom ali ploskovnim 3D-grafičnim modelom visoke natančnosti je nujna geodetska izmera. Klasična metoda z uporabo sodobnega tahimetra omogoča visoko natančnost določitve enostavnih oblik fasad. V primeru kompleksnejših struktur, poškodb ali neravnin na fasadi pa je primernejša metoda laserskega skeniranja. Ustrezna visoka ločljivost skeniranja omogoča modeliranje detajla z visoko natančnostjo. Metoda omogoča hitro in učinkovito terensko izmero, ne dosega pa natančnosti klasične izmere. Metodo izmere in podrobnost zajema določimo glede na zahteve naročnika in na podlagi podrobnega ogleda obravnavane stavbe. Pri energetski sanaciji s predhodno izdelanimi fasadnimi elementi je zahtevana visoka natančnost, zato je pomembno, da na terenu čim bolj točno posnamemo vogale fasade ali stavbnega pohištva. Posebej pomembno je zagotoviti zanesljivo in natančno geodetsko mrežo za klasično snemanje detajla ali lasersko skeniranje ter za kasnejšo morebitno zakoličbo predhodno izdelanih fasadnih elementov.

Na referenčnem primeru – večstanovanjski stavbi smo testirali učinkovitost klasične geodetske metode izmere TPS s točkovnim zajemom in laserskega skeniranja TLS za potrebe energetske sanacije stavb s predhodno izdelanimi fasadnimi elementi. Vsaka od obravnavanih metod ima svoje prednosti in slabosti. Pri točkovnem zajemu (TPS) pride do težav skritih točk, strmih vizur in poškodovanih vogalov, kar onemogoča enolično določitev točke. Pri množičnem zajemu (TLS) je poleg skritega detajla in strmih vizur ena glavnih težav gostota skeniranja, ki je praviloma za različno vrsto detajla različna. Pomembno so tudi izkušnje pri modeliranju oblaka točk ter izbira programa za obdelavo.

V članku predlagamo učinkovit način vzpostavitve izmeritvene mreže s signalizacijo referenčnih točk z odbojnimi folijami, kar omogoča natančno zakoličbo predhodno izdelanih fasadnih elementov. Za izmero kompleksnejših stavb predlagamo merski instrument, ki omogoča uporabo tehnologij TPS in TLS ter direktno georeferenciranje. V članku kot izvirno rešitev prikazemo metodo iskanja robov oken. V splošnem lahko zaključimo, da s predlaganim postopkom zaznave robov oken določamo robove z natančnostjo, ki je pet do desetkrat boljša od gostote skeniranja. Kakovost izračunanih koordinat točk na izbranem detajlu skenirane okenske odprtine z izmero TLS (ločljivost skeniranja je bila 2 mm) v primerjavi z izmero TPS je ustrezna in praviloma ne presega dovoljenega odstopanja 0,5 cm. Zanimivo pa gostota uporabljenega oblaka točk (10 % ali 100 %) ne vpliva bistveno na končne rezultate. Iz analize rezultatov lahko sklepamo, da je metoda laserskega skeniranja primerna za izdelavo 3D-grafičnih modelov kompleksnejših stavb z namenom energetske sanacije ob zadostni prostorski ločljivosti detajla in skrbni obdelavi oblakov točk. Metodi klasične geodetske izmere in laserskega skeniranja se pri izmeri fasad stavb lahko učinkovito dopolnjujeta. Ocenjujemo, da lahko geodezija z uporabo naprednih merskih sistemov nudi podporo gradbeništvu in energetiki in s tem poveča učinkovitost in ekonomičnost energetskih sanacij stavb.

Literatura in viri

- Abella, R. J., Daschbach, J. M., McNichols, R. J. (1994). Reverse engineering industrial applications, *Computers and Industrial Engineering* 26, (2), 381–385. DOI: [https://doi.org/10.1016/0360-8352\(94\)90071-x](https://doi.org/10.1016/0360-8352(94)90071-x)
- Balon, M. (2007). Analiza uporabnosti tehnologije terestričnega laserskega skeniranja za metrično dokumentacijo zemeljskih plazov. Diplomski naloga. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 89 str. http://drugg.fgg.uni-lj.si/294/1/GEU_0726_Balon.pdf, pridobljeno 5. 1. 2018.
- Billings, S. (2008). Hidden point offset. *The American Surveyor*. November 2008, 4 f. http://www.amerisurv.com/PDF/TheAmericanSurveyor_Billings-HiddenPointOffset_November2008.pdf, pridobljeno 20. 1. 2018.
- Fischler, M. A., Bolles, R. C. (1981). Random sample consensus: a paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography. *Communications of the ACM*, 24 (6), 381–395. DOI: <https://doi.org/10.1145/358669.358692>
- Flerin, M. (2016). Geodetska izmera fasad stavb za namen energetske sanacije. Magistrski naloga. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 66 str. <http://drugg.fgg.uni-lj.si/5553/>, pridobljeno 18. 1. 2018.
- Gonzalez R. C. in Woods R.E. *Digital Image Processing* 2nd Edition, Prentice Hall, New Jersey, 2002.
- Grigilo, D., Ozvaldič, S., Vrečko A., Kosmatin Fras, M. (2015). Vektorizacija poteka daljnovodnih vodnikov s Houghovo transformacijo iz podatkov aero- in terestričnega laserskega skeniranja. *Geodetski vestnik*, 59(2), 246–261. DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2015.02.246-261
- Herzog, T., Natterer J., Schweitzer, R., Volz, M., Winter, W. (2004). *Timber Construction Manual*, Birkhäuser, Basel. <https://www.slideshare.net/Tupon1944lxGjR/read-timber-construction-manual-4th-edition-pdf-full-ebook-free>, pridobljeno 15. 12. 2017
- Joeckel, R., Stober, M., Huep, W. (2008). Elektronische Entfernungss- und Richtungsmessung und ihre Integration in aktuelle Positionierungsverfahren, Heidelberg, Herbert Wichmann Verlag.
- Kregar, K.; Možina, J.; Ambrožič, T.; Kogoj, D.; Marjetič, A.; Štebe, G.; Savšek, S. (2017). Control Measurements of Crane Rails Performed by Terrestrial Laser Scanning. *Sensors*, 17, 1671. DOI: <https://doi.org/10.3390/s17071671>
- Lattke, F. et al. TES EnergyFacade – prefabricated timber based element systems for improving the energy efficiency of the building envelope. Research project 2008–2009. Technische Universität München. Fakultät für Architektur. Institut für Entwerfen und Bautechnik: 189 f. https://www.holz.at.tum.de/fileadmin/w00bne/www/04_Forschung/02_Abgeschlossen/TES_EnergyFacade_manual_2009.pdf, pridobljeno 12. 12. 2017.
- Larsen, K. E., Lattke, F., Ott, S., Winter S. (2011). Surveying and digital workflow in energy performance retrofit projects using prefabricated elements. *Elsevier. Automation in Construction*, 20, 999–1011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2011.04.001>
- Scherer, M. (2001). Objekterfassung: Was? – Wie? – Wozu?, Eine Analyse mit Schwerpunkt bei der Bauaufnahme, Flächenmanagement und Bodenordnung 4, 188–199. http://www.scherer.de/objekt/Geodaeie_internetseite_9-2013a/download/Objekterfassung_Methoden_2001_FuB.pdf, pridobljeno 6. 12. 2017.
- Scherer, M. (2002). Advantages of the Integration of Image Processing and Direct Coordinate Measurement for Architectural Surveying – Development of the System TOTAL, FIG XXII International Congress, Washington, D. C. USA. https://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/fig_2002/Js28/JS28_scherer.pdf, pridobljeno 9. 12. 2017.
- Smogavec, L. (2015). Uporabnost terestričnega laserskega skeniranja pri izdelavi geodetskega načrta. Diplomski naloga. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 77 str. <http://drugg.fgg.uni-lj.si/5105/>, pridobljeno 10. 1. 2018.

- Urbančič, T., Kosmatin Fras, M., Stopar, B., Koler, B. (2014). The Influence of the Input Parameters Selection on the RANSAC Results. *International Journal of Simulation Modelling*, 13(2), 159–170. DOI: [https://doi.org/10.2507/IJSIMM13\(2\)3.258](https://doi.org/10.2507/IJSIMM13(2)3.258)
- Urbančič, T., Vrečko A., Kregar, K. (2016). Zanesljivost Metode RANSAC Pri Oceni Parametrov Geometrijskih Oblik. *Geodetski vestnik* 60(1), 69–97. http://www.geodetski-vestnik.com/60/1/gv60-1_urbancic.pdf, pridobljeno 10. 2. 2018.
- Volk, R., Stengel, J., Schultmann, F. (2014). Building Information Modeling (BIM) for existing buildings – Literature review and future needs, *Automation in Construction* 38, 109–127. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.023>
- Wunderlich, T. (2014). *Sensorik und Methodik 1. Vorlesungsskript*. München, TUM, Institut für Geodäsie, GIS und Landmanagement: 81 str.
- https://www.geo.bgu.tum.de/fileadmin/w00blm/www/content_images/lehre/SensorikMethodik_1_VO_WS_2015-16.pdf, pridobljeno 17. 1. 2018.
- Zuliani, M. (2011) *RANSAC for Dummies*. GNU Free Documentation License: 101 str. <http://www.cs.tau.ac.il/~turkel/imagepapers/RANSAC4Dummies.pdf>, pridobljeno 10. 1. 2017.



Savšek S., Flerin M., Kregar K., Kogoj D. (2018). Geodetska izmera fasad stavb za namen energetske sanacije. *Geodetski vestnik*, 62 (2), 201–217. DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2018.02.201-217

doc. dr. Simona Savšek, univ. dipl. inž. geod.

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: simona.savsek@fgg.uni-lj.si

Matjaž Flerin, mag. inž. geod. geoinf.

GEMETRA, Matjaž Flerin, s.p.
Neveljska pot 9a, SI-1241 Kamnik
e-naslov: matjaz.flerin@gemetra.si

asist. dr. Klemen Kregar, univ. dipl. inž. geod.

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: klemen.kregar@fgg.uni-lj.si

izr. prof. dr. Dušan Kogoj, univ. dipl. inž. geod.

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: dusan.kogoj@fgg.uni-lj.si

VPLIV IZGRADNJE AVTOCEST IN HITRIH CEST NA CENO STANOVANJ V SEVEROVZHODNI SLOVENIJI

THE IMPACT OF THE CONSTRUCTION OF MOTORWAYS AND EXPRESSWAYS ON HOUSING PRICES IN NORTH-EAST SLOVENIA

Dejan Paliska, Daša Fabjan, Robert Vodopivec, Samo Drobne

UDK: 332.8:625.7(497.4)
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01
Prispelo: 31. 10. 2017
Sprejeto: 10. 4. 2018

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2018.02.218-234
SCIENTIFIC ARTICLE
Received: 31. 10. 2017
Accepted: 10. 4. 2018

IZVLEČEK

V prispevku smo v okviru hedonske analize cen z opredelitvijo prostorskega modela difference-in-differences (DID) analizirali vpliv izgradnje avtocestnih krakov A4 in A5 na ceno stanovanja v občinah na severovzhodu države. V tem delu Slovenije se je v zadnjih petnajstih letih dostopnost do priključka na avtocesto ali hitro cesto v povprečju izboljšala za več kot eno uro. Primerjava štirih ekonometričnih prostorskih modelov pokaže, da je prostorska metoda DID primernejša za analiziranje vpliva prometne infrastrukture na nepremičninski trg kot klasični neprostorski hedonski model cen. Rezultati analize so pokazali, da se s prisotnostjo najmanj enega avtocestnega priključka v občini cena stanovanja v povprečju dvigne za skoraj 11 % in da je prostorski učinek avtocestnih priključkov na ceno stanovanj v sosednjih občinah geografsko omejen.

ABSTRACT

This article presents the use of a spatial difference-in-differences (DID) estimator to measure the impact of new highways on residential property values in mainly rural NE Slovenian municipalities. In the last 15 years, the introduction of two motorways in this region has improved the municipalities' average accessibility to the highway system by more than one hour. More specifically, in the framework of hedonic price analysis, we use different spatial difference-in-differences model specifications to measure the apartment price rise and the price rise spatial spill-over effect as a result of the introduction of new highways. The comparison of different models' results shows that the spatial difference-in-differences model specification performs better than the non-spatial hedonic price model. The model results show a positive impact of new highways on average by an almost 11% rise in apartment price, and a limited spatial spill-over effect.

KLJUČNE BESEDE

cena stanovanja, vpliv avtoceste, prostorska soodvisnost, cenilka DID, severovzhodna Slovenija

KEY WORDS

real estate, highway impact, spatial autocorrelation, difference-in-difference estimator, NE Slovenia

1 UVOD

Začetek gradnje avtocestnega sistema v Sloveniji sega v leto 1970. Vse od takrat je bilo v državi zgrajenih več kot 530 kilometrov avtocest in hitrih cest – od tega pospešeno 335 kilometrov po letu 1994. Sprememba družbenoekonomskega sistema v začetku devetdesetih let prejšnjega stoletja je poleg družbenih sprememb vplivala tudi na delovanje celotnega gospodarstva. Naložbe v avtocestno infrastrukturo, ki so eden od katalizatorjev gospodarskega razvoja, so vplivale na lokacijo podjetij in širše na prostorsko razpršenost ekonomskih aktivnosti. Izgradnja odsekov avtocestnega omrežja v razmerah razvijajočega se tržnega gospodarstva je vplivala tudi na nepremičninski trg. V tem članku obravnavamo vpliv izgradnje avtocest na ceno stanovanj v pretežno podeželskih občinah severovzhodne Slovenije.

Vpliv nove avtocestne infrastrukture je lahko večplasten. Splošno je uveljavljeno, da avtoceste s tem, ko zagotavljajo boljšo dostopnost (zniževanje prevoznih stroškov in časov), pozitivno vplivajo na gospodarsko rast in napredek na območjih, ki jih povezujejo. S povečanjem mobilnosti z osebnimi vozili se pojavijo tudi negativni zunanji učinki (eksternalije) avtoceste in njene uporabe. Mednje štejemo predvsem negativne okoljske vplive, kot so poraba prostora, hrup, onesnaženost zraka in sčasoma negativne vplive na zdravje ljudi, ki živijo, delajo ali obiskujejo šolo v bližini avtoceste (Dora in Phillips, 2000; Won Kim et al., 2003; Barros et al., 2013; Hamersma et al., 2014).

V teoriji imajo zaradi boljše dostopnosti največjo korist podjetja in prebivalci, ki živijo v bližini avtocestnih priključkov, vendar je tam tudi največ negativnih zunanjih učinkov. Zato je, kot ugotavljajo nekateri avtorji (npr. Hamersma et al., 2014; Seo et al., 2014), skupni učinek težko ovrednotiti tudi zaradi subjektivnosti ocen. Vse navedeno različno vpliva na izbiro lokacije podjetij in prebivalcev, kar se odraža na nepremičninskem trgu, predvsem s spremembo vrednosti nepremičnin zaradi boljše dostopnosti in negativnih eksternalij avtoceste.

Slovenija je zaradi nedavne pospešene gradnje avtocestnega križa še posebej primerna za proučevanje vpliva prometne infrastrukture na nepremičninski trg. V zahodnem razvitem svetu so avtocestno mrežo gradili večinoma v drugi polovici prejšnjega stoletja in sedaj, predvsem zaradi nedostopnosti natančnejših podatkov, težko ocenijo njen vpliv s sodobnimi metodami proučevanja. Posamezne izboljšave na prometni infrastrukturi pa le postransko vplivajo na dostopnost celotnega prometnega sistema, zato takšne naložbe le redko bistveno vplivajo na vrednost nepremičnin na regionalni ravni. Izjema je izgradnja infrastrukture, ki prinese večje spremembe v dostopnosti celotnega sistema. V takšnih primerih gre praviloma za nove prometne povezave, s katerimi se povežeta dve dotlej ločeni prometni omrežji.

Cilj tega članka je ugotoviti, koliko je izgradnja avtocest v severovzhodni Sloveniji vplivala na prodajne cene stanovanjskih nepremičnin oziroma kako izboljšano dostopnost ovrednoti trg. V ta namen smo v okviru hedonske analize cen uporabili opredelitev *difference-in-differences* treh prostorskih modelov. Predpostavljamo, da zaradi značilnosti proučevanega območja in precejšnjega povečanja dostopnosti do avtocestnega sistema, ki se odraža predvsem v splošno boljši mobilnosti prebivalcev in boljši dostopnosti do delovnih mest, nove avtoceste pozitivno vplivajo na dvig cene nepremičnin.

V nadaljevanju najprej izvedemo pregled pomembne literature na področju analize vpliva prometne infrastrukture na ceno nepremičnin. Sledi opis metodologije, kjer posebej izpostavimo uporabljeno metodo SDID (angl. *spatial difference-in-differences*), ki omogoča proučevanje vpliva avtocest na vred-

nost nepremičnin v posameznih občinah in prostorsko razlitje vpliva na sosednje občine. Prednost opredelitve v primerjavi s klasičnim hedonskim modelom je tudi, da se z opredelitvijo DID odpravijo težave, ki lahko nastanejo zaradi ne vključitve pomembnih spremenljivk v model, in težave, povezane z izbiro ustrezne funkcijske oblike opredelitve. V razpravi rezultate svoje analize podrobno razložimo – z vidika uporabe metode in vsebine. V sklepnem delu podamo pomembnejše ugotovitve in predloge za nadaljnje raziskovanje.

2 DOSEDANJE RAZISKAVE

Povezanost med prometno infrastrukturo in vrednostjo nepremičnin je bila že v drugi polovici prejšnjega stoletja deležna velike pozornosti raziskovalcev. V preteklosti je bilo splošno uveljavljeno prepričanje, da so cene nepremičnin izključno pozitivno povezane s prometno infrastrukturo, sodobnejše raziskave pa kažejo na prostorsko in celo časovno spremenljivost vpliva ter veliko variabilnost v moči in smeri vpliva (Mohammad et al., 2013; Seo et al., 2014; Chen in Haynes, 2015). Kot je mogoče zaslediti v številnih raziskavah (npr. Poulos in Smith, 2002; Giuliano et al., 2010; Efthymiou in Antoniou, 2013; Seo et al., 2014), je vpliv prometne infrastrukture na nepremičninski trg različen, saj se trg, glede na njegove značilnosti, oddaljenost od avtocestnega odseka ali avtocestnih uvozov in izvozov, različno odzove na izboljšano dostopnost in negativne zunanje učinke avtoceste.

V zadnjem času sodobni GIS-sistemi skupaj s podrobnimi prostorskimi podatkovnimi zbirkami omogočajo natančno oceno vpliva prometne infrastrukture na vrednost nepremičnin (Hess in Almeida, 2007; Seo et al., 2014; Mohammad et al., 2017). Tako so Kim et al. (2007) ugotovili, da sta hrup v bližini avtoceste in bližina avtocestnih nadvoзов obratno sorazmerno povezana z vrednostjo nepremičnin. Li in Saphores (2012) sta ugotovila največji padec vrednosti stanovanjskih enot v 200-metrskem pasu od avtoceste ter zelo veliko občutljivost cen stanovanjskih nepremičnin za delež tovornjakov v prometnem toku. Andersson et al. (2010) so se osredotočili le na vpliv hrupa. Z uporabo hedonske analize cen so ugotovili, da ima hrup ob avtocesti večji negativni vpliv na vrednost stanovanjskih nepremičnin kot hrup v bližini železnice (Andersson et al., 2010). Kanadska študija pa je pokazala, da je gradnja protihrupnih pregrad na avtocestah kratkoročno obratno sorazmerno vplivala na vrednost nepremičnin v bližini, medtem ko je bil dolgoročno učinek pozitiven (Julien in Lanoie, 2008). Seo et al. (2014) v raziskavi vpliva bližine avtoceste na cene enostanovanjskih hiš v Phoenixu (ZDA) ni uspelo potrditi pričakovanega negativnega učinka v oddaljenosti do 350 metrov od avtoceste (koeficienti so bili neznačilni). Takšen rezultat avtorji pripisujejo postavljenim protihrupnim ograjam ter metodologiji, uporabljeni v raziskavi. Je pa ameriška raziskava potrdila premo sorazmerni vpliv dostopnosti na ceno stanovanjskih nepremičnin, ki je bil največji v oddaljenosti med 0,6 in 1,2 kilometra od avtocestnega priključka ter je z bližino ter oddaljenostjo padal (Seo et al., 2014).

Pri proučevanju vpliva avtocestnega sistema na vrednost nepremičnin v nekaterih raziskavah ločijo med vplivom avtocestnih odsekov in vplivom avtocestnih priključkov (Kilpatrick et al., 2007; Andersson et al., 2010; Seo et al., 2014). Navedeni avtorji menijo, da je pristop, pri katerem se upoštevajo priključki na avtocesto, primernejši (od pristopa z obravnavo avtocestnih odsekov), saj je na avtocestni sistem mogoče vstopati samo na priključkih – zato so pozitivni učinki izboljšane dostopnosti bližje avtocestnim priključkom večji in se zmanjšujejo z oddaljenostjo od njih. Kot ugotavljajo Seo et al. (2014), so pozitivni

učinki izgradnje avtocest v bližini avtocestnih priključkov v splošnem večji od negativnih. Na drugi strani pa avtocestni odseki v neposredni bližini (lokalno) vplivajo predvsem obratno sorazmerno na vrednost nepremičnin (Seo et al., 2014). V vseh zgoraj navedenih študijah tudi navajajo, da je splošni (sistemski) vpliv avtocest na cene nepremičnin pozitiven in prostorsko razširjen.

V večini zgoraj navedenih raziskav ocene vpliva temeljijo na različnih opredelitvah modela hedonske analize cen (v nadaljevanju: HPM – *hedonic price model*) kot zgodovinsko uveljavljeni metodologiji za proučevanje razlik v ceni glede na značilnost nepremičnin (Champ et al., 2003; Seo et al., 2014). V novejših raziskavah (Ahlfeldt, 2013; Dubé et al., 2014; Levkovich et al., 2016; Mohammad et al., 2017) pa kot izboljšavo in nadgradnjo pristopa HPM naletimo na uporabo različnih specifikacij cenilke *difference-in-differences* (DID) ali različnih drugih izboljšav metodologije HPM z upoštevanjem prostorske sovisnosti (Efthymiou in Antoniou, 2013; Seo et al., 2014; Chen in Haynes, 2015).

Cene stanovanj se oblikujejo glede na številne značilnosti, ki različno in na različnih ravneh vplivajo nanje. V literaturi, ki proučuje vpliv prometne infrastrukture na ceno stanovanj, se najpogosteje omenjajo značilnosti stanovanja (velikost stanovanja, število sob in balkonov, starost, število parkirnih mest/garaža itd.), značilnosti soseske (bližina središča naselja, bližina postajališč javnega potniškega prometa – avtobusa, vlaka in podzemne železnice, bližina avtoceste, bližina vodnih površin idr.) ter okoljske značilnosti (bližina parkov in zelenih površin, onesnaženost zraka idr.) (Picard et al., 2010; Seo et al., 2014).

Metoda hedonske analize cen (Rosen, 1974) je zaradi svojih značilnosti zelo primerna za proučevanja povezave med različnimi značilnostmi stanovanj in njihove cene. Vendar, kot opozarjajo Dube et al. (2014), je v okviru pristopa HPM težko zagotoviti, da bodo v model vključene vse potencialno statistično značilne spremenljivke, ki lahko vplivajo na ceno stanovanja. Težava pri uporabi klasične metode HPM je tudi tako imenovani prostorski učinek, to je prostorska soodvisnost in heterogenost (Anselin, 1988). Sosednje nepremičnine si delijo okoljske in prostorske značilnosti, kar se odraža v prostorski soodvisnosti cen. Geografska razširjenost vpliva izboljšave prometnega sistema na ceno nepremičnin je predvsem odvisna od razvitosti prometnega sistema. Huang (1994) ugotavlja, da je učinek dostopnosti do avtocest na cene nepremičnin na urbanem območju omejen, saj je na urbanih območjih dostopnost do prometne infrastrukture praviloma dobra, širši prostorski vpliv pa lahko pričakujemo na ruralnih območjih. Podrobneje o prisotnosti prostorskega učinka na nepremičninskem trgu je pisal LeSage (1999).

Zanemarjanje prostorskega učinka lahko povzroči pristranskost in nekonsistentnost ocen (Anselin, 1998). Zato pri uporabi metode hedonske analize cen avtorji uporabljajo različne pristope za upoštevanje prostorskega učinka. Najbolj razširjen je pristop dodajanja prostorskih slamanatih spremenljivk v hedonski regresijski model (Kuminoff et al., 2010), vendar so sodobne metode v okviru tako imenovanih prostorskih ekonometričnih modelov učinkovitejše, saj neposredno vključujejo informacijo o prostorski povezanosti pojava in ne zahtevajo vnaprej določenih predpostavk o primerni velikosti obravnavanih prostorskih enot (Anselin in Arribas-Bel, 2013; Seo et al., 2014). Prostorski ekonometrični modeli predpostavljajo, da se odvisne spremenljivke spreminjajo v odvisnosti od vrednosti neodvisnih spremenljivk na posamezni lokaciji in vrednosti opazovanih (odvisnih in neodvisnih) spremenljivk na sosednjih lokacijah. Literatura ponuja različne modele, ki omogočajo upoštevanje prostorske soodvisnosti in heterogenosti. LeSage in Pace (2009) sta opisala štiri osnovne modele: modele s prostorskim zamikom v odvisni spremenljivki (angl. *spatial lag models* ali *spatial autoregressive models* – modeli SAR), modele s prostorskim zamikom

v napaki (angl. *spatial error models* – SEM), modele s prostorskim zamikom v odvisnih in neodvisnih spremenljivkah (angl. *spatial Durbin models* – SDM) ter modele s prostorskim zamikom v odvisni spremenljivki in napaki (angl. *spatial autoregressive combined* – SAC ali SARAR¹). Podroben opis osnovnih prostorskih ekonometričnih modelov najdemo v Baltagi (2001) ter v LeSage in Pace (2009). Številni avtorji zagovarjajo uporabo modela SAR, ker omogoča dekompozicijo mejnega učinka (angl. *marginal effect*) na neposredni in posredni učinek (LeSage in Pace, 2009; Dubé et al., 2014). LeSage (2014) ugotavlja, da je za modeliranje prostorskega razlitja na globalni ravni najustreznejši prostorski Durbinov model (SDM).

3 METODOLOGIJA

3.1 Študijsko območje in podatki

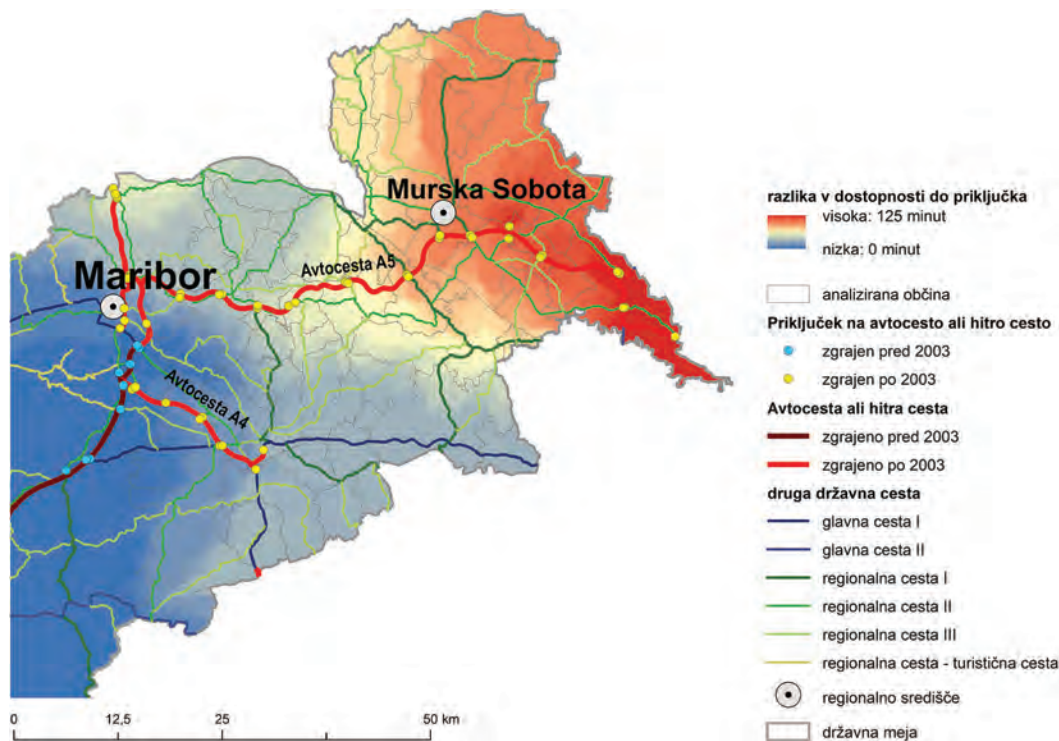
V naši raziskavi smo proučevali splošen vpliv nove avtocestne infrastrukture na ceno stanovanjskih nepremičnin. V ta namen smo analizirali severovzhodni del Slovenije, kjer se je v zadnjih petnajstih letih začela gradnja in sta bila po delih predana v uporabo dva avtocestna odseka: avtocesta A4 in avtocesta A5. Obravnavano območje 55 občin, v skupni površini nekaj več kot 2500 km², obsega celotno pomursko regijo, ki je bila najdlje v Sloveniji brez avtocestne povezave, ter delno podravsko regijo – predvsem v delu, kjer še vedno poteka gradnja avtocestne povezave s Hrvaško.

Gradnja na obeh avtocestnih odsekih se je pričela v letih 2002–2003. Avtocesta A5 je bila v celoti predana v uporabo leta 2009, medtem ko gradnja avtoceste A4 še vedno poteka. Avtocesta A5 povezuje regionalni središči dveh sosednjih regij, to je Maribor v podravski regiji in Mursko Soboto v pomurski regiji, in je del evropskih avtocestnih povezav E653. Avtocesta A4, ki je sestavni del evropskih poti E59, pa povezuje regionalno središče Maribor z glavnim mestom sosednje države Hrvaške. Slika 1 prikazuje območje severovzhodne Slovenije, analizirano območje 55 občin, avtocestna odseka A4 in A5 s priključki ter spremembo v dostopnosti do priključka na avtocesto in hitro cesto pred začetkom gradnje avtocest A4 in A5 v letih 2002–2003 in leta 2015. S slike je mogoče razbrati, da se je dostopnost do avtocestnega priključka po izgradnji avtoceste A4 v najbolj oddaljenem delu pomurske regije izboljšala celo za dve uri in več (prirejeno po Drobne in Paliska, 2016).

Podatke o povprečni ceni stanovanj za m² (spremenljivka *cena*) v občini smo pridobili iz dveh podatkovnih virov: podatke o sklenjenih kupoprodajnih poslih s stanovanji pred letom 2007 smo pridobili na Davčni upravi Republike Slovenije (DURS), podatke od vključno leta 2007 naprej pa na Geodetski upravi Republike Slovenije (GURS). GURS sistematično spremlja dosežene pogodbene cene nepremičnin na slovenskem trgu od začetka leta 2007. Podatki o sklenjenih kupoprodajnih poslih z nepremičninami, ki jih posredujejo davčna uprava, nepremičninske družbe in notarji, se vodijo v Evidenci trga nepremičnin (ETN). Neprečiščeni osnovni podatki ETN od vključno leta 2007 naprej so javno dostopni. Podatkovna vira smo združili v skupno podatkovno zbirko in podatke očistili. Prvotno smo nameravali v raziskavo vključiti vse stanovanjske objekte, nadaljnje raziskovanje pa je pokazalo, da iz podatkovne baze ETN ni mogoče enoznačno razbrati velikosti zemljišča, ki je bilo prodano skupaj s stanovanjsko hišo. Ta anomalija povzroči distorzijo cen kvadratnega metra stanovanjske hiše, zato smo to vrsto stanovanjskih objektov izločili iz analize. Čeprav je proučevano območje večinoma podeželsko ter je relativno razmerje med številom stanovanj in hiš v korist slednjim, se je pokazalo, da sta velikost

¹ V literaturi se pojavljata obe poimenovanji prostorskega avto-regresivnega modela s prostorskim zamikom v odvisni spremenljivki in napaki.

vzorca in prostorska porazdelitev kupoprodajnih poslov s stanovanji primerna za raziskavo. Analizirali smo vzorec o skupno 4239 sklenjenih kupoprodajnih poslih s stanovanji, ki smo jih na ravni 55 občin združili v psevdo panel ($N = 55$, $T = 13$). Kot je razvidno s slike 2b, je bilo na območju analiziranih občin letno prodanih skupno med 280 in 480 stanovanj. Analizirane občine smo razdelili v dve skupini: v »obravnavano skupino občin« smo razvrstili občine, v katerih je bil zgrajen nov avtocestni priključek, v »kontrolno skupino občin« pa občine brez avtocestnega priključka. Približno dve tretjini prodanih stanovanj je v skupini obravnavanih občin.

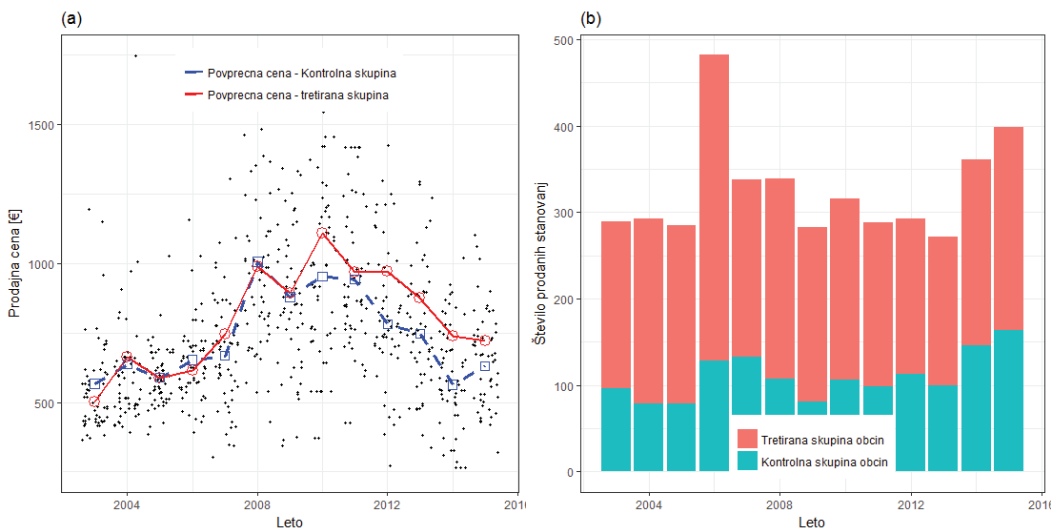


Slika 1: Sprememba v dostopnosti do priključka na avtocesto in hitro ceto pred začetkom izgradnje avtocest A4 in A5 leta 2003 in leta 2015.

Prostorske podatke o mreži državnih cest po letih ter podatke o dinamiki gradnje avtocestnih odsekov smo pridobili na Direkciji Republike Slovenije za infrastrukturo (DRSI). Na podlagi prekrivanja slednjih s poligoni obravnavanih občin smo ugotovili prostorsko dinamiko gradnje avtocestnih odsekov in opredelili dve ključni slamanati spremenljivki. Spremenljivka T meri čas izgradnje avtocestnega priključka in ima vrednost ena v letih po izgradnji avtocestnega priključka. Spremenljivka AC pa ima vrednost ena za občine, v katerih je bil zgrajen avtocestni priključek (obravnavana skupina), in vrednost nič v občinah, ki priključka nimajo (kontrolna skupina). Interakcija teh slamanatih spremenljivk v modelu omogoči ocenitev vpliva izgradnje avtocestnih priključkov na vrednost prodanih stanovanj.

V raziskavi se osredotočamo na merjenje vpliva izgradnje avtocest in hitrih cest na ceno stanovanj. Kljub temu smo v različnih opredelitvah modela testirali tudi vpliv drugih spremenljivk (na primer dostopnosti do regijskega središča, števila delovnih mest, števila brezposelnih, števila podjetij in nekaterih drugih).

Večinoma so bili koeficienti statistično neznačilni ali pa smo spremenljivke izločili zaradi multikolinearnosti. Nekatere druge spremenljivke, na primer starost prodanih nepremičnin, smo izločili zaradi relativno majhnega števila vnosov v podatkovni bazi.



Slika 2: (a) Povprečna cena kvadratnega metra prodanih stanovanj v obravnavani in kontrolni skupini občin (opomba: lestvica na ordinatni osi ne prikazuje največje vrednosti); (b) število sklenjenih prodajnih poslov s stanovanji po letih in po skupinah občin.

Tako smo v končno opredelitev modela, poleg spremenljivke, s katero se meri vpliv izgradnje avtoceste, vključili še tri spremenljivke: število na novo dokončanih stanovanj v občini v posameznem letu (*nov_stan*), povprečno bruto plačo v občini (*BPP*; v evrih) in gostoto poselitve (*gostota_preb*; število prebivalcev na km²). Slednji spremenljivki sta vključeni v model kot makro kazalnika ekonomskega stanja v občini in kazalnik heterogenosti v poselitvenem vzorcu. Vir podatkov je Statistični urad Republike Slovenije (SURS).

V preglednici 1 prikazujemo opisne statistike spremenljivk, vključenih v končni model. Podatki so bili obdelani in združeni na skupno prostorsko raven v programskem paketu ESRI ArcGIS 10.4.

Preglednica 1: Opisne statistike pojasnjene in pojasnjevalnih spremenljivk

Spremenljivka	Število opazovanj	Srednja vrednost	Standardni odklon	Najmanjša vrednost	Največja vrednost
<i>cena</i>	715	752,70	309,82	620,50	2722,34
<i>T</i>	715	0,12	0,32	0	1
<i>AC</i>	715	0,20	0,40	0	1
<i>BPP</i>	715	1186,26	177,57	565,36	1602,03
<i>nov_stan</i>	715	2,85	2,71	0	26
<i>gostota_preb</i>	715	96,01	61,35	17,50	354,30

3.2 Prostorska metoda DID (SDID)

Raven prostorskega združevanja podatkov (raven občine) ni primerna za izvedbo klasične hedonske ali prostorske hedonske analize cen. Zato smo povezanost med ceno stanovanja in dostopnostjo do avtocestne mreže proučevali z metodo *difference-in-differences* (DID). Metoda DID ponuja učinkovit način za oceno naključnih povezav in je pogosto učinkovitejša od standardne hedonske analize cen (Bertrand et al., 2004; Dubé et al., 2014). Pristop DID omogoča primerjavo učinka zunanjih sprememb na odvisno spremenljivko s primerjanjem razlik v vrednosti odvisne spremenljivke med kontrolno skupino in obravnavano skupino pred spremembo in po njej (Parmeter in Pope, 2013; Dubé et al., 2014). V našem primeru je uporaba metode DID omogočila primerjavo razlike v spremembi cene kvadratnega metra stanovanja med skupino občin, v katerih je bil zgrajen avtocestni priključek (zunanja sprememba v obravnavani skupini), in skupino občin, ki avtocestnega priključka nimajo (kontrolna skupina). Prednosti metode DID sta predvsem možnost nadzora endogenih vplivov in nepristranskost cenilk, tudi ko posamezne pomembne v času konstantne spremenljivke niso vključene v model (McMillen, 2010; Parmeter in Pope, 2013).

Rezultati modeliranja po metodi DID so veljavni le ob upoštevanju temeljne predpostavke modela DID, to je predpostavke o skupnem trendu pred zunanjo spremembo v obravnavani skupini. Kot navajata Parmeter in Pope (2013), je ključno, da je trend spremembe cen med kontrolno skupino in obravnavano skupino pred spremembo primerljiv ter da je sprememba za lastnika nepremičnine nepričakovana v času. Kot pa še opozarjajo Dubé et al. (2011), je ob pomanjkanju drugih informacij treba predpostaviti, da je vpliv zunanjih dejavnikov v času nespremenljiv (predpostavka o nespremenljivosti zunanjih dejavnikov v času).

Veljavnost predpostavke o skupnem trendu v prodajni ceni stanovanj pred izgradnjo avtoceste v obravnavani in kontrolni skupini občin lahko vizualno preverimo na sliki 2a. Razvidno je, da sta skupini občin imeli pred letom 2009 enak trend prodajnih cen, po tem letu lahko opazimo fazni premik funkcije prodajnih cen navzgor v skupini občin, v katerih je bil zgrajen avtocestni priključek.

Strategija gradnje avtocest je zasnovana na dolgoročnih strateških razvojnih načrtih države, ki jih v Sloveniji sprejema državni zbor. Pravna podlaga za gradnjo avtocest v zadnjih dveh desetletjih je nacionalni program za izgradnjo avtocest (Nacionalni program izgradnje avtocest v Republiki Sloveniji – NPJA, 1996), rebalans programa (Spremembe in dopolnitve nacionalnega programa izgradnje avtocest, 1998) in resolucija o nacionalnem programu izgradnje avtocest (Resolucija o Nacionalnem programu izgradnje avtocest v Republiki Sloveniji – ReNPJA, 2004). Tako sta potek trase in dinamika gradnje avtoceste poznana vnaprej. Predpostavki o nepričakovanosti spremembe v času lahko zadostimo samo z upoštevanjem časa napovedi gradnje (sprejetja plana/programa izgradnje) kot časa spremembe. Čeprav nekatere študije (npr. Ahlfeldt, 2013; Agostini in Palmanucci, 2008; Gibbons in Machin, 2005) proučujejo tudi vpliv napovedi gradnje na vrednost nepremičnin – rezultati teh študij se sicer precej razlikujejo, pa se v našem primeru nismo odločili za takšen pristop. Razlogov je več: korist (boljša dostopnost) za uporabnike avtoceste nastane, ko je avtocesta odprta – enako velja za hrup in onesnaženje zraka, ob najavi gradnje je odziv trga odvisen od informiranosti trga (podatki o informiranosti trga niso dostopni) in ne nazadnje, ker gre za dolgoročne načrte, se predvidene trase, terminski plani in prioritete večkrat spremenijo. Tako je tako rekoč nemogoče vedeti vnaprej, kdaj bo avtocesta zares zgrajena in bo po njej stekel promet.

Nekatere obravnavane občine v severovzhodnem delu Slovenije so po površini majhne (najmanjša občina Odranci ima samo 6,93 km², največja Moravske Toplice pa 144,46 km²), avtocestni priključki

pa ponekod stojijo v neposredni bližini sosednjih občin. Mogoč vpliv avtocestnih priključkov na ceno stanovanj v sosednjih občinah smo zajeli s prostorsko metodo DID (angl. *spatial difference-in-differences* – SDID). Na uporabo metode SDID naletimo predvsem v novejših raziskavah. Tako sta na primer Heckert in Mennis (2012) s takšnim pristopom ocenjevala vpliv bližine zelenih površin na vrednost stanovanjskih nepremičnin v Philadelphiji v ZDA. Sanuk in Madlener (2016) sta proučevala vidni vpliv vetrnih elektrarn na vrednost stanovanjskih nepremičnin. Dube et al. (2014) pa so proučevali vpliv bližine postajališč javnega potniškega prevoza na vrednost stanovanjskih objektov v Montrealu v Kanadi. Kanadski avtorji so v DID- in SDID-model ocene vpliva bližine sistema javnega potniškega prometa na vrednost enodružinskih hiš vključili le spremenljivke, s katerimi se meri dostopnost (z avtomobilom in peš) do postajališč (Dube et al., 2014).

Vpliv avtoceste na ceno stanovanj smo proučevali z dvema pristopoma, pri čemer je v vsakem različno upoštevan prostorski učinek. Prvi pristop je splošno uveljavljen regresijski model, pri katerem se v okviru opredelitve modela DID upošteva prostorska soodvisnost z uporabo slamnatih spremenljivk za posamezno prostorsko enoto (angl. *fixed effect dummy variable* – v nadaljevanju: prostorski OLS_FE). Slamnate spremenljivke zajamejo prostorsko heterogenost in soodvisnost, z opredelitvijo DID pa se odpravi težava nepristranskosti cenilk, ki bi se lahko pojavila zaradi zanemarjanja pomembnih spremenljivk, ki vplivajo na ceno nepremičnin (enačba 1). V drugem pristopu smo uporabili opredelitev DID prostorskega Durbinovega modela (SDM), ki neposredno upošteva prostorsko soodvisnost. Podobno kot prejšnja opredelitev modela tudi prostorski Durbinov model zajame vpliv izpuščenih spremenljivk (na primer lastnosti prodanih nepremičnin in lastnosti soseske) ter njihovo spreminjanje v prostoru (LeSage in Pace, 2009). Zaradi upoštevanja prostorskega zamika v odvisni in neodvisnih spremenljivkah pa postane SDM še posebno ustrezen za modeliranje prostorskega razlitja na globalni ravni (LeSage, 2014). SDM je splošen in robusten model, ki ga lahko poenostavimo v model SAR ali model SEM (LeSage in Pace, 2009).

Pri uporabi longitudinalnih podatkov z več prostorskimi enotami in več časovnimi periodami uporabimo posplošeno obliko pristopa DID (Autor, 2003; Hansen, 2007; Imbens in Wooldridge, 2009):

$$\ln(cena) = \sum_{t=1}^T \beta_t \cdot 1_{T_i=t} + \sum_{i=1}^I \gamma_i \cdot 1_{I_i=i} + \delta \cdot D_{it} + \beta_2 \cdot X_{it} + \varepsilon_{it}, \quad (1)$$

kjer je i indeks prostorskih enot (v našem primeru 55 analiziranih občin), $i = 1, \dots, I$, in t indeks časovnih period (v našem primeru leta v obdobju 2003–2015), $t = 1, \dots, T$. $\ln(cena_{it})$ je logaritem povprečne cene kvadratnega metra stanovanja v i -ti občini v času t , koeficient β_t predstavlja časovni stalni učinek v času t , koeficient γ_i predstavlja prostorski stalni učinek časovno nespremenljivih komponent v i -ti občini, D_{it} ($D_{it} = T_{it} \times AC_{it}$) pa slamnato spremenljivko, ki ima vrednost ena, če nepremičnine stojijo v občini, v kateri je bil zgrajen avtocestni priključek, in so bile prodane po njegovi izgradnji. V takšni opredelitvi modela koeficient δ (koeficient DID) meri moč vpliva avtoceste na ceno stanovanj, β_2 je koeficient, ki meri vpliv drugih strukturnih spremenljivk, vključenih v model, ε_{it} pa predstavlja napako.

V primeru, kakršen je naš, ko se ne moremo opirati na rezultate predhodnih raziskav na tem področju v Sloveniji in sumimo, da obstaja prostorska soodvisnost v odvisnih in neodvisnih spremenljivkah ter v napaki (na ceno stanovanj v občini vpliva cena stanovanj v sosednjih občinah, ponudba novozgrajenih stanovanj v sosednjih občinah ter druge neupoštevane značilnosti sosednjih občin, ki povzročijo prostor-

sko korelacijo napake), je splošna praksa testirati tri modele (Anselin et al., 1996), in sicer SAR, SEM ter SDM, oziroma najprej opredeliti model SDM in s statističnim testom testirati njegovo primernost. Prostorski Durbin model (enačba 2) poenostavimo v model SEM, če velja $\theta = -\delta\rho = -\beta_2\rho$, in v SAR, ko je $\theta = 0$ in $\rho \neq 0$ (LeSage in Pace, 2009; Elhorst, 2010).

$$\ln(cena_{it}) = \rho \sum_{j=1}^N W_{ij} \ln(cena_{it}) + \delta \cdot D_{it} + \beta_2 \cdot X_{it} + \theta \sum_{j=1}^N W_{ij} (D_{it} + X_{it}) + \sum_{t=1}^T \beta_t \cdot 1_{T_t=t} + \mu_{it} + \varepsilon_{it}, \quad (2)$$

kjer W predstavlja po vrsticah standardizirano prostorsko matriko uteži dimenzije $N \times N$,² elementi matrike W_{ij} zavzemajo vrednosti posameznih vrstic i in stolpcev j (sosednjih občin i). Koeficient ρ meri vpliv cene stanovanja v sosodnjih občinah na ceno stanovanj v občini i , koeficient θ meri prostorski vpliv avtocestnih priključkov in drugih neodvisnih spremenljivk v sosodnjih občinah na ceno stanovanj v i -ti občini, μ_{it} pa predstavlja poseben prostorski vpliv. Ostale spremenljivke in koeficienti so enaki kot v enačbi 1.

Za modeliranje smo uporabili uporabniško napisano kodo *xsmle* (Belotti et al., 2016) v programskem paketu *Stata 13* (*Stata corp*), pri kateri se za oceno statističnih parametrov v prostorskih modelih uporablja metoda največjega verjetja. V hedonskem modelu cen je običajna praksa izraziti pojasnjeno spremenljivko z logaritmom – več o tem v Malpezzi (2008), razlaga koeficientov pa je odvisna od oblike izraženosti pojasnjevalnih spremenljivk. Če je pojasnjevalna spremenljivka izražena z logaritmom (log-log funkcija), koeficient razlagamo kot elastičnost, če pojasnjevalna spremenljivka ni transformirana (log-level funkcijska zveza), pa kot semi-elastičnost. Za pravilno razlago koeficientov slamanatih spremenljivk moramo le-te transformirati ($e^{\beta_i} - 1$).

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

V prvem koraku modeliranja smo opredelili prostorski model DID vrednosti stanovanj s slamanatimi spremenljivkami (prostorski OLS_FE; FE – angl. *fixed effect*) in testirali prisotnost prostorske korelacije v ostankih. Rezultat je prikazan v prvem stolpcu preglednice 2.³ Kot je razvidno, je vrednost Moranovega indeksa I močno statistično značilna, kar, kljub vključitvi slamanatih spremenljivk za posamezne prostorske enote, nakazuje močno prostorsko korelacijo v ostankih. Sledila je opredelitev prostorskega Durbin modela s stalnim učinkom (SDM_FE), rezultati so prikazani v drugem stolpcu preglednice 2. Model SDM_FE je bolje zajel prostorsko soodvisnost, to se kaže tudi v statistično neznačilnem Moranovem indeksu I korelacije ostankov. Hausmanov test primerjave modela SDM s stalnim učinkom, SDM_FE, z modelom SDM s slučajnim učinkom je izkazal večjo primernost uporabe modela s stalnim učinkom ($\chi^2 = 23,73$; $P < 0,0001$). Tudi vsebinsko je model s prostorskim stalnim učinkom primernejši za analizo naših podatkov, saj vzorec prodaj nepremičnin ni bil naključno zajet, ampak obsega vse transakcije (celotno populacijo) v obravnavanem časovnem obdobju. Možnost poenostavitve prostorskega Durbin modela v SAR ali SEM smo testirali z Waldovim testom. Oba testa, $H_0: \theta = -\delta\rho = -\beta_2\rho$ ($\chi^2_{(SDM \text{ vs } SEM)} = 35,57$; $P < 0,0001$) in $H_0: \theta = 0$ ($\chi^2_{(SDM \text{ vs } SAR)} = 53,13$; $P < 0,0001$), sta zavrnila ničelni hipotezi in pokazala, da je v tem primeru najučinkovitejši prostorski Durbin model. To sta potrdila tudi testa LR

² Matrika je ocenjena po načelu kraljičinega sosedstva (angl. *queen contiguity*), to je z upoštevanjem vseh sosodnjih občin, tudi če se stikajo le v eni točki. Takšna ocena matrike se nam je zdela primerna predvsem zaradi narave podatkov in velikosti prostorskih enot. Predpostavljamo namreč, da se na območju, kjer nimamo velikih gospodarskih središč, vpliv posameznih občin širi predvsem na bližnje sosodne občine. Prav tako nekateri avtorji (npr. Stakhovych in Bijmolt (2009), LeSage (1999)) ugotavljajo, da so prostorski modeli, pri katerih se uporabljajo enostavne matrike sosedstva, v povprečju učinkovitejši.

³ Koeficienti prostorskih slamanatih spremenljivk niso prikazani v preglednici 2 in so dostopni pri avtorjih.

(angl. *log-likelihood ratio tests*); modela SAR in SEM sta testa zavrnila v korist SDM (rezultat v preglednici 2). V preglednici 2 so poleg rezultatov izhodiščnega modela in končnega modela SDM prikazani še rezultati modelov SEM in SAR s stalnim učinkom, SEM_FE in SAR_FE. Primerjava parametrov in diagnostike vseh štirih modelov omogoča nazoren pregled postopka izbire najustrežnejšega modela. V spodnjem delu preglednice je poleg vrednosti R^2 in vrednosti log-likelihood prikazana še vrednost AIC (angl. *Akaike information criterion*), ki ima najmanjšo vrednost pri SDM.

Statistično značilen Waldov test $H_0: \theta = 0$ nakazuje na prisotnost prostorske soodvisnosti med pojasnjevalnimi spremenljivkami. Statistično značilen je tudi parameter prostorske odvisnosti v napaki (angl. *error term*) $\lambda = 0,393$ v opredelitvi modela SEM, ki je predvsem posledica vključitve majhnega števila spremenljivk v model. Takšen rezultat nakazuje na možnost opredelitve še splošnejšega modela, tako imenovanega kombiniranega prostorskega avtokorelacijskega modela (angl. *spatial autocorrelation combined* – SAC/SARAR), ki upošteva prostorski zamik v pojasnjeni spremenljivki in prostorski zamik v napaki (več o tem v LeSage in Pace, 2009). V naši raziskavi smo opredelili tudi model SAC/SARAR, vendar rezultatov tega modela ne prikazujemo posebej (na zahtevo so dostopni pri avtorjih). Razloga za to sta dva: kot prvo je vrednost AIC izkazala slabše prilaganje modela SAC/SARAR podatkom, drugi razlog pa je statistično neznačilna vrednost Moranovega indeksa I avtokorelacije ostankov modela SDM_FE. Zaradi zgoraj navedenih rezultatov diagnostičnih testov in njegovih lastnosti (nepriustranskost koeficientov v primeru izpuščenih spremenljivk in prisotnosti prostorske heterogenosti) smo izbrali model SDM kot najustrežnejše opredeljen model.

V nadaljevanju se bomo osredotočili le na komentiranje prostorskega Durbin modela (SDM_FE). Treba je poudariti, da smo nizko vrednost deleža pojasnjene variance R^2 pričakovali. Namen naše raziskave ni podati pregled vseh dejavnikov, ki vplivajo na ceno stanovanj, in oceniti njihov vpliv, ampak je osredotočena na razlago vpliva izgradnje avtocest na spremembo v ceni stanovanj.

V modelu SDM je prostorski avtoregresivni koeficient ρ (0,329) statistično značilno različen od nič pri 1-odstotni stopnji tveganja, kar jasno kaže na zunanjo prostorsko interakcijo. Koeficient ρ meri prostorsko soodvisnost v odvisni spremenljivki in v našem primeru kaže na močno prostorsko soodvisnost cen stanovanj med občinami oziroma na prostorsko razlitje cen stanovanj v sosednje občine.

V prostorskem Durbin modelu sta koeficienta slamnate spremenljivke D , ki meri vpliv izgradnje avtocest, in spremenljivke novozgrajenih stanovanj v predhodnem letu (*nov_stan*) pozitivna in statistično značilna pri 5-odstotni oziroma 1-odstotni stopnji tveganja. Koeficienta bruto povprečne plače in gostote prebivalcev pa sta statistično neznačilna. Koeficient prostorskega zamika slamnate spremenljivke Wx_D je statistično neznačilen, kar kaže, da na ceno stanovanj v posamezni občini ne vplivajo avtocestni priključki v sosednjih občinah. Ker gre za občine, ki so imele pred izgradnjo avtoceste slabšo dostopnost do gospodarskih in ekonomskih središč (Drobne in Paliska, 2016), bi pričakovali, da se vpliv izboljšane dostopnosti širi tudi v sosednje občine, ki nimajo svojega priključka na avtocesto, vendar tega rezultati analize niso potrdili. Sklepamo lahko, da je neznačilen rezultat predvsem posledica prostorske ravni proučevanja pojava – občine kljub svoji relativni majhnosti predstavljajo relativno velike prostorske enote. Takšna razlaga bi bila skladna z ugotovitvami nekaterih predhodnih študij, v katerih avtorji opozarjajo na prostorsko omejen in nelinearno padajoč vpliv dostopnosti do avtoceste na ceno nepremičnin. Seo et al. (2014) tako na primer ugotavljajo, da na oddaljenosti, večji od šest kilometrov od avtocestnega priključka, ni več zaznati vpliva avtocestnega priključka na ceno stanovanjskih nepremičnin.

Preglednica 2: Parametri prostorskega modela DID vrednosti stanovanj

	OLS_FE b/se	SDM_FE b/se	SAR_FE b/se	SEM_FE b/se
<i>D</i>	0,112* (0,063)	0,114** (0,057)	0,130** (0,056)	0,137** (0,055)
<i>BPP</i> (log)	0,867*** (0,103)	0,223 (0,145)	0,518*** (0,099)	0,556*** (0,127)
<i>nov_stan</i> (lagged)	0,025*** (0,006)	0,023*** (0,005)	0,022*** (0,005)	0,019*** (0,005)
<i>gostota_preb</i>	0,040*** (0,012)	0,015 (0,011)	0,023** (0,011)	0,014 (0,011)
konstanta	-3,511** (1,468)			
<i>W_xD</i>		-0,118 (-0,117)		
<i>W_xBPP</i> (log)		0,690*** (-0,19)		
<i>W_xnov_stan</i> (lagged)		0,020** (-0,010)		
<i>W_xgostota_preb</i>		0,059*** (-0,02)		
Spatial				
ρ		0,329*** (0,045)	0,394*** (0,042)	
λ				0,393*** (0,046)
<i>N</i>	715,000	715,000	715,000	715,000
<i>R</i> ²	0,134	0,204	0,164	0,128
AIC	420,616	331,691	344,964	360,426
Log-likelihood	-205,308	-155,845	-166,482	-174,213
Residuals Moran <i>I</i>	0,205***	0,083		
Lagrange multiplier (LM) test		238,127***	87,067***	59,808***
Likelihood ratio (LR) test (<i>H</i> 1: SDM)			36,740***	21,270***

Opombe: * p<0,1; ** p<0,05; *** p<0,01; v oklepajih so navedene standardne napake ocen.

Medtem ko večja gostota prebivalstva in višja bruto povprečna plača v posamezni občini nimata statistično značilnega vpliva na ceno stanovanj, sta prostorsko zamaknjena koeficienta obeh spremenljivk pozitivna in statistično značilna pri 1-odstotni stopnji tveganja. To nakazuje, da povečanje gostote prebivalcev in višja bruto povprečna plača v sosednjih občinah pozitivno vplivata na ceno stanovanj. Pozitiven učinek ima tudi število novozgrajenih stanovanj.

Rezultati v preglednici 2 omogočajo le vpogled v interakcijo med posameznimi spremenljivkami in

prostorskimi enotami, za pravilno razlago predznakov in velikosti koeficientov v prostorskem Durbin modelu je treba izračunati neposredni, posredni in skupni učinek (za podrobnosti glej na primer LeSage in Pace, 2009). Spremembo v neodvisni spremenljivki v *i*-ti občini razlagamo kot posredni vpliv na ceno stanovanj v sosednji *i*-ti občini in neposredni vpliv na ceno stanovanj v tej isti *i*-ti občini. Skupni učinek meri skupni kumulativni vpliv spremembe v neodvisni spremenljivki v *i*-ti občini na povprečno ceno stanovanj v vseh ostalih občinah. Rezultati neposrednega, posrednega in skupnega učinka so prikazani v preglednici 3.⁴

Preglednica 3: Neposredni, posredni in skupni učinek v modelu **SDM_FE**

Spremenljivka	Neposredni učinek	Posredni učinek	Skupni učinek
<i>D</i>	0,105* (0,058)	-0,110 (0,168)	-0,004 (0,195)
<i>BPP</i> (log)	0,286** (0,138)	1,071*** (0,217)	1,357*** (0,190)
<i>nov_stan</i> (lagged)	0,025*** (0,005)	0,040*** (0,014)	0,065*** (0,016)
<i>gostota_preb</i>	0,019* (0,011)	0,088*** (0,026)	0,107*** (0,029)

Opombe: * $p < 0,1$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,01$; v oklepajih so navedene standardne napake ocen.

Če se najprej osredotočimo na vrednost koeficienta *D*, lahko razberemo, da je statistično značilen (pri 10-odstotni stopnji tveganja) le koeficient neposrednega učinka. To pokaže, da so se cene kvadratnega metra stanovanj v obravnavani skupini občin (občine, ki so dobile avtocestni priključek) v povprečju relativno dvignile za 11 % v primerjavi s kontrolno skupino občin in da ni prostorskega razlivanja vpliva avtocestnih priključkov v sosednje občine. Povratni učinek med sosednjimi občinami v koeficientu *D* je 0,9 %. Predznak koeficienta *D* je skladen s splošno teorijo in primerljiv z rezultati podobnih študij, v katerih ugotavljajo, da bližina prometne infrastrukture pozitivno vpliva na vrednost nepremičnin, vendar ta vpliv ni linearen. Red velikosti ugotovljenega vpliva je primerljiv z rezultati raziskave avtorjev Efthymiou in Antoniou (2013), ki ugotavljata, da bližina avtoceste (različno po pasovih oddaljenosti) povzroči dvig cene stanovanjskih hiš od 11 % do 17 %, medtem ko so Seo et al. (2014) zaznali dvig cene nepremičnin pod 10 % za različne oddaljenosti od avtocestnega priključka. Do podobnih ugotovitev so prišli tudi Levkovich et al. (2015). Njihovi rezultati kažejo, da boljša dostopnost zaradi gradnje avtocest povzroči skupni dvig cen nepremičnin med 14 % in 16 %. Prvi dve navedeni raziskavi sta v primerjavi z našo raziskavo proučevali vpliv na nižji prostorski ravni in v mestnem okolju, nizozemska raziskava pa proučuje pojav na ravni poštnih okrožij v mešanem okolju.

Glede vpliva novozgrajenih stanovanj v predhodnem letu naši rezultati kažejo, da so vsi trije učinki statistično značilni in pozitivni. Vsako novozgrajeno stanovanje povzroči povprečen dvig cen za 2,5 %, vsako novozgrajeno stanovanje v sosednjih občinah pa za 4 %. Čeprav nas jakost vpliva novozgrajenih stanovanj v sosednjih občinah nekoliko preseneča, lahko takšen rezultat pripišemo značilnostim nepremičninskega trga. Na trg nepremičnin v posamezni občini vplivajo tudi ocene pričakovanih prodajnih cen stanovanj v regiji. Te so odvisne tudi od konjunkturnih gibanj, dejavnikov ponudbe nepremičnin, trga

⁴ Razliko v vrednostih ocenjenih koeficientov v modelu *SDM* med preglednico 2 in preglednico 3 pripišemo učinku endogene interakcije, s katero se izmenično povzroča povratni učinek (LaSage in Pace, 2009).

stanovanj, dinamike kupne moči potencialnih kupcev in njihove nagnjenosti k naložbam v nepremičnine kot oblike alokacije kapitala.

Ugotovimo tudi, da so v občinah z višjo povprečno bruto plačo stanovanja dražja in da na ceno stanovanj vpliva bruto povprečna plača v sosednjih občinah (vpliv je pozitiven in statistično značilen pri 1-odstotni stopnji tveganja). Statistično značilen in pozitiven je tudi vpliv gostote poselitve občin in gostote poselitve v sosednjih občinah. Obe ugotovitvi sta skladni z rezultati predhodnih študij (npr. Mulley et al., 2016; Chen in Haynes, 2015). Občine, v katerih imajo delovno aktivni prebivalci višje prihodke, so praviloma bolj gospodarsko razvite in ponujajo več zaposlitvenih možnosti, kar lahko pritegne delovno silo iz drugih bolj oddaljenih občin. Selivci povprašujejo tudi po stanovanjskih zmogljivostih v sosednjih občinah in tako vplivajo na dvig povprečne cene stanovanja.

5 SKLEP

Osnovni cilj naše raziskave je bil ugotoviti, kako je izgradnja avtocest A4 in A5 v severovzhodni Sloveniji vplivala na ceno prodanih stanovanj. V ta namen je bila uporabljena podatkovna zbirka 4239 registriranih prodaj stanovanj v letih od 2003 do 2015 v 55 slovenskih občinah. Podatke smo analizirali z DID-opredelitvijo prostorskega modela (SDID), ki omogoča primerjavo razlik v ceni stanovanj med občinami, v katerih je bil zgrajen avtocestni priključek, in občinami brez dostopa do avtoceste z upoštevanjem prostorske soodvisnosti. Ocenili smo štiri modele, ti različno obravnavajo dogajanje v prostoru. Rezultati so pokazali, da obstajajo razlike v ocenah koeficientov v različnih opredelitvah modelov. Največje razlike je mogoče opaziti v rezultatih opredelitev klasičnega modela OLS (OLS s stalnim učinkom), ki upošteva prostorski učinek z uporabo slamnatih spremenljivk za posamezne prostorske enote, in prostorskim Durbin modelom (SDM). Prostorski avtoregresivni koeficient ρ ima v modelu SDM relativno visoko vrednost in je močno statistično značilen, kar nakazuje na pristranskost ocene koeficientov v opredelitvi OLS. Slednje je, skupaj s primerjavo vrednosti Moranovega indeksa I med modeloma, tudi dokaz, da so ocene modela SDM bolj konsistentne in da je uporaba prostorskih ekonometričnih modelov primernejša za analizo vpliva dostopnosti do avtoceste na ceno nepremičnin kot uporaba klasičnega modela OLS. Te ugotovitve so skladne z ugotovitvami predhodnih študij; na primer Efthymiou in Antoniou (2013), Seo et al. (2014), Dube et al. (2014).

Rezultati kažejo, da se zaradi avtocestnega priključka v občini cena stanovanj povprečno dvigne za skoraj 11 %. Takšen rezultat je primerljiv z rezultati sorodnih raziskav in potrjuje postavljeno domnevo. Boljša dostopnost do avtoceste prinese koristi predvsem v smislu izboljšanja mobilnosti ljudi in blaga ter zmanjšanja prevoznih stroškov in časa vožnje, za kar so kupci nepremičnin pripravljeni dodatno plačati. Pokazalo se je tudi, da na ceno stanovanj v posamezni občini vpliva cena stanovanj v sosednjih občinah, kar lahko pojasnujemo z značilnostmi povpraševanja po stanovanjih v Sloveniji.

V raziskavi nismo zaznali prostorskega razlitja vpliva avtocestnih priključkov na ceno stanovanj v sosednjih občinah. Takšen rezultat pripisujemo prostorski ravni proučevanja pojava. Za dokazovanje prostorskega razlitja vpliva avtocestnih priključkov na ceno nepremičnin bi potrebovali podatke, agregirane na nižji prostorski ravni, morda na ravni naselij, ali celo na ravni posameznih sosesk ali zgradb. Tako bi lahko dobili natančnejšo oceno oddaljenosti prodanih nepremičnin od avtoceste in bi lahko podrobneje proučili vpliv avtoceste na ceno nepremičnin.

Ugotovitve omogočajo boljše razumevanje oblikovanja in dinamike cen stanovanj na nepremičninskem trgu v pretežno ruralnem okolju in so lahko podlaga za uveljavitev različnih stopenj obdavčitve nepremičnin. Spoznanje, da je vpliv avtoceste prostorsko omejen in da ni širšega prostorskega razlitja vpliva avtoceste med občinami na nepremičninskem trgu, je lahko pomembno za snovanje različnih strategij obdavčitve nepremičnin po posameznih občinah. Kaže namreč, da časovna dostopnost kot mera koristnosti pri uporabnikih ni linearno ovrednotena in po določeni časovni oddaljenosti od avtocestnega priključka kupci niso več pripravljeni plačati višje cene za nepremičnino.

V prihodnje bi lahko rezultate raziskave izboljšali tudi z upoštevanjem nekaterih drugih pomembnih dejavnikov, ki vplivajo na ceno stanovanj (značilnosti nepremičnine, značilnosti soseske in okolja itd.). Ravno tako obstaja možnost razširitve raziskave na ceno gospodarskih objektov in stanovanjskih hiš, s čimer bi pridobili celovito obravnavo vpliva avtoceste na ceno nepremičnin ter primerjavo med urbanim in ruralnim okoljem. Na ravni države lahko že sedaj nova spoznanja uporabimo za pripravo ustreznega instrumenta ekonomske politike, s katerim lahko spodbujamo razvoj v nerazvitih in demografsko ogroženih občinah. To bodo tudi področja naših prihodnjih raziskav.

Literatura in viri

- Agostini, C. A., Palmanucci, G. A. (2008). The anticipated capitalization effect of a new metro line on housing prices. *Fiscal Studies*, 29 (2), 233–256. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1475-5890.2008.00074.x>
- Ahlfeldt, G. M. (2013). If we build it, will they pay? Predicting property price effects of transport innovations. *Environment and Planning A*, 45 (8), 1977–1994. DOI: <https://doi.org/10.1068/a45429>
- Andersson, H., Jonsson, L., Ögren, M. (2010). Property Prices and exposure to multiple noise sources: Hedonic regression with road and railway noise. *Environmental and Resource Economics*, 45 (1), 73–89. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10640-009-9306-4>
- Anselin, L. (1988). Lagrange multiplier test diagnostics for spatial dependence and spatial heterogeneity. *Geographical Analysis*, 20 (1), 1–17. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1988.tb00159.x>
- Anselin, L., Arribas-Bel, D. (2013). Spatial fixed effects and spatial dependence in a single cross-section. *Papers in Regional Science*, 92 (1), 3–17. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1435-5957.2012.00480.x>
- Anselin, L., Bera, A. K., Florax, R., Yoon, M. J. (1996). Simple diagnostic tests for spatial dependence. *Regional Science and Urban Economics*, 26 (1), 77–104. DOI: [https://doi.org/10.1016/0166-0462\(95\)00211-6](https://doi.org/10.1016/0166-0462(95)00211-6)
- Autor, D. H. (2003). Outsourcing at will: The contribution of unjust dismissal doctrine to the growth of employment outsourcing. *Journal of Labor Economics*, 21 (1), 1–42. DOI: <https://doi.org/10.1086/344122>
- Baltagi, B. H. (2001). *A Companion to Theoretical Econometrics*. Malden, USA: John Wiley & Sons.
- Barros, N., Fontes, T., Silva, M. P., Manso, M. C. (2013). How wide should be the adjacent area to an urban motorway to prevent potential health impacts from traffic emissions? *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 50, 113–128. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2013.01.021>
- Belotti, F., Hughes, G., Mortari, A. P. (2016). XSMLE: Stata module for spatial panel data models estimation. Boston College Department of Economics. <https://ideas.repec.org/c/boc/bocode/s457610.html>, pridobljeno 25. 2. 2017.
- Bertrand, M., Duflo, E., Mullainathan, S. (2004). How much should we trust Differences-In-Differences estimates? *The Quarterly Journal of Economics*, 119 (1), 249–275. DOI: <https://doi.org/10.1162/003353504772839588>
- Champ, P. A., Boyle, K., Brown, T. C. (2003). *A Primer on Non-Market Valuation, The Economics of Non-Market Goods and Services*. Dordrecht: Kluwer Academic Press.
- Chen, Z., Haynes, K. E. (2015). Impact of high speed rail on housing values: an observation from the Beijing–Shanghai line. *Journal of Transport Geography*, 43, 91–100. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.01.012>
- Dora, C., Phillips, M. (ur.) (2000). *Transport, Environment and Health* (Let. 89). Copenhagen, Denmark: WHO Regional Office Europe.
- Drobne, S., Paliska, D. (2016). Average transport accessibility of the Slovenian municipalities to the nearest motorway or expressway access point. *Geodetski vestnik*, 59 (3), 486–519. DOI: <http://dx.doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2015.03.486-519>
- Dubé, J., Legros, D., Thériault, M., Des Rosiers, F. (2014). A spatial Difference-in-Differences estimator to evaluate the effect of change in public mass transit systems on house prices. *Transportation Research Part B: Methodological*, 64, 24–40. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trb.2014.02.007>
- Dubé, J., Rosiers, F. D., Thériault, M. (2011). Segmentation spatiale et choix de la forme fonctionnelle en modélisation hédonique, Spatial segmentation and choice of a functional form for hedonic price modelling. *Revue d'Économie Régionale & Urbaine*, février (1), 9–37. DOI: <https://doi.org/10.3917/reru.111.0009>
- Efthymiou, D., Antoniou, C. (2013). How do transport infrastructure and policies affect house prices and rents? Evidence from Athens, Greece. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 52, 1–22.

- DOL: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2013.04.002>
- Elhorst, J. P. (2010). Applied spatial econometrics: raising the bar. *Spatial Economic Analysis*, 5 (1), 9–28. DOI: <https://doi.org/10.1080/17421770903541772>
- Gibbons, S., Machin, S. (2005). Valuing rail access using transport innovations. *Journal of urban economics* 57 (1), 148–169. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jue.2004.10.002>
- Giuliano, G., Gordon, P., Pan, Q., Park, J. (2010). Accessibility and residential land values: some tests with new measures. *Urban Studies*, 47 (14), 3103–3130. DOI: <https://doi.org/10.1177/0042098009359949>
- Hamersma, M., Tillema, T., Sussman, J., Arts, J. (2014). Residential satisfaction close to highways: The impact of accessibility, nuisances and highway adjustment projects. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 59, 106–121. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2013.11.004>
- Hansen, C. B. (2007). Generalized least squares inference in panel and multilevel models with serial correlation and fixed effects. *Journal of Econometrics*, 140 (2), 670–694. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2006.07.011>
- Heckert, M., Mennis, J. (2012). The Economic impact of greening urban vacant land: a spatial difference-in-differences analysis. *Environment and Planning A*, 44 (12), 3010–3027. DOI: <https://doi.org/10.1068/a4595>
- Hess, D. B., Almeida, T. M. (2007). Impact of Proximity to light rail rapid transit on station-area property values in Buffalo, New York. *Urban Studies*, 44 (5–6), 1041–1068. DOI: <https://doi.org/10.1080/00420980701256005>
- Huang, W. (1994). The effects of transportation infrastructure on nearby property values: A review of the literature. Institute of Urban and Regional Development: Berkeley, CA.
- Imbens, G. W., Wooldridge, J. M. (2009). Recent developments in the econometrics of program evaluation. *Journal of economic literature*, 47 (1), 5–86.
- Julien, B., Lanoie, P. (2008). The effect of noise barriers on the market value of adjacent residential properties. *Appraisal Journal*, 76 (4), 316–327. <http://www.freepatentsonline.com/article/Appraisal-Journal/191476448.html>, pridobljeno 25. 3. 2017.
- Kilpatrick, J., Throupe, R., Carruthers, J., Krause, A. (2007). The impact of transit corridors on residential property values. *Journal of Real Estate Research*, 29 (3), 303–320. DOI: <https://doi.org/10.5555/rees.29.3.lg5hq60530884755>
- Kim, K. S., Park, S. J., Kweon, Y.-J. (2007). Highway traffic noise effects on land price in an urban area. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 12 (4), 275–280. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2007.03.002>
- Kuminoff, N. V., Parmeter, C. F., Pope, J. C. (2010). Which hedonic models can we trust to recover the marginal willingness to pay for environmental amenities? *Journal of Environmental Economics and Management*, 60 (3), 145–160. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2010.06.001>
- LeSage, J. P. (1999). *The Theory and Practice of Spatial Econometrics*. Toledo: Department of Economics, University of Toledo.
- LeSage, J. P. (2014). What Regional Scientists Need to Know About Spatial Econometrics (SSRN Scholarly Paper No. ID 2420725). Rochester, NY: Social Science Research Network. <https://papers.ssrn.com/abstract=2420725>, pridobljeno 6. 1. 2017.
- LeSage, J. P., Pace, R. K. (2009). *Introduction to Spatial Econometrics*. Boca Raton, USA: Taylor & Francis.
- Levkovich, O., Rouwendal, J., van Marwijk, R. (2016). The effects of highway development on housing prices. *Transportation*, 43, 379–405. DOI 10.1007/s11116-015-9580-7
- Li, W., Saphores, J. D. (2012). Assessing impacts of freeway truck traffic on residential property values. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2288, 48–56. DOI: <https://doi.org/10.3141/2288-06>
- Malpezzi, S. (2008). Hedonic pricing models: a selective and applied review. V: O'Sullivan (ur.), K. Gibb (ur.), *Housing Economics and Public Policy*, Blackwell Science, Oxford, str. 67–89.
- McMillen, D. P. (2010). Issues in spatial data analysis. *Journal of Regional Science*, 50 (1), 119–141. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-9787.2009.00656.x>
- Mohammad, S. I., Graham, D. J., Melo, P. C. (2017). The effect of the Dubai metro on the value of residential and commercial properties. *Journal of Transport and Land Use*, 10 (1), 263–290. DOI: <https://doi.org/10.5198/jtlu.2015.750>
- Mohammad, S. I., Graham, D. J., Melo, P. C., Anderson, R. J. (2013). A meta-analysis of the impact of rail projects on land and property values. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 50, 158–170. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2013.01.013>
- Mulley, C., Ma, L., Clifton, G., Yen, B., Burke, M., (2016). Residential property value impacts of proximity to transport infrastructure: an investigation of bus rapid transit and heavy rail networks in Brisbane, Australia. *J. Transp. Geogr.*, 54 (2016), str. 41–52, 10.1016/j.jtrangeo.2016.05.010
- Nacionalni program izgradnje avtocest v Republiki Sloveniji (NPJA) (1996). <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/9350>, pridobljeno 29. 5. 2017.
- Parmeter, C. F., Pope, J. C. (2013). Quasi-Experiments and hedonic property value methods. V: J. A. List (ur.), M. K. Price (ur.), *Handbook of Experimental Economics and the Environment*. Northampton, MA: Edward Elgar Publishing. <https://papers.ssrn.com/abstract=1283705>, pridobljeno 25. 3. 2017.
- Picard, N., Antoniou, C., de Palma, A. (2010). *Econometric Models*. SustainCity.
- Poulos, C., Smith, V. K. (2002). Measuring the disamenity impacts of interstate highways. 2002 World Congress of Environmental and Resource Economists, str. 187. <http://econweb.ucsd.edu/~carsonvs/Files/abstracts.pdf>, pridobljeno 6. 1. 2016.
- Resolucija o Nacionalnem programu izgradnje avtocest v Republiki Sloveniji (ReNPJA) (2004). <https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/49032>, pridobljeno 11. 11. 2015.
- Rosen, S. (1974). Hedonic prices and implicit markets: product differentiation in pure competition. *Journal of Political Economy*, 82 (1), 34–55. DOI: <https://doi.org/10.1086/260169>
- Sanuk, Y., Madlener, R. (2016). The impact of wind farm visibility on property values: A spatial-difference-in-differences analysis. *Energy Economics* 55, 79–91.
- Seo, K., Golub, A., Kuby, M. (2014). Combined impacts of highways and light rail transit on residential property values: a spatial hedonic price model for Phoenix, Arizona. *Journal of Transport Geography*, 41, 53–62. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2014.08.003>

Spremembe in dopolnitve nacionalnega programa izgradnje avtocest (1998).
<https://www.uradni-list.si/glasilo-uradni-list-rs/vsebina/1998-01-1800?top=1998-01-1800>, pridobljeno 15. 8. 2017.

Won Kim, C., Phipps, T. T., Anselin, L. (2003). Measuring the benefits of air quality improvement: a spatial hedonic approach. *Journal of Environmental Economics and Management*, 45 (1), 24–39.
 DOI: [https://doi.org/10.1016/S0095-0696\(02\)00013-X](https://doi.org/10.1016/S0095-0696(02)00013-X)



Paliska D, Fabjan D., Vodopivec R., Drobne S. (2018). Vpliv izgradnje avtocest in hitrih cest na ceno stanovanj v severovzhodni Sloveniji. *Geodetski vestnik*, 62 (2), 218–234. DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2018.02.218-234

Doc. dr. Dejan Paliska, univ. dipl. inž. tehn. prom.

Univerza na Primorskem, Fakulteta za turistične študije – Turistica
 Obala 11a, SI-6320 Portorož, Slovenija
 e-naslov: dejan.paliska1@gmail.com

Viš. pred. mag. Daša Fabjan, univ. dipl. inž. tehn. prom.

Univerza na Primorskem, Fakulteta za turistične študije – Turistica
 Obala 11a, SI-6320 Portorož, Slovenija
 e-naslov: dasa.fabjan@fts.upr.si

Prof. dr. Robert Vodopivec

Mediterranski inštitut za sodobne študije, MEDIFAS
 Primorski tehnološki park, Mejni prehod 6, SI-5290 Šempeter pri Gorici
 e-naslov: vodopive.robert@siol.net

Doc. dr. Samo Drobne, univ. dipl. inž. geod.

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
 Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija
 e-naslov: samo.drobne@fgg.uni-lj.si

ODMERJANJE ODŠKODNIN ZA POŠKODBE KMETIJSKIH ZEMLJIŠČ OB NJIHOVI ZAČASNI ZASEDENOSTI

COMPENSATION FOR SOIL DEGRADATION AFTER EASEMENT OF AGRICULTURAL LAND FOR A FIXED PERIOD

Helena Grčman, Vesna Zupanc

UDK: 368.025.8:63:711

Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01

Prispelo: 2. 1. 2018

Sprejeto: 15. 5. 2018

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2018.02.235-248

SCIENTIFIC ARTICLE

Received: 2. 1. 2018

Accepted: 15. 5. 2018

IZVLEČEK

Začasna uporaba kmetijskih zemljišč za različne gradbene in druge nezemeljske namene lahko vpliva na lastnosti tal ter začasno ali celo trajno poslabša njihovo rodovitnost. Obseg vpliva na tla je odvisen od namena in načina začasne uporabe med služnostjo v javno dobro. V pogodbi o ustanovitvi služnosti se določi, da bo nepremičnina vrnjena v prvotnem stanju, pri čemer slednje praviloma ni dovolj natančno opredeljeno, javne podatkovne baze pa ne vsebujejo ustreznih podatkov. Če kmetijsko zemljišče ni vrnjeno v stanju, v kakršnem je bilo dano v najem, ga je treba ustrezno sanirati, kar je povezano s stroški in časom. V dosedANJI praksi to večinoma bremeni lastnika oziroma uporabnika kmetijskega zemljišča, ki posledično utrpi večletni izpad ali zmanjšanje pridelka. V skrajnih primerih lastnik opusti kmetijsko pridelavo, kar običajno vodi v zaraščanje ali razrast invazivnih rastlin in degradacijo kmetijske krajine. Poleg oškodovanja lastnika je spremenjena vrednost nepremičnine ovira pri prostorsko ureditvenih operacijah, kot so komasacije, ki se lahko izvajajo ob umeščanju infrastrukturnih objektov v prostor. V prispevku obravnavamo pravne podlage za odmero odškodnin in praktične primere začasne zasedenosti kmetijskih zemljišč, njihov vpliv na rodovitnost tal in načine rekultivacije kot podlago za odmerjanje odškodnin.

KLJUČNE BESEDE

urejanje prostora, začasna uporaba, namenska raba, kmetijska zemljišča, odškodnine, boniteta

ABSTRACT

Easement of agricultural land for a fixed period for various construction and other non-agricultural purposes can influence soil quality, temporary decreases fertility or even permanently changes the value of the property. The scope of the influence on the soil depends on the purpose and type of fixed period easement in public benefit. The contract for an easement in public benefit defines the return of the estate in the original state, without an inventory of the original state, while public database information is lacking or unavailable. If the property, in this case agricultural land, is not returned in the same state as prior the easement, it has to be suitably restored, which is connected with time and costs. Under current practices, this falls on the proprietor or user of the agricultural land, who consequently suffers multiannual yield decrease or total yield loss. In severe cases, proprietors halt agricultural land use, which leads to overgrowing, the spread of invasive plant species and general cultural land degradation. In addition to curtailing of proprietor, changed land value hinders agricultural land operations, such as land consolidation, that could be implemented when developing infrastructure. The article reviews legislation covering compensation for easement of agricultural land for a fixed period and the influence of various fixed period easement cases on soil quality and offers methods of rehabilitation as basis for determination of compensation for fixed period easement.

KEY WORDS

landscape planning, fixed period easement, planned land use, agricultural land, compensation, land rating value

1 UVOD

Uporabnost kmetijskih zemljišč je zelo široka ter vpeta v tako rekoč vse sektorje prostorske rabe (Willemen et al., 2008; Montanarella, 2015), saj so v tleh pod vrhnjim, rodovitnim slojem lahko mineralne surovine, ki so zanimive za gospodarske panoge (Malucelli et al., 2014; Montanarella, 2015; Montanarella in Panagos, 2015), prostor se uporablja za turistične in rekreativne dejavnosti (Mastronardi et al., 2017). Najbolj pereč proces spreminjanja rabe zemljišč je urbanizacija, zaradi katere smo v Evropi med letoma 1990 in 2000 izgubili 1000 km² letno. Po ocenah Skupnega raziskovalnega središča EU (JRC) je 19 članic EU med letoma 1990 in 2006 izgubilo obseg zemljišč z zmožnostjo pridelave 6 milijonov ton pšenice (European Commission, 2012). Kljub dejstvu, da evropska direktiva za tla ni bila sprejeta (Montanarella, 2015), so smernice za varovanje kmetijskih zemljišč v Evropi vse aktualnejše (Sietz et al., 2017). Pri celostnem urejanju prostora naj bi upoštevali načela in cilje trajnostnega razvoja ter ničelne degradacije tal (SDG 15.3, Sietz et al., 2017). Varovanje kmetijskih zemljišč je osrednja tema novega Zakona o kmetijskih zemljiščih (Uradni list RS, št. 71/2011, 58/2012, 27/2016 in 27/2017), ki predvideva vzpostavitev trajno varovanih kmetijskih zemljišč, za katera je bil v letu 2017 sprejet Pravilnik o podrobnejših pogojih za njihovo določitev (Uradni list RS, št. 55/2017) (Seidl in Golobič, 2015).

Posegi v prostor, kot so izgradnja gospodarske in prometne infrastrukture, poleg trajne spremembe rabe kmetijskih zemljišč (Hendricks in Lisec, 2014) pogosto zahtevajo tudi njihovo začasno uporabo. Sosednja kmetijska zemljišča med izvajanjem gradbenih del omogočajo različne služnostne namene, kot so deponije in dovozne poti. Po koncu začasne rabe kmetijskih zemljišč želi država, skladno z občinskimi prostorskimi načrti, spet vzpostaviti razmere za kmetijsko rabo ter s smotrnim urejanjem prostora blažiti vpliv pozidav na zmanjševanje obsega kmetijskih zemljišč. Degradirana območja sicer lahko preuredimo v funkcionalne enote (Krajnik et al., 2017) ob urbanih središčih. Na degradiranem območju znotraj kmetijskega prostora pa nastopi nezaželena fragmentacija, ki je v slovenskem prostoru že zelo velika (Hladnik, 2005).

Narava začasne rabe po njenem izteku vpliva na izhodiščne razmere za vnovično vzpostavitev kmetijske rabe. Začasna raba lahko pomeni točkovno zasedenost (manjši del parcele), linijsko zasedenost (transportna pot) ali zasedenost na celotni površini zemljišča (površinski kop, nadvišanje). Pri tem se lahko spremeni kakovost tal zaradi mehanskih obremenitev, zaradi posega v profil tal, odstranitve rodovitnega sloja tal, navoza alohtonega materiala in različnih gradbenih odpadkov. Spremeni (zmanjša) se lahko vrednost kmetijskega zemljišča. Rekultivacija degradiranih kmetijskih zemljišč je povezana z večletnim izpadom pridelka in stroški za sanacijo, kar je v dosedanji praksi večinoma bremenilo lastnika oziroma uporabnika kmetijskega zemljišča.

Odmera najemnine ali nadomestila za začasno uporabo kmetijskega zemljišča v nezemeljske namene izhaja iz odškodnin in je opredeljena v Zakonu o urejanju prostora (Uradni list RS, št. 61/2017 – ZUreP-2). Pri začasnih uporabi se v praksi največkrat sklene pogodba o ustanovitvi služnosti, v kateri se za višino odškodnine upošteva pavšalno določen znesek za izpad pričakovanega pridelka v času služnosti. Kratkoročna služnost v nezemeljske namene ima pogosto srednjeročne ali celo dolgoročne posledice za rodovitnost tal. Težava nastopi, ker posledice začasne rabe v pogodbi med nosilcem začasne uporabe oziroma služnostnim upravičencem in lastniki kmetijskega zemljišča niso ustrezno opredeljene oziroma obravnavane. Sistem odmere odškodnin za obdobje po končani začasni zasedenosti do ponovne vzpostavitve rodovitnosti

tal, ki lahko traja več let, ni urejen. V pogodbi o ustanovitvi služnosti je navedena le vrnitev v prvotno stanje zemljišča. V praksi največkrat uporabljeni izračun (Zupanc et al., 2016) pogosto ni v skladu z razmerami na zemljiščih, ki bi potrebovala daljše obdobje rehabilitacije oziroma rekultivacije, vključno z rabo posevkov, ki so posejani z izključnim namenom izboljševanja talnih lastnosti. Ti praviloma ostanejo na njivi, zato njihova pridelava ni namenjena neposrednemu zagotavljanju dohodka (Krümmelbein et al., 2010; Krümmelbein in Raab, 2012). Izkušnje iz prakse kažejo, da je večinoma treba ločiti obdobje služnosti ter obdobje rekultivacije in da je obakrat treba postaviti jasna merila za odmero odškodnine.

Zaradi izostanka enotne metodologije za izračun odškodnin in nedorečenosti zahtev poznejših uporabnikov kmetijskih zemljišč se v praksi pojavljajo nesoglasja med investitorji (služnostnimi upravičenci) in lastniki oziroma poznejšimi uporabniki kmetijskih zemljišč. Pri pravnem reševanju konfliktov nastajajo veliki stroški in se izgublja produktivni čas, hkrati se povečuje negativen odnos lokalne javnosti do večjih investicijskih projektov. Vse težje je doseči ustrezen konsenz lokalne skupnosti. Negativen odnos se odraža tudi pri drugih postopkih ureditve prostora, kot so komasacije (Lisec et al., 2012; Branković et al., 2015).

Neustrezno izvedena rekultivacija oziroma prekratko opredeljeno obdobje, da se spet vzpostavi rodovitnost zemljišča, vodi do degradacije tal in posledično opuščanja kmetijske rabe, zaraščanja kmetijskih zemljišč z gozdom ali invazivnimi vrstami (Terres et al., 2015; Robledano-Aymerich et al., 2014) in v skrajnih primerih do degradacije krajine (Breg Valjavec et al., 2007). Zaradi neizenačene kakovosti tal oziroma nizke kakovosti tal (Branković et al., 2015; Grčman et al., 2017) je otežena izvedba komasacij, čeprav večina državnih uredb o lokacijskih načrtih za gradnjo infrastrukturnih objektov predvideva komasacije na stroške investitorja (Triglav, 2008) kot ukrep za zmanjšanje fragmentacije v prostoru (Lisec in Prosen, 2008; Lisec et al., 2014).

V prispevku želimo na podlagi pregleda različnih primerov začasne rabe kmetijskih zemljišč v slovenskem prostoru v primeru služnosti v javno dobro ugotoviti mogoče vplive začasne nekmetijske rabe na kakovost tal. Podajamo način in časovni okvir rekultivacije pri različnih stopnjah degradacije kmetijskih zemljišč kot pomoč pri oblikovanju pravnih listin, ki opredeljujejo razmerje med služnostnimi upravičenci in lastniki kmetijskih zemljišč. Podajamo smernice, ki bi jih bilo treba upoštevati pri izračunu odškodnin za izvedbo ustreznih rekultivacij, ki bi omogočale vrnitev zemljišč v intenzivno kmetijsko pridelavo.

2 METODE IN RAZISKOVALNO GRADIVO

Izhajali smo iz pregleda o stvarni služnosti (Stopar in Šubic Kovač, 2016), s poudarkom na pravnih podlagah, ki obravnavajo začasno uporabo kmetijskih zemljišč in določitev odškodnin. To so: Stvarnopravni zakonik (SPZ) (Uradni list RS, št. 87/2002, 91/2013), Zakon o urejanju prostora (ZUreP-2) (Uradni list RS, št. 61/2017), Obligacijski zakonik (Uradni list RS, št. 97/2007 – uradno prečiščeno besedilo, 64/2016 – odl. US in 20/2018 – OROZ631) in Zakon o kmetijskih zemljiščih (Uradni list RS, št. 71/2011 – uradno prečiščeno besedilo, 58/2012, 27/2016 in 27/2017 – ZKme-1D).

Pregledali smo različne primere začasne uporabe kmetijskih zemljišč v slovenskem prostoru, iz katerih je razviden vpliv na rodovitnost tal, izpad pridelka ter ocena trajanja sanacije. V pregled smo vključili naslednje primere začasne uporabe: (i) nadvišanje kmetijskih zemljišč ob reki Savi (Zupanc et al., 2012; Prus et al., 2015; Zupanc et al., 2016), (ii) rekultivacija površinskih kopov (Škornik Grdina, 2016; Donko, 2017), (iii) deponija gradbenega materiala (Pintar et al., 2011; Zupanc et al., 2017) ter (iv)

vgradnja linijskih objektov v tla (kanalizacija, plinovod, izgradnja transformatorske postaje) (Razvoj metod, 2015).

Pri vsakem primeru smo ocenili obseg začasne zasedenosti, vpliv na kmetijsko zemljišče, predvsem z vidika kakovosti tal. Preverili smo, kako je bilo popisano stanje prej in potem; kateri talni parametri so bili merjeni in kakšen vpliv so imele posamezne vrste začasne zasedenosti kmetijskih zemljišč na morfološke (globina in zgradba profila, struktura), fizikalne (tekstura, zbitost, gostota, poroznost, hidravlična prevodnost) in kemijske (pH, organska snov, založenost s hranili) lastnosti tal. Pripravili smo predlog ustreznih meritev in ukrepov za posamezne primere začasne zasedenosti in stopnje degradacije tal ter priporočila za izračun odškodnin za obdobje rekultivacije po izteku začasne rabe.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO

3.1 Pregled pravnih podlag

Zakon o urejanju prostora (ZUreP-2) (Uradni list RS, št. 61/2017, od 209. do 214. člena) ponuja celovit nabor mehanizmov za učinkovito urejanje prostora (Petek in Seliškar, 2018). V njem je opredeljena začasna raba, ki omogoča omejitve lastninske pravice na nepremičnini s pravico uporabe za določen čas za namene 189. in 244. člena ZUreP-2 (Uradni list RS, št. 61/2017). Po ZUreP je razlastitev ter omejitve ali obremenitve lastninske pravice dopustna le v javno korist in pod pogojem, da je za doseg javne koristi nujno potrebna in je javna korist razlastitvenega namena v sorazmerju s posegom v zasebno lastnino. Pri kmetijskih zemljiščih gre tu pogosto za zasedenost zaradi dostopa na neko območje ali njegovo uporabo za začasno deponijo. V prispevku obravnavamo služnost v javno korist. To je oblika služnosti, na podlagi katere se lastninska pravica na nepremičnini začasno ali trajno omeji, če je to nujno za postavitve omrežij in objektov gospodarske javne infrastrukture (največkrat komunalnih, energetskih in drugih podobnih objektov) ter za zagotavljanje njihovega nemotenega delovanja. Služnost v javno korist je urejena v 211. členu Zakona o urejanju prostora (ZUreP-2) ter v drugih področnih zakonih (Zakon o elektronskih komunikacijah, Uradni list RS, št. 109/2012, 110/2013, 40/2014 – ZIN-B, 54/2014 – odl. US, 81/2015 in 40/2017 – ZEKom-1; Zakon o rudarstvu, Uradni list RS, št. 14/2014 – uradno prečiščeno besedilo in 61/2017 – GZ – ZRud-1; Zakon o cestah, Uradni list RS, št. 109/2010, 48/2012, 36/2014 – odl. US, 46/2015 in 10/2018 – ZCes-1; Zakon o železniškem prometu, Uradni list RS, št. 99/2015 – uradno prečiščeno besedilo – ZZelP; Zakon o pogojih koncesije za izkoriščanje energetskega potenciala Spodnje Save, Uradni list RS, št. 87/2011 – ZPKEPS-1, itd.).

Pri sprejetju odločitve o ustanovitvi služnosti je treba upoštevati, da je ustanovitev le v javno korist: v korist države, občine oziroma izvajalca javne službe; da mora biti ta vrsta služnosti nujno potrebna za doseganje javne koristi; da je doseženo sorazmerje med javno koristjo in posegom v zasebno lastnino.

Služnost se ustanovi s sklenitvijo pogodbe o ustanovitvi služnosti ali z odločbo državnega organa. Služnostni upravičenec mora lastniku služčega zemljišča najprej ponuditi sklenitev pogodbe o ustanovitvi služnosti (četrti odstavek 211. člena ZUreP-2) – sporazumna sklenitev služnosti v javno korist. Pogodba mora biti sestavljena v pisni obliki in vsebovati določilo o odškodnini, zemljiškoknjižno dovolilo za vpis služnosti in opis vsebine služnosti.

Odškodnino v primeru služnosti na kmetijskih zemljiščih določi cenilec za kmetijska zemljišča. Če lastnik zemljišča ne želi skleniti pogodbe o služnosti, lahko služnostni upravičenec pri upravnem organu zahteva ustanovitev služnosti (prisilna ustanovitev po šestem odstavku 211. člena ZUreP-2). Služnost je ustanovljena z odločbo upravnega organa, ki mora vsebovati določilo o odškodnini in natančen opis vsebine služnosti. Služnost v javno korist praviloma ni trajna, ampak obstaja, dokler je potrebna za doseganje javne koristi. V nekaterih primerih se v praksi ustanavlja za nedoločen čas.

Lastnik služkega zemljišča je upravičen do odškodnine, ki obsega zmanjšano vrednost nepremičnine ali dejansko škodo in izgubljeni dobiček. V pogodbi o ustanovitvi služnosti se opredeli, da bo nepremičnina vrnjena v prvotnem stanju, pri čemer slednje praviloma ni zadostno opredeljeno.

Pri določanju višine odškodnine je najprej treba spoštovati dogovor med obema stranema (višino odškodnine običajno predlaga cenilec in je odvisna od vrednosti zemljišča ter obremenitve zemljišča s služnostjo). Če dogovor ni mogoč, o višini odškodnine odloči sodišče, in sicer na predlog prizadetega lastnika. Odškodnina je lahko določena v enkratnem znesku ali v obliki ponavljajočih se periodičnih plačil. Služnostni upravičenec nosi tudi vse stroške, ki se pojavijo ob izvrševanju služnosti. Praviloma na tej točki obdobje rekultivacije – čas trajanja, ki je potreben, da se doseže prvotno stanje nepremičnine – ni zajeto. Služnost v javno korist praviloma ne zajema obdobja rekultivacije, kar bi bilo pogostokrat upravičeno tako zaradi pokritja stroškov in izpada pridelka med rekultivacijo kot zaradi zavez lastnika, da po končani začasni zasedenosti zemljišče obdeluje na način, ki omogoča izboljšavo lastnosti tal.

Zakon o kmetijskih zemljiščih omenja le odškodnine, do katerih so upravičeni lastniki, zakupniki in drugi uporabniki zemljišč za škodo, povzročeno z deli zaradi agrarnih operacij (41. člen), pri čemer metodologija za odmero odškodnin ni določena. Pravica do odškodnine je obravnavana tudi v Obligacijskem zakoniku, vendar specifičnih vidikov kmetijskih zemljišč ni. Odškodnino obravnavajo členi od 202 do 207 v skladu z določbami ZUreP-2, ki veljajo za razlastitev, vendar natančen postopek izračuna prav tako ni opredeljen.

Višina nadomestila oziroma odškodnine je za ustanovljeno služnost v končnem znesku pri kmetijskih zemljiščih v upravljanju Sklada kmetijskih zemljišč in gozdov v Republiki Sloveniji (SKZGRS) opredeljena oziroma določena v pravnih predpisih v Republiki Sloveniji, in sicer s Cenikom za pripravo soglasij, pogodb in obračun odškodnin oziroma nadomestil za posamezno leto (2017). Ceniki SKZGRS so javno dostopni, tako se pogosto uporabljajo v praksi. Kljub temu ima prednost ocena cenilca (Stopar in Šubic Kovač, 2016), ki lahko glede na naravo zasedenosti določi ustrežnejšo odškodnino, kot je predvideno po ZUreP-2 (Uradni list RS, št. 61/2017).

3.2 Evidentiranje vplivov na tla ob začasnem izvzemu kmetijske rabe zemljišč

3.2.1 Ugotavljanje dejanskega stanja tal prej in potem

Kot smo omenili v uvodu, se z začasno zasedenostjo kmetijskih zemljišč pogosto poslabša rodovitnost tal zaradi mehanskih obremenitev med prevozom gradbene mehanizacije (Spoor, 2006; Sinnott et al., 2006), odstranitve rodovitnega sloja tal, navoza alohtonega materiala in celo različnih gradbenih ostankov (Škornik-Grdina, 2016). Ugotavljanje talnih lastnosti na zemljišču pred začasno uporabo, tako imenovano ničelno stanje tal, je ključno za izvedbo ustreznih ukrepov v fazi rekultivacije, kot tudi za izračun nove

bonitete in odmero ustreznih odškodnin za čas rekultivacije. V nasprotnem primeru je težko dokazovati vpliv posega na tla (Zupanc et al., 2012; Škornik-Grdina, 2016). Če so že vnaprej znani večji posegi v kmetijska zemljišča, kot je denimo začasna odstranitev rodovitnega dela tal, je nujno izdelati elaborat rekultivacije kmetijskih zemljišč, s katerim se natančno opredelijo pogoji in načini rekultivacije, saj je največ napak storjenih zaradi preohlapnih načrtov oziroma podcenjevanja pomembnosti pravilnega načrta in izvedbe rekultivacije.

Preglednica 1: Nabor morfoloških, fizikalnih in kemijskih lastnosti tal, ki jih je treba določiti pri ‚posnetku‘ ničelnega stanja

	Parameter	Način vzorčenja/izvedbe meritev	Metoda določanja
Morfološke lastnosti	Globina tal	Talni profil/sondiranje vzorčne parcele	Terenska meritev
	Struktura	Talni profil – po horizontih	Opisno
	Barva	Talni profil – po horizontih	Barvni atlas
	Prekoreninjenost	Talni profil – po horizontih	Opisno
	Konsistenca	Talni profil – po horizontih	Opisno
	Novotvorbe (marmoracije, lise, konkrecije)	Talni profil – po horizontih	Opisno
Fizikalne lastnosti	Skeletnost	Talni profil – po horizontih	Ocena/terenska meritev
	Tekstura	Talni profil – po horizontih	Laboratorijska meritev
	Gostota tal in poroznost	Talni profil – po horizontih	Laboratorijska meritev/terenska meritev
	Hidravlične lastnosti	Talni profil – po horizontih	Laboratorijska meritev/terenska meritev
Kemijske lastnosti	Zbitost tal	Sondiranje vzorčne parcele	Terenska meritev
	Rastlinam dostopna hranila (fosfor, kalij)	Sondiranje vzorčne parcele	Laboratorijska meritev
	Organska snov	Talni profil – po horizontih	Laboratorijska meritev
	pH	Talni profil – po horizontih	Laboratorijska meritev
	Kationska izmenjalna kapaciteta	Talni profil – po horizontih	Laboratorijska meritev
	Nasičenost z bazičnimi kationi	Talni profil – po horizontih	Laboratorijska meritev

Kot ničelno stanje se v praksi navajajo lastnosti tal, ki so na voljo prek javno dostopnih evidenc, največkrat po Pedološki karti Slovenije v merilu 1 : 25.000, ki je dostopna prek portalov RKG/GERK in Atlasa okolja. Vendar je prostorska variabilnost talnih lastnosti prevelika, da bi merilo 1 : 25.000 lahko ustrezalo potrebam po informacijah za posamezno zemljišče oziroma zemljiško parcelo (Suhadolc, 2018). Pri posegih v prostor bi morale biti lastnosti tal ugotovljene na kartografskih podlagah v merilu 1 : 5000 ali večjem. Poleg samega imena talnega tipa je zelo pomembno, da podatki ničelnega stanja zajemajo tudi popis in analizo morfoloških, fizikalnih in kemijskih lastnosti tal, ki vplivajo na njihovo rodovitnost (preglednica 1). Podatki ničelnega stanja so potrebni tako za zaščito lastnika kmetijskega zemljišča kot tudi nosilca začasne uporabe. Za ugotavljanje vrste talnega tipa in večine lastnosti tal so potrebni izkop profila, identifikacija talnih horizontov, popis morfoloških lastnosti, vzorčenje tal po horizontih ter analiza fizikalnih in kemijskih lastnosti tal (preglednica 1). Za ugotavljanje založenosti tal s hranili (rastlinam

dostopna fosfor in kalij) in prostorske variabilnosti v zbitosti tal je primernejši odvzem reprezentativnih površinskih vzorcev tal oziroma izvedba meritev sistematično po posameznih parcelah.

3.2.2 Vpliv na morfološke lastnosti tal

Z gradbenimi posegi se lahko izrazito spremenijo morfološke lastnosti tal, predvsem strukturnost, ki vpliva na fizikalne lastnosti tal (Ball et al., 1997; Krümmelbein et al., 2010). Struktura tal se poškoduje oziroma spremeni v neprimerno oblikovanih in dolgotrajnih odrivih tal ali med obremenitvami s težko mehanizacijo (Spoon, 2006), še posebej, če se dela izvajajo v mokrih razmerah (Batey, 2009; Zupanc et al., 2016). Slednje je zaradi nepredvidljivih vremenskih razmer med izvajanjem del in togih časovnih rokov pogodbenih obveznosti pri gradbenih delih pogosto. Analiza proučevanih primerov je pokazala, da je najtežje ponovno vzpostaviti strukturo tal. Sanacijski ukrepi zahtevajo veliko časa in finančni vložek za meliorativne posevke, kot so oljna redkev, bela gorjušica, metuljnice, travno-deteljne mešanice (setev, gnojenje, obdelava). Način in čas, potrebna za tovrstno rekultivacijo, v dogovoru o začasni uporabi praviloma nista zajeta oziroma nista dovolj natančno opredeljena (Zupanc et al., 2016). Meliorativni posevki praviloma ne prinašajo dohodka, saj je priporočljivo, da se po žetvi zaorjejo v tla, s čimer se povečuje vsebnost humusa v tleh, kar pozitivno vpliva tudi na sorptivno sposobnost tal in njihove vodnozadrževalne lastnosti. Že v prvem letu zaščitni posevki zavarujejo tla pred vodno in vetrno erozijo, v naslednjih letih, zaradi bogatih rastlinskih ostankov, merljivo povečajo vsebnost humusa v tleh, izboljšajo strukturo in obstojnost strukture ter povečajo poroznost tal. Posledično se zmanjša gostota tal in poveča njihova hidravlična prevodnost.

3.2.3 Vpliv na fizikalne lastnosti tal

Med fizikalne lastnosti tal uvrščamo teksturo, gostoto in poroznost, zbitost ter hidravlične lastnosti (preglednica 1). Slednje opišejo prevajanje toka vode v nasičenih razmerah ter zadrževanje vode v sušnih obdobjih. Vse te lastnosti se lahko hitro poslabšajo zaradi mehanskih obremenitev v neustreznih vlažnostnih razmerah (Ball et al., 1997; Batey, 2009). Pri vseh raziskanih primerih so po končanih gradbenih delih zaznali težave, ki so izhajale iz poslabšanih fizikalnih lastnosti tal (zastajanje vode, zbitost in izpad pridelka). Opozorili bi, da fizikalne lastnosti, razen teksture, niso del standardne pedološke analize, zato zanje ni podatka v bazi pedološke karte 1 : 25 000. Posnetek ničelnega stanja pred izvajanjem gradbenih posegov na zemljišču je še posebej nujen za ugotovitev fizikalnih lastnosti tal.

3.2.4 Vpliv na kemijske lastnosti tal

Spremembe kemijskih lastnosti tal so pogojene z načinom poškodb oziroma naravo začasne rabe. Pri večini načinov začasne uporabe kmetijskih zemljišč (dovozne poti, deponije ipd.) ne pričakujemo sprememb kemijskih lastnosti tal, saj je predvideno, da avtohtoni material (zemljina) ostane na zemljišču (manjša degradacija, preglednica 2). Pri gaženju, daljšem deponiranju zemljin v višjih višinah lahko pričakujemo spremembe redukcijsko-oksidacijskih razmer v tleh, prav tako se spremenijo nekatere oblike organske snovi v tleh. Tudi če se zaradi preprečevanja degradacije začasno odrine zgornji humozni del tal, ga je treba po končanih delih vrniti na prvotno mesto. Med večjimi gradbenimi posegi, kot so nadvišanja in rekultivacije opuščenih površinskih kopov, je treba zagotoviti dobro organiziranost gradbišča (Zupanc et al., 2016), sicer se zemeljske mase pomešajo. S humusom in hranili bogata rodovitna zgornja plast

tal se vertikalno prerazporedi (Zupanc et al., 2012; Prus et al., 2015; Škornik-Grdina, 2016), vgradi v spodnje plasti tal (Prus et al., 2015; Zupanc et al., 2017) ali celo odtuji (Škornik-Grdina, 2016; Zupanc et al., 2012; Zupanc et al., 2016), zaradi česar se poveča potreba po gnojenju in s tem povezani stroški.

S strokovno utemeljenim gnojenjem se v tleh v nekaj letih lahko poveča vsebnost rastlinam dostopnih hranil, predvsem fosforja in kalija, vendar mora biti to zajeto v odškodnini za obdobje rekultivacije (preglednica 2). Povečanje vsebnosti humusa v tleh je dolgotrajnejši proces in zahteva dolgoletno skrb za vračanje organske snovi v tla, na primer z izdatnim gnojenjem s hlevskim gnojem, zaoravanjem rastlinskih ostankov in meliorativnih posevkov. Pri setvi travno-deteljnih mešanic je priporočljivo, da se zemljišče nekaj let ne preorje, s čimer se poveča pozitiven učinek korenin tako na strukturnost tal kot akumulacijo humusa.

V praksi so poznani tudi primeri odtujitve avtohtone zemljine in navoza alohtonega materiala (Škornik-Grdina, 2016; Zupanc et al., 2012), kar je mogoče preveriti s pedološko analizo tal (kombinacija lastnosti: tekstura, delež bazičnih kationov in pH-vrednost tal). Še zanesljivejšo indikacijo omogoča analiza elementne sestave tal s prenosnim fluorescentnim rentgenskim analizatorjem (Pintar et al., 2017). Alohton material ni nujno slabše kakovosti kot avtohton, vendar lahko povzroči težave teksturna diskontinuiteta. Na prehodu med teksturno različnimi plastmi je pogosto motena hidravlična prevodnost in zastaja voda oziroma se pretrga kapilarni dvig vode, zaradi česar se lahko poveča ogroženost za sušo.

Manjše spremembe kemijskih lastnosti tal, kot so odstopanja v pH-vrednosti in deležu bazičnih kationov na sorptivnem delu tal, so lahko posledica narave začasne rabe, na primer deponije s karbonati bogatega gramoza (Zupanc et al., 2017). Večje spremembe kemijskih lastnosti tal lahko povzroči nenamerno onesnaženje med gradbenimi deli, na primer razlitje goriva.

3.2.5 Boniteta kmetijskega zemljišča po začasni uporabi za nekmetske namene

Boniteta kmetijskih zemljišč je ena od najpomembnejših evidenc kakovosti kmetijskih zemljišč, na kateri slonijo odločitve pri prostorskem planiranju, varovanju kmetijskih zemljišč ter novi delitvi zemljišč v postopku komasacij (Košir, 2008; Grčman et al., 2017). Vrednost kmetijskih zemljišč se izračuna na podlagi kakovosti zemljišča (Branković et al., 2015), ki je opredeljena z boniteto (Košir, 2008), in ob upoštevanju ekonomskih dejavnikov, kot so lega in urejenost dostopa do parcele (Lovrin et al., 2012).

Kmetijsko zemljišče, ki trajno preide v drugo rabo, izgubi boniteto oziroma ta postane 0, njegova vrednost se določa po drugih ekonomskih merilih. Kmetijska zemljišča, ki so bila zasedena le začasno, ohranijo boniteto in se njihova vrednost ocenjuje glede na sposobnost kmetijske pridelave (Lovrin et al., 2012). Če je poslabšana pridelovalna sposobnost kmetijskih zemljišč začasna, je mogoče izpad pridelka kompenzirati z odškodninami. Če so spremembe pridelovalnega potenciala dolgoročne ali trajne, kar je pogosto pri rekultivaciji opuščenih gramoznic in glinokopov (Škornik-Grdina, 2016), kjer se vzpostavi nov talni profil, največkrat z alohtono zemljino, je treba evidentirati spremembo bonitete zemljišča. Po večjih posegih, kjer se talni profil na novo vzpostavi, se tla obravnavajo kot tehnogena (Košir, 2011; IUSS Working Group WRB, 2015; Prus et al., 2015). Pri tehnogenih tleh je glavni dejavnik pri točkovanju debelina plasti nasutja (Košir, 2011) in tekstura uporabljenih tal, kar pomembno zmanjša vrednost pri rekultivaciji s tanjšo plastjo tal, kot je bila debelina izvirnega profila. Tako kot pri vseh talnih tipih (razvojnih stopnjah tal) se lahko glede na situacijo upoštevajo odbitne točke za kamnitost ali skelet. Vplivov

zastajanja vode, na primer oglejenost tal, humoznosti, kislosti ter neugodnih fizikalnih lastnosti, sedanjí pravilnik pri tehnogenih tleh ne upošteva, zaradi česar bi ga bilo treba dopolniti. Predlog bonitiranja tehnogenih tal, ki bo vključeval nabor ustreznih pedoloških lastnosti, bomo obravnavali v posebnem prispevku o bonitiranju tehnogenih tal.

Tudi pri izračunu ocene bonitete je pomembno, da izhajamo iz ničelnega stanja tal na območju, saj pri uporabi podatkov iz javnih evidenc tvegamo pomanjkanje podatkov, na primer o teksturi oziroma globini tal. Prostorske variabilnosti talnih lastnosti pedološka karta v merilu 1 : 25.000 ne zajame dovolj natančno, da bi lahko vedno ustrezala potrebam prostorskega načrtovanja. V takšnih primerih je treba izvesti pedološko kartiranje v večjem merilu (Suhadolc, 2018). Prav tako je mogoče, da se stanje v naravi in uradni podatki razlikujejo (Grčman et al., 2017), saj boniteta izvirno ni bila določena na parcelo natančno, temveč s prevedbenimi preglednicami na podlagi stanja vzorčnih parcel po katastru (Košir, 2008). Ker ima sprememba bonitete finančne posledice tako za lastnika zemljišča kot začasnega najemnika, je zelo pomembno, da je boniteta določena na parcelo natančno ter temelji na izmerjenih in dokumentiranih talnih lastnostih.

3.3 Rekultivacija degradiranih kmetijskih zemljišč in odmera odškodnin

Uporabniki oziroma lastniki zemljišč poročajo, da imajo po vrnitvi zemljišč slabše razmere za kmetijsko pridelavo in dosegajo manjše pridelke. Degradirano kmetijsko zemljišče je pred vrnitvijo v intenzivno kmetijsko rabo tako treba ustrezno sanirati oziroma rekultivirati. Rekultivacija degradiranih kmetijskih zemljišč je povezana z večletnim izpadom pridelka in stroški za sanacijo, zaradi česar je lastnik zemljišča upravičen do primerne odškodnine, ki omogoča finančno preživetje kmetije. Lastnik oziroma uporabnik kmetijskega zemljišča je namreč vezan na prihodek od prodaje pridelka, ki ga zagotavlja funkcionalno kmetijsko zemljišče. Odmera odškodnine mora temeljiti na dejanskem stanju kmetijskega zemljišča po končani začasni uporabi in v njej je treba upoštevati stanje zemljišča pred začasno uporabo, to je posnetek ničelnega stanja tal. Tako kot pri ugotavljanju vplivov na tla je tudi pri dokazovanju vpliva na pridelek potrebna informacija o doseganju pridelkov pred začasno uporabo. Ob odsotnosti tega podatka si lahko pomagamo s povprečno setveno sestavo, vrednostjo proizvodnje ter stroški in čistim dohodkom na najboljših njivah za posamezno regijo (Priporočila Sickmet, 2017).

V preglednici 2 smo opredelili stopnje degradacije tal zaradi začasne uporabe kmetijskega zemljišča za ne-kmetijske namene ter pripravili priporočila za meliorativne ukrepe in sheme za odškodnine za obdobje rekultivacije. Navedli smo tudi osnoven nabor ustreznih meritev parametrov za ugotavljanje stopnje degradacije tal.

Do sedaj se je pri odmeri odškodnine največkrat uporabljal pavšalni pristop 100-100-50-30-20 (Zupanc et al., 2016), pri čemer je odškodnina za prvi dve leti (100-100) vezana na obdobje zasedenosti in ne na obdobje po začasni zasedenosti, tj. obdobje rekultivacije. Pri odmeri višine odškodnine niso bile upoštevane dejanske razmere na zemljiščih, na katerih je pogosto potrebno daljše obdobje rekultivacije (Krümmelbein et al., 2010; Krümmelbein in Raab, 2012; Zupanc et al., 2016). Analiza primerov je pokazala, da je uporabljen pristop primeren le za manjše degradacije tal (preglednica 2).

Preglednica 2: Stopnja degradacije tal, posledice za kakovost tal, priporočila za meliorativne ukrepe, shema za odškodnino

za obdobje rekultivacije ter ustrezne meritve parametrov

Stopnja degradacije tal	Majhna	Srednja	Velika
Posledice za kakovost tal	Ni posega v talni profil	Ni posega v talni profil	Poseg v talni profil
	Rahla do srednja površinska zbitost	Srednja do močna zbitost tal	Prerazporejena ali odtujena organska snov in hranila
	Manjše površinsko onesnaženje z gradbenimi odpadki, ki jih je mogoče odstraniti		Močna globinska zbitost
Priporočilo			Spremenjene reliefne lastnosti zemljišča
	Odstranitev površinskega onesnaženja z gradbenimi odpadki	Odstranitev onesnaženja z gradbenimi odpadki	Odstranitev onesnaženja z gradbenimi odpadki
	Površinska obdelava tal	Globoko podrahljavanje in površinska obdelava tal	Globoko podrahljavanje in površinska obdelava tal
	Posevki za izboljšanje strukture in poroznosti tal (travno-deteljne mešanice, ki jih je mogoče kositi)	Posevki za izboljšanje strukture in poroznosti tal: travno-deteljne mešanice, ki se lahko kosijo, v kombinaciji s posevki za izboljšanje globinske poroznosti (bela gorjušica, oljna redkev, lucerna)	Posevki za izboljšanje globinske poroznosti (bela gorjušica, oljna redkev, lucerna)
			Posevki za povečevanje organske snovi v tleh
Odškodnina za obdobje rekultivacije			Gnojenje
	3 leta	3 leta	5 let
	100-50-25	100-100-50	100-100-100-50-50 + stroški
	+ stroški	+ stroški	seme
	seme	seme	gorivo
Ustrezne meritve	gorivo	gorivo	gnojilo
	Meritve zbitosti zemljišča za ugotavljanje globine zbite plasti	Meritve zbitosti zemljišča za ugotavljanje globine zbite plasti	Meritve zbitosti zemljišča za ugotavljanje globine zbite plasti
		Izkop profila za meritve: gostote tal in poroznosti hidravličnih lastnosti tal	Izkop profila za določitev morfoloških, fizikalnih in kemijskih lastnosti tal (preglednica 1)

V projektu *Razvoj metod ocenjevanja vrednosti ob umeščanju prostorskih ureditev javnega pomena v prostor*, ki ga je na podlagi mednarodnega razpisa Geodetske uprave RS izdelalo švedsko državno podjetje Swedesurvey (Razvoj metod, 2015), so obravnavali primer izgube pridelka v prvem obdobju po zgraditvi cevovoda, za katero je treba plačati nadomestilo. Izhajali so iz domneve, da za slovenske razmere skupna izguba pridelka ustreza triletnemu pridelku, če je gradnja končana pred žetvijo, oziroma dveletnemu pridelku, če je končana po žetvi. Metodologija je obakrat predvidevala, da je treba plačati stroške rekultivacije, tj. nadomestilo tudi za dodatne stroške obdelave zemlje (večinoma dodatno gnojenje ali stroške semen). Pri nadomestilu so upoštevali stroške uporabljenih gnojil in dodatnega dela (v povprečju 50 % povprečnih spremenljivih stroškov). Z nadomestilom bi pokrili triletno delno izgubo pridelka plus triletno

dodatne stroške. Ocenjujemo, da je pristop ustrezen pri srednji degradaciji tal (preglednica 2). Pri večji stopnji degradacije tal predlagamo individualno obravnavo, ki temelji na podrobni pedološki študiji stanja tal. Menimo, da je treba zagotoviti najmanj petletno obdobje rekultivacije s triletnim popolnim in dvoletnim polovičnim nadomestilom za izpad pridelka (preglednica 2) oziroma da sta dolžina in obseg nadomestil vezana na stopnjo degradacije tal.

Rekultivacije večinoma ni mogoče dokončati le z gradbenimi stroji. Najbolj smiselno je, da njeno skleno fazo izvajajo uporabniki zemljišč (kmetje), ki se lahko bolje prilagajajo vremenskim razmeram ter optimalni vlažnosti in konsistenci tal kot gradbena podjetja, ki so vezana na roke (Zupanc et al., 2016), razpoložljivo delovno silo in mehanizacijo. Ključna je čimprejšnja vzpostavitev rastlinskega pokrova s setvijo rastlin, ki izboljšujejo lastnosti tal. Svetujemo, da zaščitni posevki za rekultivacijo pri majhni in srednje veliki degradaciji ostanejo najmanj tri leta, pri veliki degradaciji pet let. Setev meliorativnih rastlin je pogosto v konfliktu z naborom kultur, pri katerih so kmetje upravičeni do subvencij. Postopek rekultivacije, odmera odškodnine in povračilo stroškov morajo biti pravno-formalno urejeni. Ustrezno pripravljen dogovor o odškodnini omogoči lastniku izvedbo rekultivacije ter ga hkrati zavezuje k sanacijskim ukrepom.

4 SKLEPNE UGOTOVITVE

Začasna uporaba kmetijskih zemljišč za nekmetijske namene lahko privede do začasnega ali trajnega poslabšanja rodovitnosti. Obseg degradacije je odvisen od obsega in narave začasne zasedenosti, od strokovnega nadzora ter vremenskih razmer med izvajanjem gradbenih del na zemljišču.

Za vrnitev kmetijskega zemljišča v kmetijsko rabo so pogosto potrebni sanacijski ukrepi oziroma rekultivacija zemljišča, ki je povezana z večletnim izpadom pridelka in stroški za izvedbo meliorativnih ukrepov. Lastnik zemljišča je zato upravičen do ustrezne denarne odškodnine. Začasna uporaba kmetijskih zemljišč in služnost v javno korist sta sicer opredeljeni v Zakonu o urejanju prostora (ZUreP-1, 8/03 oziroma ZUreP-2), vendar metodologija odmere odškodnin ni določena tako, da bi bila zavarovana tako služnostni upravičenec kot lastnik nepremičnine, ki daje kmetijsko zemljišče v služnost za javno korist, slednji predvsem z vidika ohranitve kakovosti kmetijskih zemljišč. Zakon o kmetijskih zemljiščih (Uradni list RS, št. 71/2011, 58/2012, 27/2016 in 27/2017) omenja le odškodnine, do katerih so upravičeni lastniki, zakupniki in drugi uporabniki zemljišč za škodo, povzročeno z deli zaradi agrarnih operacij.

Med pregledom primerov začasne uporabe kmetijskih zemljišč in njihovega ponovnega vključevanja v kmetijsko rabo se je pokazalo več ključnih pomanjkljivosti, ki bi jih bilo treba v prihodnje izboljšati, da bi preprečili oškodovanje lastnikov in služnostnih upravičencev ter s tem Republike Slovenije, opuščanje kmetijske pridelave in degradacijo kmetijske krajine. Izpostavili bi odsotnost ugotavljanja prvotnega oziroma ničelnega stanja tal (stanja pred začetkom služnosti), pomanjkanje smernic za dobro prakso pri gradbenih posegih na kmetijskih zemljiščih. Posledica je poslabšanje morfoloških, fizikalnih in kemijskih lastnosti tal, ter površen pristop pri odmeri odškodnin za čas služnosti, pri katerem se ne upoštevajo dejanske razmere na kmetijskih zemljiščih pri sklenitvi pogodbe o ustanovitvi služnosti pred njenim nastopom in po njem.

Meliorativni ukrepi in odškodnine za obdobje rekultivacije morajo biti opredeljeni pri sklenitvi pogodbe

o ustanovitvi služnosti ob upoštevanju pričakovane stopnje degradacije tal. Ugotovimo jo z natančnim popisom morfoloških lastnosti ter izmerjenimi fizikalnimi in kemijskimi lastnostmi tal v cenitvenem poročilu o odškodnini.

Ključno je, da sklepno fazo rekultivacije izvajajo kmetje, ki imajo primernejšo mehanizacijo in se lahko bolje prilagajajo vremenskim razmeram, optimalni vlažnosti in konsistenci tal, pri čemer morajo biti postopek rekultivacije, odmera odškodnine in povračilo stroškov pravno-formalno urejeni.

Poleg oškodovanja lastnika in oškodovanja Republike Slovenije, v imenu katere služnostni upravičenci uporabljajo kmetijska zemljišča za nekmetsko rabo, neustrezno izvedena sanacija zemljišča vodi k opuščanju kmetijske rabe in povečevanju fragmentacije prostora. To je v nasprotju s trajnostnim razvojem in cilji, ki smo si jih zastavili glede varovanja kmetijskih zemljišč, zagotavljanja prehranske varnosti in ohranjanja kulturne krajine prostora, na nacionalni in evropski ravni.

Zahvala

Delo je nastalo v okviru programa ARRS P4-0085 *Agroekosistemi*. Avtorici se zahvaljujeva recenzentoma za skrben pregled in konstruktivne predloge za izboljšanje kakovosti prispevka.

Literatura in viri:

- Ball, B. C., Campbell, D. J., Douglas, J. T., Henshall, K., O'Sullivan, M. F. (1997). Soil structural quality, compaction and land management. *European Journal of Soil Science*, 48, 593–601.
DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2389.1997.tb00559.x>
- Batey, T. (2009). Soil compaction and soil management – a review. *Soil Use & Management*, 25, 335–345.
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2009.00236.x>
- Branković, S., Parezanović, L., Simović, D. (2015). Land consolidation appraisal of agricultural land in the GIS environment. *Geodetski vestnik*, 59 (2), 320–334.
DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2015.02.320-334>
- Breg Valjavec, M., Kladnik, D., Smrek, A. (2007). Dumping sites in the Ljubljana polje water protection area, the primary source of Ljubljana's drinking water = Odlagališča odpadkov na vodovarstvenem območju Ljubljanskega polja, glavnem viru oskrbe Ljubljane s pitno vodo. *Acta geographica Slovenica = Geografski zbornik*, 47 (1), 73–103. DOI: <https://doi.org/10.3986/ags47104>
- Cenik za pripravo soglasij, pogodb in obračun odškodnin oziroma nadomestil za leto 2016 (2016).
http://www.s-kzg.si/static/uploaded/htmlarea/objave/2015/interni_akti/Cenik_za_pripravo_soglasij_pogodb_on_obraun_odkodnin_oz_nadomestil_za_leto_2016.pdf, pridobljeno 19. 10. 2017.
- Donko, K. (2017). Rekultivacija površinskih kopov za namen kmetijske rabe. Magistrsko delo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo.
- European Commission (2012). Guidelines on best practice to limit, mitigate or compensate soil sealing. Luxembourg: Publications Office of the European Union. 62 str. DOI: <https://doi.org/10.2779/75498>
- Grčman, H., Vozel, S., Zupanc, V. (2017). Lastnosti tal pri bonitiranju kmetijskih zemljišč. *Geodetski vestnik*, 61 (1), 13–22.
DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2017.01.13-22>
- Hendricks, A., Liseč, A. (2014). Komasacije pri velikih infrastrukturnih projektih v Nemčiji. *Geodetski vestnik*, 58 (1), 46–68.
DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2014.01.046-068>
- Hladnik, D. (2005). Spatial structure of disturbed landscapes in Slovenia. *Ecological Engineering*, 24 (1–2), 17–27. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2004.12.004>
- IUSS Working Group WRB (2015). World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. *World Soil Resources Reports No. 106*. FAO, Rome.
- Košir, J. (2008). Boniteta zemljišč – nova evidenca v zemljiškem katastru. *Geodetski vestnik*, 52 (2), 374–375.
www.geodetski-vestnik.com/52/2/gv52-2_374-375.pdf, pridobljeno 19. 10. 2017
- Košir, J. (2011). Priročnik za bonitiranje zemljišč Ljubljana: Geodetski inštitut Slovenije.
- Krajnc, L. P., Mlinar, I., Krajnc, D. (2017). Politika načrtovanja mesta: Nova stanovanjska naselja na degradiranih območjih v Zagrebu. *Geodetski vestnik*, 61 (2), 246–262.
DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2017.02.246-262>
- Krümmlbein, J., Horn, R., Raab, T., Bens, O., Hüttl, F. R. (2010). Soil physical parameters of a recently established agriculture recultivation site after brown coal mining in Eastern Germany. *Soil & Tillage Research*, 111, 19–25.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2010.08.006>
- Krümmlbein, J., Raab, T. (2012). Development of soil physical parameters in agricultural recultivation after brown coal mining within the first four years. *Soil & Tillage Research*, 125, 109–115.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2012.06.013>

- Lisec, A., Prosen, A. (2008). Celostni pristop k upravljanju zemljišč na podeželju – zemljiški menedžment = Holistic approach to rural land management. *Geodetski vestnik*, 52 (4), 758–772.
http://www.geodetski-vestnik.com/52/4/gv52-4_758-772.pdf, pridobljeno 19. 10. 2017
- Lisec, A., Primožič, T., Ferlan, M., Šumrada, R., Drobne, S. (2014). Land owners' perception of land consolidation and their satisfaction with the results – Slovenian experiences. *Land Use Policy*, 38, 550–563.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2014.01.003>
- Lovrin, M., Udovč, A., Košir, J. (2012). Metode tržnega vrednotenja kmetijskih zemljišč (= Agricultural land market valuation methods). http://zdruzenje-sickmet.si/images/tabdoc/Metode_trznega_vrednotenja_december_2012.pdf, pridobljeno 12. 1. 2016.
- Malucelli, F., Certini, G., Scalenghe, R. (2014). Soil is brown gold in the Emilia-Romagna region, Italy. *Land Use Policy*, 39, 350–357.
 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2014.01.019>
- Mastrorandi, L., Giaccio, V., Giannelli, A., Stanisci, A. (2017). Methodological proposal about the role of landscape in the tourism development process in rural areas: The case of Molise region (Italy). *European Countryside*, 9 (2), 245–262. DOI: <https://doi.org/10.1515/euco-2017-0015>
- Montanarella, L. (2015). Govern our soils. *Nature*, 523, 32–33.
 DOI: <https://doi.org/10.1038/528032a>
- Montanarella, L., Panagos P. (2015). Policy Relevance of Critical Zone Science. *Land Use Policy*, 49, 86–91. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.07.019>
- Obligacijski zakonik. Uradni list RS, št. 97/2007 – uradno prečiščeno besedilo, 64/2016 – odl. US in 20/2018 – OROZ631.
- Petek, T., Seliškar, A. (2018). Spremembe in dopolnitve v nepremičninski zakonodaji. *Geodetski vestnik*, 62 (1), 104–112.
www.geodetski-vestnik.com/62/1/gv62-1_petek.pdf, pridobljeno 15. 4. 2018.
- Pintar, M., Udovč, A., Zupanc, V. (2011). Vplivno območje HE Blanca – pregled kmetijskih površin Log: strokovno mnenje. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Center za urejanje kmetijskega prostora in agrohidrologijo: INFRA, izvajanje investicijske dejavnosti.
- Pintar, M., Zupan, M., Zupanc, V., Grčman, H., Turniški, R., Trdan, S., Laznik, Ž., Bohinc, T., Eler, K., Udovč, A. (2017). Ravnanje z zemljinjo, v kateri je prisoten japonski dresnik, pri odlaganju na lokaciji bivše gramoznice Gameljne za vzhodni del ŠG-471: končno poročilo. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Center za urejanje kmetijskega prostora in agrohidrologijo, 50 str.
- Pravilnik o podrobnejših pogojih za določitev predloga območij trajno varovanih kmetijskih zemljišč ter o podrobnejši vsebini strokovnih podlag s področja kmetijstva. Uradni list RS, št. 55/2017.
- Priloga Sickmet – Slovensko združenje izvedencev in cenilcev kmetijske stroke (2017). Osnove za cenitev kmetijskih zemljišč v letu 2010, setveni kolobar. http://www.zdruzenje-sickmet.si/images/tabdoc/kolobar_2010_2011_in_2012_2.pdf, pridobljeno 20. 10. 2017.
- Prus, T., Kralj, T., Vrščaj, B., Zupan, M., Grčman, H. (2015). Slovenska klasifikacija tal. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta in Kmetijski inštitut Slovenije.
- Prus, T., Grčman, H., Tič, I., Zupanc, V., Pintar, M., Korpar, P., Rebernik J. (2015). Ugotovitev negativnih vplivov, izvedba variant in projektnih rešitev ter strokovni nadzor sanacije kmetijskih površin na Pijavškem polju – pedološke raziskave in razpoki: zaključno poročilo. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Infrastrukturni center za pedologijo in varstvo okolja, 29 str.
- Razvoj metod ocenjevanja vrednosti ob umeščanju prostorskih ureditev javnega pomena v prostor (2015). Primeri ocenjevanja, Swedesurvey.
- Robledano-Aymerich, F., Romero-Díaz, A., Belmonte-Serrato, F., Zapata-Pérez, V. M., Martínez-Hernández, C., Martínez-López, V. (2014). Ecogeomorphological consequences of land abandonment in semiarid Mediterranean areas: Integrated assessment of physical evolution and biodiversity. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 197, 222–242. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.08.006>
- Sinnett, D., Poole, J., Hutchings, T. R. (2006). The efficacy of three techniques to alleviate soil compaction at a restored sand and gravel quarry. *Soil Use & Management*, 22, 362–371. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2006.00053.x>
- Sietz, D., Fleskens, L., Stringer, L. C. (2017). Learning from Non-Linear Ecosystem Dynamics Is Vital for Achieving Land Degradation Neutrality. *Land degradation and development*, 28, 2308–2314. DOI: <https://doi.org/10.1002/ldr.2732>
- Seidl, P. N., Golobič, M. (2015). Določitev trajno varovanih zemljišč – metodološki poskus. *Geodetski vestnik*, 59 (2), 275–288.
 DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2015.02.275-288>
- Spoor, G. (2006). Alleviation of soil compaction: requirements, equipment and techniques. *Soil Use & Management*, 22, 113–122.
 DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2006.00015.x>
- Stopar, I., Šubic Kovač, M. (2016). Vrednotenje zemljišč v primeru stvarne služnosti: Študija primera v Sloveniji. *Geodetski vestnik*, 60 (4), 685–716.
 DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2016.04.685-716>
- Stvarnopravni zakonik. Uradni list RS, št. 87/2002, 91/2013.
- Suhadolc, M. (2018). Uporaba prostorskih podatkov za upravljanje fitofarmacevtskih sredstev na ravni povodja = Spatial data application for pesticide management at the catchment scale. *Geodetski vestnik*, 62 (1), 39–50.
 DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2018.01.39-50>
- Škornik Grdina, K. (2016). Lastnosti tal rekultiviranih zemljišč površinskih kopov. Diplomsko delo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo.
- Terres, J. M., Scacchiafichi, L. N., Wania, A., Ambar, M., Anguiano, E., Buckwell, A., Coppola, A., Gocht, A., Källström, H. N., Pointereau, P., Strijker, D., Visek, L., Vranken, L., Zobenak, A. (2015). Farmland abandonment in Europe: Identification of drivers and indicators, and development of a composite indicator of risk. *Land Use Policy*, 49, 20–34. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.06.009>
- Triglav, J. (2008). Komasačije zemljišč ob gradnji infrastrukturnih objektov v Prekmurju. *Geodetski vestnik*, 52 (4), 795–811.
www.geodetski-vestnik.com/52/4/gv52-4_795-811.pdf, pridobljeno 20. 10. 2017.
- Willemen, L., Verburg, P. H., Hein, L., van Mensvoort, M. E. F. (2008). Spatial characterization of landscape functions. *Landscape and urban planning*, 88 (1), 34–43. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2008.08.004>
- World Reference Base for Soil Resources (2014). A Framework for International Classification, Correlation and Communication. *World Soil Resources Reports*, 106. Rome, FAO.

Zakon o kmetijskih zemljiščih. Uradni list RS, št. 71/2011 – uradno prečiščeno besedilo, 58/2012, 27/2016 in 27/2017 – ZKme-1D.

Zakon o urejanju prostora. Uradni list RS, št. 61/2017 – ZUreP-2.

Zakon o elektronskih komunikacijah. Uradni list RS, št. 109/2012, 110/2013, 40/1204 – ZIN-B, 54/2014 – odl. US, 81/2015 in 40/2017 – ZEKom-1.

Zakon o rudarstvu. Uradni list RS, št. 14/2014 – uradno prečiščeno besedilo in 61/2017 – GZ – ZRud-1.

Zakon o cestah. Uradni list RS, št. 109/2010, 48/2012, 36/2014 – odl. US, 46/2015 in 10/2018 – ZCes-1.

Zakon o železniškem prometu. Uradni list RS, št. 99/2015 – uradno prečiščeno besedilo – ZZelP.

Zakon o pogojih koncesije za izkoriščanje energetskega potenciala Spodnje Save. Uradni list RS, št. 87/2011 – ZPKEPS-1.

Zupanc, V., Koritnik, M., Cvejić, R., Ratajc, J., Pintar, M. (2012). Rekultivacija sadovnjaka = Land reclamation for fruit orchard. V: M. Hudina (ur.). Zbornik referatov 3. Slovenskega sadjarskega kongresa z mednarodno udeležbo, Krško, 21.–23. november 2012. Ljubljana: Strokovno sadjarsko društvo Slovenije, str. 121–125.

Zupanc, V., Kammerer, G., Grčman, H., Šantavec, I., Cvejić, R., Pintar, M. (2016). Recultivation of Agricultural Land Impaired by Construction of a Hydropower Plant on the Sava River, Slovenia. *Land Degradation and Development*, 27 (2),

406–415. DOI: <https://doi.org/10.1002/ldr.2463>

Zupanc, V., Zupan, M., Grčman, H. (2017). Strokovno mnenje o izvedeni vzpostavitvi prvotnega stanja kmetijskih zemljišč na območju začasne deponije materiala pri Krški vasi: končno poročilo. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Infrastrukturni center za pedologijo in varstvo okolja, 34 str.



Grčman H., Zupanc V. (2018). Odmerjanje odškodnin za poškodbe kmetijskih zemljišč ob njihovi začasni zasedenosti. *Geodetski vestnik*, 62 (2), 235–248. DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2018.02.235–248

Prof. dr. Helena Grčman, univ. dipl. inž. kmet.

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
Jamnikarjeva ulica 101, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: helena.grcman@bf.uni-lj.si

Doc. dr. Vesna Zupanc, univ. dipl. inž. kmet., mag. hidr. znan.

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
Jamnikarjeva ulica 101, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: vesna.zupanc@bf.uni-lj.si

PREGLED RAZISKAV NA PODROČJU 3D-KATASTRA NEPREMIČNIN

A REVIEW OF RESEARCH ON 3D REAL PROPERTY CADASTRE

Jernej Tekavec, Miran Ferlan, Anka Lisec

UDK: 347.2:528.44

Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.02

Prispelo: 3. 3. 2018

Sprejeto: 7. 5. 2018

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2018.02.249-278

REVIEW ARTICLE

Received: 3. 3. 2018

Accepted: 7. 5. 2018

IZVLEČEK

3D-kataster nepremičnin (krajše 3D-kataster) je eno izmed pomembnih interdisciplinarnih raziskovalnih področij, na evropski in širši mednarodni ravni. Prve teoretične razprave segajo v 90. leta preteklega stoletja in se v začetku novega tisočletja še krepijo. Takrat so se oblikovali prvi mednarodni forumi za spodbujanje raziskav in oblikovanje teoretičnih zasnov 3D-katastra nepremičnin, ki jih je mogoče uveljaviti v praksi. Za spodbujanje sodelovanja med različnimi raziskovalnimi pobudami na širokem področju 3D-katastra je bila pri mednarodnem združenju FIG oblikovana delovna skupina za 3D-katastre. Pod okriljem FIG-a se je do danes zvrstilo pet tematskih delavnic oziroma mednarodnih forumov. Namen prispevka je podati kronološki pregled raziskav na področju 3D-katastrov s predstavitvijo objav, ki so pomembno usmerjale razvoj tega področja. Glavni vir so bile objave na mednarodnih forumih organizacije FIG, doktorske disertacije in znanstvene objave v mednarodnih revijah, katerih članki so opremljeni z digitalnim identifikatorjem DOI. Z raziskavami so bila v dveh desetletjih rešena številna pereča vprašanja, a obenem se pojavljajo nova, kompleksnejša vprašanja, predvsem povezana z uveljavitvijo 3D-konceptov v katastrskih sistemih posameznih držav, z večnamensko uporabo vsebinsko bogatih in kakovostnih 3D-katastrskih podatkovnih zbirk ter z združevanjem različnih prostorskih podatkovnih nizov v okviru 3D-katastra.

KLJUČNE BESEDE

kataster, nepremičnine, 3D-kataster, zemljiška administracija, LADM

ABSTRACT

The 3D real estate cadastre ('3D cadastre' in short) is an important interdisciplinary research topic at both the European and international levels. Initial theoretical scientific discussions on the 3D cadastre began in the 1990s and gained momentum at the turn of the millennium, when the first international forums were organised. Their principal aim was to develop the theoretical concepts for the 3D cadastre that would foster the research activities and their implementation. At the time, the FIG Working Group on 3D Cadastres was formed to connect the research activities in the field. To date, five international thematic workshops have been organised. This article aims to provide a chronological overview of research activities by highlighting publications that have had a significant impact on 3D cadastre research. Our main sources have been publications at the FIG international thematic forums, doctoral dissertations, and papers published in scientific journals (included in the DOI system). Many issues and challenges have been resolved, and major progress has been seen in the past two decades. Nevertheless, numerous new complex issues have arisen, particularly regarding the realisation of 3D concepts within cadastral systems in the various countries, the idea of a multipurpose 3D cadastre, and the integration of various spatial datasets within a 3D cadastre.

KEY WORDS

cadastre, real property, 3D cadastre, land administration, LADM

1 INTRODUCTION

Urban development coupled with increasingly complex cases of spatial delineation in terms of ownership and other property rights requires a new approach in land administration, which allows for registering and changing of property units, and associated information, in three spatial dimensions. The increasing physical and legal complexity of the built as well as natural environment necessitate an upgrading of the two-dimensional spatial modelling approach, which is conventionally used in national land administration systems.

The land administration domain has always been highly demanding in research terms at the international level, as countries developed their own systems underpinned by their historical background concerning land administration, their legal system, social setting as well as social needs associated with spatial development (Zupan *et al.*, 2014). The requirement for international comparability and thus structured treatment of land, and the rights, restrictions, and responsibilities associated to it, stemmed from the growing needs to develop state-of-the-art solutions in land administration. A result of many international discussions in the field was the international ISO standard 19152:2012: *Land Administration Domain Model (LADM)*, adopted in 2012.

The purpose of this paper is to provide a broad review of internationally recognised publications and thus present the evolution of the 3D property cadastre over recent decades. Based on these publications we analysed the topics that are currently the focus of international research undertaken in this field.

2 METHODOLOGY AND RESOURCES APPLIED

Researchers and developers in various fields are concerned with developing 3D cadastre concepts as well as technical and legal solutions for its implementation. They all focus on a very specific domain, i.e. real property cadastre, which thus brings together the latest progress achieved worldwide. The main resources for this study were the available resources and records of the Thematic Working Group on 3D Cadastres, established by the International Federation of Surveyors (FIG)¹, which back in 2001 organised its first international forum with a view to help to develop solutions in the 3D property cadastre. An important resource for our work was publications in two special issues of the international scientific journal *Computers, Environment and Urban Planning* from 2003 and 2013, respectively, where also an overview of discussions under FIG until 2012 (Oosterom, 2013) was published, and publications in *ISPRS International Journal of Geo-Information* with a special issue *Research and Development Progress in 3D cadastral systems* of 2017. Additionally, we reviewed relevant PhD researches and English papers that appeared in other international journals published with the well-established *Digital Object Identifier* (DOI). The *CrossRef* reference linking service was used, which is one of the solutions that publishers use to create DOI and include journals into an extremely large international community of electronic scientific and professional publications (see also Koler Povh and Lisec, 2015).

3 RESULTS – OVERVIEW OF 3D PROPERTY CADASTRE DEVELOPMENT

The beginnings of intensified efforts to develop the 3D real property cadastre date back to 1994 when FIG Working Group 7.1 was initiated, which in 1998 published the vision of developing future cadastral

¹ Fédération Internationale des Géomètres: www.fig.net.

² CrossRef: www.crossref.org, last reviewed 10 January 2018.

systems entitled *Cadastre 2014* (Kaufmann and Steudtler, 1998). This document underlined the role of the cadastre as an important stakeholder to support sustainable development and decision-making concerning spatial decisions. The document provides important definitions and, inter alia, instead of a parcel (parcel-based cadastre), introduces the more general term “(land) object” as the basic real property element to which rights, restrictions, and responsibilities apply. The cadastre should give enough information to provide a complete picture of the situation of land, legal security, and transparency regarding the rights, restrictions, and responsibilities associated to cadastral objects. The end of separating between descriptive and graphic representations in the cadastre and the introduction of computer modelling, replacing analogue cadastral mapping, were projected, both because of the rapidly developing information technology. These new definitions and orientations encouraged, among other things, the discussion on introducing the third spatial dimension into real property records.

3.1 Studies in 3D property cadastre between 2000 and 2010

The first results of the studies in the research domain of 3D real property cadastres, which strongly affected further international research efforts, were published at the turn of the millennium (Stoter, 2000; Stoter and Zevenbergen, 2001). The authors find that the 2D system to register the legal status of real estate objects in many cases does not provide enough legal security regarding the rights and restrictions on real property objects and it can also no longer satisfy other functionalities of the land administration system.

3.1.1 Early internationally recognised studies, discussions, and publications

The previously mentioned research work at the Delft University of Technology, the Netherlands, was an introduction to the first workshop on the topic of real property cadastres in 2001, organised by FIG, which sparked interest and strengthened the topic of 3D cadastres in the research sphere. The workshop introduced the classification of the research field into legal, technical, and organisational aspects, which have been preserved, almost without modification, to this day. The workshop featured presentations on land administration systems in individual countries, existing ways of solving complex cases of real property registration where there is a need for vertically stratified allocation of rights, and on possibilities for further development (Grinstein, 2001; Huml, 2001; Menda, 2001; Onsrud, 2001; Ossko, 2001; Rokos, 2001; Viitanen, 2001). Among them was the presentation of the then introduced Building Cadastre in Slovenia (Pogorelčnik and Korošec, 2001).

The conclusions were drawn by Lemmen and Oosterom (2003) as an introduction to the special issue of the international journal *Computers, Environment and Urban Planning*, which published selected papers from this workshop. In his work, Molen (2003) argues that changes in complex systems, such as that of the cadastre, always require organisational development of institutional conditions and that they need to follow technological progress. The dilemma, i.e. the difference between legal objects and objects representing physical structures in space, is particularly underlined. Onsrud (2003) presented a new regulation in Norway, which was being adopted at the time, allowing for registering 3D properties to settle rights and restrictions on “construction properties”. The possibility of combining this regulation with the existing one, based on the condominium concept, was presented. Back then, the real property registration system in Norway was still completely based on 2D parcels, partially even in analogue form.

The author saw no real possibility in the near future to technically register legal 3D property units as 3D objects. A major challenge in 3D cadastres, which remains pertinent today, was how to efficiently model cadastral data in information systems, as reflected in several papers published in the aforementioned special issue (Billen and Zlatanova, 2003; Stoter and Ploeger, 2003; Tse and Gold, 2003). Tse and Gold (2003) propose using a Triangulated Irregular Network (TIN) to model geometry and topology of 3D cadastral objects, which they justify by the feasibility of the proposed solution. Billen and Zlatanova (2003) also study how to model spatial objects, with an emphasis on spatial relationships. Stoter and Ploeger (2003) present the ways of developing conventional systems towards a 3D cadastre.

The doctoral thesis by Stoter (2004) is the first extensive research work on the 3D cadastre, which comprehensively discusses its technical aspect, while also delving into its legal and organisational aspects. It presents several practical cases in the Netherlands, where the two-dimensional approach in land administration is no longer meeting the demands for transparent real property registration. By analysing the state of land administration internationally and a detailed analysis of selected countries, she found that up to the point no country had developed a system for 3D registration of property units; moreover, it was not actively developed anywhere. She underlined and made clear the rationale to introduce 3D cadastres in selected study cases. She particularly addressed modelling, administration, and presentation of data on real properties in a 3D environment. Furthermore, she discussed the capacity of information technology for establishing databases, solutions for 3D geometry storage, procedures for validating the accuracy of the information recorded, and data administration functions of the time. In her research for her doctoral thesis, she developed three cadastral data models. The first one is an upgrading of existing cadastral systems, by storing links to 3D data, which are stored separately. The hybrid model preserves the existing role of the traditional 2D cadastre as the basis onto which rights, restrictions, and responsibilities are bound, but it allows for registration of 3D objects to show more clearly the situation regarding rights and restrictions in space in special cases. The real 3D cadastre allows for registration of volume parcels. 3D parcels assume the role of cadastral objects – the parcels in the cadastre are no longer defined as 2D polygons, but rather as 3D bodies, while in the case of traditional parcels lacking the vertical division they are defined as upright towers, which are not vertically limited. Hence, this is a volumetric division of the entire space with 3D property units.

Here, the activities of the United Nations Economic Commission for Europe should be mentioned, which in 2004, to support the development of efficient land administration systems, published guidelines focusing on real property units and object identifiers (United Nations Economic Commission for Europe, 2004), which importantly underlines the role of modern cadastre from the economic viewpoint. This document should help to align terminology and understand the differences between the systems of individual countries, facilitating international collaboration and data exchange in the field. It also touches upon the problem of the third spatial dimension of real property units, the condominium or strata title, and mineral extraction sites.

3.1.2 3D cadastre and data models

Rather than introducing the storage of the additional spatial dimension, the introduction of the 3D cadastre entails radical changes of the entire cadastral data model. The start of 3D cadastre development

in the late 1990s coincides with the intensive period of introducing computer modelling in land administration as well. In 2003 the first proposal for a cadastral data model³ was proposed to unify the concepts and data models of national systems (Oosterom and Lemmen, 2003). 3D cadastre is highlighted as a special case, defined as a possible upgrade or extension of the CCDM, along with the temporal aspect (Oosterom, Lemmen and Molen, 2004). In the latter case, the authors refer to the study by Stoter (2004).

3D models of physical objects (buildings and infrastructure) are not included into the Core Cadastral Domain Model (CCDM), but they are included into the set of relevant and related topics. The primary guidelines in developing CCDM are the inclusion of a maximum range of common characteristics of cadastral systems worldwide, as set out in *Cadastral 2014* (Kaufmann and Steudtler, 1998) and specified in international standards (Oosterom *et al.*, 2006). Great attention was given to the determination of its thematic scope; the authors developed CCDM in a very narrow manner but at the same time predicted the option of various thematic extensions. Such design facilitates the adjustment of the model to various systems around the world and at the same time preserves the basic level of comparability, i.e. common characteristics of cadastral systems. Further development of the model made it possible to include 3D parcels using the concept of bound surfaces, but with the limitation, i.e. that the area in question is recorded exclusively either in 2D format or 3D format. CCDM was the predecessor of the LADM model⁴. This new name of the model was first mentioned in 2008 (Groothedde *et al.*, 2008). FIG proposed the model to become an ISO standard (Lemmen, Oosterom and Uitermark, 2009) and since 2012 it has been officially published as ISO 19152:2012 standard (LADM, 2012).

In the initial period of research activities concerned with 3D property cadastre, studies and analyses of 3D geo-objects to be used in the 3D cadastre were carried out (Billen and Zlatanova, 2003; Tse and Gold, 2003). Stoter and Oosterom (2002) present the possibilities of modelling geo-objects in DBMS, providing the basis for managing cadastral systems from the perspective of information technology. Studies discuss management of 3D geo-objects in DBMS⁵ in terms of modelling, functionality, and visualisation (Zlatanova, 2006; Khuan, Abdul-Rahman and Zlatanova, 2008). 3D objects can be represented as tetrahedrons, polyhedrons, and multipolygons. In these papers, authors argue that 3D geo-objects can, indeed, be stored, as DBMSs support the storage of spatial features, such as points, lines, and polygons in 3D space, but difficulties arise in terms of their administration, analysis, transmission, and visualisation. These problems stemmed from the fact that, at the time, DBMS did not yet support the data type of volumetric 3D objects and thus did not allow for management of such data and analyses in a 3D environment.

The checking of compliance of data with their formal definition is one of the most important aspects of data management; this also refers to 3D spatial data (Kazar *et al.*, 2008; Ledoux, Verbree and Si, 2009). This is highly significant in reference to 3D cadastres as well (Karki, Thompson and McDougall, 2010). Rather than focusing on the internal validity of individual objects, the authors addressed them in the context of a 3D cadastral system, where interrelationships between 3D objects and 2D parcels are important.

Time, i.e. the temporal aspect, as the fourth dimension of reality, is among the key cadastral data components. The first explorations in this field (Oosterom *et al.*, 2006) deal with time-sensitive cases and focus

³ Core Cadastral Domain Model (CCDM)

⁴ Land Administration Domain Model

⁵ Database Management System (DBMS)

on the meaning of adding the temporal component to the cadastral data model, regardless of it being a 2D or a 3D cadastre. The temporal aspect is also addressed in the framework of the LADM standard that was proposed at the time (Döner *et al.*, 2008) and investigated on the case of registering underground infrastructures in various countries. The authors establish the relationship between the legal object and the physical object of underground utility networks by buffering, and at the same time distance themselves from registering the geometric description of the physical object in the cadastre. Notably, the authors argue that land administration systems have from the very beginning dealt with three dimensions as well as the temporal dimension within the current technical structure, i.e. as attributes. The temporal part of the data model is thus based on registering situations in time, i.e. “snapshots”, which is basically done in most cadastral systems, or registering the initial situation and all ensuing events.

3.1.3 Legal aspects of the 3D cadastre

In early investigations on the 3D property cadastre, the legal topic was given significant less consideration than studies focusing on information technology. The first comprehensive and extensive study concerned with the legal aspects of the 3D property cadastre in the broader international context was done in Sweden (Paulsson, 2007), where the author dealt with the basic problem of defining a 3D property unit. With the purpose of universality, she defines it as a spatial unit that is delimited both horizontally and vertically. She divides rights, restrictions, and responsibilities, which are distributed in space, into condominium ownership, i.e. strata title, and independent 3D areas of rights. The strata title is treated as an established means of settling rights, which are delimited both horizontally and vertically, and therefore it is thoroughly examined in this work. The author comprehensively and systematically examines, and compares, four selected legal systems, which have different traditions and use different property right registration procedures in terms of their horizontal and vertical division: Germany with its traditional system of strata-title ownership and codified law, Sweden with a detailed legal system and new legislation allowing for registration of independent 3D property units, and Australian federal states New South Wales and Victoria, with ordinary law and legislation allowing for establishment of both strata title and independent 3D property units.

3.1.4 Organisational aspect – 3D cadastre situation and perspectives

Many publications from the first decade of intensified research on 3D property cadastres represent the situations and perspectives of introducing the 3D property cadastre in the individual countries. Most of them analyse the existing cadastral systems from their legal and technical aspects, complex cases where property registration should be tackled in three dimensions, and the options of 3D cadastre introduction in individual countries. These include specific conceptual designs, nevertheless, in all cases the technical solutions are, for the time being, practically not yet directly applicable.

The possibilities of 3D cadastre establishment were studied in Israel (Benhamu and Doytsher, 2003), where solutions were sought on the principle of multi-layered cadastres, which could contain, along with the data layer for traditional parcels, the data layers for structures above and below the surface (Benhamu and Doytsher, 2001; Benhamu, 2006). Technical challenges, related to Israel and beyond, were discussed by Peres and Benhamu (2009), when the efforts towards operational⁶ implementation of

⁶ In this paper, the term “operational” refers to the actual use/implementation of something in the cadastral system of a certain country.

3D cadastre had already strengthened. It is also worth mentioning China, where private property can be established on built structures only. Tang and Yang (2009) developed a conceptual model to enable registration of 3D property units, while recognising that, at the time, it was not yet feasible due to the lack of data and non-existent information and technological solutions for storing and managing 3D data. The literature reveals that Australian federal states New South Wales, Victoria (Paulsson, 2007), and Queensland (Stoter, 2004) have a tradition of a particular statutory scheme and registration of 3D property units. These can also apply to non-built-up areas above or below the Earth's surface. From the perspective of storing data on property unit geometry, the property registration system in all the federal states mentioned was entirely based on 2D concepts.

In this period Norway adopted legislation allowing for establishment of independent 3D property units (Valstad, 2010). The basic characteristics of this legislation were previously addressed by Onsrud (2003). Registration of independent 3D real property units is possible only for the purpose of registering engineering objects (Valstad, 2006), similarly as in Sweden (Eriksson, 2005; Paulsson, 2007). The cadastral system in both countries technically did not allow for digital registration of 3D geometry of property units. Registration of a single apartment as an independent 3D unit is not possible neither in Sweden nor in Norway. For this, the condominium registration has to be used, which regulates relationships between individual property units of a building. It should be underlined that both countries have a single land administration system, which was years ago established by combining the former dual system (legal and technical). This fact is stressed because of the organisational and institutional aspects of introducing the 3D cadastre and other major changes into land administration.

Contrary to the previously mentioned countries, which are in this period addressed more often due to their way of managing and registering 3D property units, the Netherlands kept the traditional organisation of its cadastral system. For several decades, the Netherlands has had a single land administration system inside one organisation (previously it had a dual system consisting of a land cadastre and a land register). The fact that the Netherlands frequently comes up in studies is the result of Dutch researchers' efforts and collaboration of the academic sphere and the surveying administration, which at the beginning of the decade greatly accelerated studies into 3D cadastres (Stoter and Ploeger, 2003; Stoter and Salzmann, 2003; Stoter, 2004).

In the first decade, by introducing the Building Cadastre, Slovenia set the basis for developing the 3D cadastre (Pogorelnik and Korošec, 2001; Rijavec, 2009), but to date there have not been any major steps taken in this direction, while a major problem is also the poor link between land parcels and buildings, deficiencies in cadastral recording of engineering structures and infrastructural works (that are not buildings), and the insufficient data model of the Building Cadastre (see also Drobež, 2016; Drobež *et al.*, 2017).

In terms of operational implementation of the 3D real property cadastre in practice, the literature at the end of the decade often highlights that further development in all relevant fields is necessary, with the exception of the legal field in some countries, where there are practically no legal constraints. Interestingly, the study by Çağdaş and Stubkjær (2009), analysing methodological approaches used in doctoral researches concerned with cadastral system development, does not recognise the 3D cadastre nor the aforementioned doctoral studies (Stoter, 2004; Paulsson, 2007) as an important part of modern cadastre development.

3.2 Studies concerned with the 3D cadastre after 2010

In 2011 a survey was conducted among the members of FIG Working Group on 3D Cadastres, with 36 member states of this group taking part (Oosterom *et al.*, 2011). The survey's content focused on inventorying the situation by countries in 2010 and their expectations for 2014. The results of the survey importantly contribute to studies on 3D cadastres, as they allow free access to the extensive set of data on cadastral systems in many countries. The authors of the survey find that countries have different cadastral systems, where the incongruent perception of the 3D cadastre stems from. The differences are mostly regarding the understanding of the connection of traditional 2D parcels and 3D property units with physical structures. By the time no country had developed the system for storing and managing 3D data on property units in cadastres. Most of them were highly restrained in their plans and expectations for 2014. In 2014 representatives of 31 replied to the second, updated survey on the condition and expectations in 3D cadastre for 2018 (Oosterom, Stoter and Ploeger, 2014). In all countries, where the legal system allowed for registration of 3D property units, the ways of data registration, storing, and management were still based on 2D cadastre. What the countries had in common was that digital cadastral databases were mostly "incongruent" with the standard scheme ISO 19152:2012 (LADM, 2012). China stands out in terms of storing 3D data in digital format, stating in the replies to the survey that their database allows for storing, validating, and managing the 3D geometry of property units. Nevertheless, In the Chinese case we find an extremely small total number of parcels given the size of the country, so we assume that this situation is valid only for limited (urban) areas of China. Later studies (Guo *et al.*, 2013; Ho *et al.*, 2013; Dimopoulou, Karki and Roič, 2016; Stoter *et al.*, 2017) also confirm that at the beginning of the decade China did not have a fully operational 3D cadastral system.

In 2011, the second workshop on 3D cadastre took place in the Netherlands, 10 years after the first one. Interestingly, the next, third, workshop was planned to take place in two or three years, but it was held the very next year, which shows the growing international interest in research and knowledge exchange in this field. The report from the 2011 workshop (Banut, 2011) breaks down the situation in individual development fields of the 3D cadastre, divided into legal aspects, first registrations of 3D property units, administration of 3D spatial data and visualisation, transmission of data, and accessibility of data on 3D property units:

- The problem of terminological incongruency and various definitions of 3D cadastre was highlighted in the legal field.
- More than two thirds of the papers at the 2011 workshop describe land administration systems and different regulations for vertical stratification of property units from the perspective of current studies and data models.
- The field of managing digital 3D spatial data, particularly the fields of analyses and operations in DBMS and GIS⁷, has been strongly lagging behind the field of 3D visualisation of spatial data, which made strong progress in the first decade of this millennium. The importance of electronic accessibility of 3D property cadastral data and 3D web-based visualisation techniques is underlined.

The thematic focus of the third workshop in 2012 was development and best practices in 3D cadastre (Oosterom, 2012). The need for more studies and comparative analyses of legal schemes in various coun-

⁷ *Geographical Information System*

tries and the requirement to use existing standards, both in terms of modelling property units (LADM) and modelling physical spatial structures in land administration information systems, were expressed. Inter alia, the meaning of visualisation of 3D property objects was stressed, as the needs and challenges are different than with visualisation of more commonly used 3D models of cities and landscapes.

Based on the papers from FIG workshops and conferences in 2011 and 2012, Oosterom (2013) provides an overview of development in 3D cadastres and presents the most important topics for further studies. We particularly underline the topics that remain topical at a global level today:

- As mentioned earlier, the lack of studies concerned with legal aspects was discussed by Paulsson and Paasch (2013) after reviewing 156 publications in English between 2001 and 2011. They identified the lack of terminological and comparative studies that would cover several countries and several 3D cadastre legal schemes.
- Heights and vertical systems in 3D cadastres were addressed in detail for the first time by Navratil and Unger (2013). They represented the general problems of vertical reference systems, restrictions, and demands of 3D cadastres, also on practical cases. The greatest attention is given to the analysis of strengths and weaknesses of using absolute and relative heights in the 3D cadastre.
- An important element, which greatly influences the dynamics of establishing the 3D cadastre, is its cost–benefit relationships. One of such studies, with reference to Trinidad and Tobago, found a positive cost/benefit ration in urban, densely populated areas and the oil mining areas (Griffith-Charles and Sutherland, 2013). The authors conclude that it is reasonable to explore the possibility of introducing the 3D cadastre in selected areas only, where benefits exceed costs.
- Operational implementation of 3D cadastres, inter alia, requires the specification of clear rules regarding division of space into 3D property units, their modelling in the 3D environment, and, at the same time, coupled with validation procedures as to their compliance with the rules set. This is much more difficult in three spatial dimensions, as the set of rules is more extensive and the procedures of compliance verification are more complex than in the conventional 2D cadastre. Karki, Thompson and McDougall (2013) thoroughly studied this field and developed specific solutions and a set of challenges and questions that remain to be solved. They conclude that the development of land administration systems towards the 3D cadastre is not possible in a short period of time. One of the solutions is the gradual adaptation of existing systems, as argued by Guo *et al.* (2013). On the case of the Chinese cadastre, authors stem from the existing legal system and the 2D cadastral data model, into which they include elements of the 3D cadastre. This paper is also interesting when compared to the results of the previously mentioned research on 3D cadastre development by Oosterom, Stoter and Ploeger (2014), where we could have made the wrong assumption the China had had a fully operational 3D cadastral system before 2014.
- The comparison of cadastral systems of various countries is difficult due to their diversity. Pouliot, Vasseur and Boubehrezh (2013) compared cadastral system models in France and Canada with a focus on the third spatial dimension based on the LADM standard (2012). They identified, as the most demanding part, the transformation of the data model of the individual system into the standard LADM scheme, which then allows for direct comparison between various cadastral systems, their classes, and attributes. They propose and justify the inclusion of volumetric geometry in the standard, which would increase the applicability of the LADM standard in the 3D cadastre as well.

The papers in the fourth FIG workshop on the topic of 3D cadastre in 2014 were mostly technically oriented, regardless of the voiced concerns about the lack of consideration of the legal problem (Paulsson and Paasch, 2013):

- At the workshop, the legal aspect was addressed as a main topic only in one presentation, on the case of the national study for Poland (Karabin, 2014).
- There was a growing consideration of the ISO standard LADM (2012) and the open standardised data model CityGML by OGC⁸ (CityGML, 2012), which were found, in a combination or separately, in eight publications. Compared to the previous workshops, the number of studies and presentations of national cadastral systems dropped. Two publications were particularly interesting (Almeida *et al.*, 2014; El-mekawy, Paasch and Paulsson, 2014), as they discussed voluntary geographical information and linked BIM⁹ solutions with the 3D cadastre. These two topics were presented as a challenge to the 3D cadastre, as both areas are intensively studied in the wider area of geosciences. Building Information Modeling (BIM) provides a potential for developing a 3D cadastre, and together they provide an important area for future research (Rajabifard, 2014).
- The content of publications shows the growing interest in studies on 3D visualisation (Navratil and Fogliaroni, 2014; Pouliot, Wang and Hubert, 2014; Ribeiro, de Almeida and Ellul, 2014) which is confirmed by two extensive doctoral dissertations from the period (Shojaei, 2014; Wang, 2015). Wang (2015) focused on evaluating the suitability of 3D model visualisations for the case of strata title, while Shoaiei (2014) mostly analysed user requirements and needs.

3.2.1 Challenges related to the 3D cadastre from a legal perspective

Even though the legal aspect of the 3D cadastre was not given significant consideration at the 2014 FIG workshop, this research domain remains topical at the international level. In land administration and property records the concepts of physical and abstract space meet, where rights, restrictions and responsibilities are associated to “abstract” spatial units. With incomplete knowledge of the field they can be equated based on coincidence of boundaries of physical structures and rights, i.e. restrictions in some cases. The division of space from the legal aspect is fundamentally abstract, while its link with physical space is established in various forms and from various reasons, while it varies from one legal system to another. The 3D cadastre domain is mostly directed towards treating partitioning of buildings into property units, as a relationship between space of legal significance and physical space and its structures (Aien, 2013; Aien *et al.*, 2013, 2015) therefore physical boundaries are often equated with legal boundaries. In these studies, the authors developed the 3DCDM data model¹⁰, which combines the physical and legal aspects of dividing space for the needs of the 3D cadastre.

The evolution of the 3D cadastre in the first decade led to discrepancies regarding legal definitions of a property in three dimensions (Paasch and Paulsson, 2012). The authors find that the latter causes problems also in research, where inconsistent definitions of basic terminology limit the possibilities of comparative analyses and studies. They emphasise that the legal definition of a property in three dimensions must be broad enough to be acceptable in most legal systems. Secondly, the definition must provide a clear and unique definition of the property and delimit it from the traditional property in two dimensions. The authors propose using a universal definition of 3D properties, as previously proposed by Paulsson (2007).

⁸ Open Geospatial Consortium: <http://www.opengeospatial.org/>

⁹ Building Information Modelling

¹⁰ 3D Cadastral Data Model

Among interesting legally-oriented studies is that by Ho *et al.* (2013) where the authors argue that the significant barriers to 3D cadastre implementation lie not in technology, which is developed well enough, nor in legal systems, as in many countries, they allow for registration of 3D property units – instead, there must be a limiting factor, inertia, preventing faster 3D cadastre implementation. Authors explain and break down this inertia by introducing the institutional theory and justifying that the reasons for slow changes lie in the slow adaptability within organisations responsible and the strongly rooted 2D concept in land administration systems. Oosterom and Lemmen (2015) stress that 3D (and 4D) administration are among the most significant development trends in land administration and thus also the LADM standard. They present the studies arising from the first thematic workshop after the publication of the LADM standard, among which two studies treat the topic of 3D cadastre development in Korea and Malaysia (Lee *et al.*, 2015; Zulkifli *et al.*, 2015).

3.2.2 Challenges of introducing the 3D cadastre

A special topic in developing the 3D cadastre is its operational implementation. The first studies concerned with the topic were done under the Dutch project intended to help the transition to the 3D cadastre, which is based on two implementation phases (Stoter, Oosterom and Ploeger, 2012; Stoter, Ploeger and Oosterom, 2013). The first phase was to gain experience, adjusting its solutions to existing legal and technical frameworks. Its implementation part relates to the possibility of property registration based on a PDF document, which contains 3D geometry and is connected with other data about the property through a link in the database. The assessment of registration and system maintenance costs is interesting as, for new buildings, they should not be higher than the existing registration costs. Today, the first phase of implementing 3D cadastre allows for solving some complex situations, particularly to unambiguously show the division into property units, while the existing 2D land administration system basically remains the same. The second phase is far more ambitious, as it provides for 3D cadastre establishment, allowing for a comprehensive digital registration of property units, including geometry, in the form of 3D objects (volumetric bodies) directly in the cadastral database. Many issues arise in the second phase related to validation of 3D data geometries, required positioning and geometrical accuracy, data formats, inclusion of curved surfaces, partially open elements, etc. (Stoter *et al.*, 2017).

The project of 3D cadastral modelling in Russia began in collaboration with Dutch researchers. They developed a prototype that mostly focuses on the manner of modelling and representing 3D property units. In their designs, they defined a pilot project in a small area, where they would approach the real implementation of registration. Vandyшева *et al.* (2012) underline the meaning of automated control during the entry of new property units in the sense of compliance with previously set rules. Despite the intensified efforts for 3D cadastre establishment and land administration system upgrade in recent years, the Russian cadastral system is still based on two spatial dimensions (Ilyushina, Noszczyk and Hernik, 2017).

3.3 Current topics and studies on the 3D cadastre

The last FIG workshop on 3D cadastre took place in 2016. The fact that this research domain is active is also proven by the increased number of papers (31) compared to the previous workshop (25). Extended papers were collected in a special issue of the international journal *ISPRS International Journal of Geo-Information* entitled *Research in Development Progress in 3D cadastral systems 2017*.

Most notable is the major body of research around the analysis of situations in individual countries and the different possibilities for developing land administration systems, particularly publications focusing on technical solutions of modelling 3D property units in land administration information systems (Araújo and Oliveira, 2016; Dimas, 2016; Soon, Tan and Khoo, 2016; Gulliver, Haanen and Goodin, 2017). Other publications in internationally renowned journals also touch upon this field. Aien *et al.* (2017) underline six of the most established data models in the cadastre, where, due to the differences in land administration systems, many data models have emerged. The authors particularly highlight three of them (LADM, ePlan, ArcGIS Parcel Data Model) and analyse them in detail in terms of their usability for 3D cadastres. Data model 3DCDM, which was as part of his doctoral research developed by the lead author, is not included nor mentioned in the study. The authors conclude that some data models discussed allow for modelling 3D property units, but each of them has important limitations for 3D cadastre development.

At the research level, the legal domain of studies is strongly represented (Kitsakis and Dimopoulou, 2017; Vučić *et al.*, 2017), headed by an extensive comparative study of selected countries (Kitsakis, Paasch and Paulsson, 2016; Paasch *et al.*, 2016). Kitsakis, Paasch and Paulsson (2016) present the legal definition of 3D property units in various countries (Austria, Brazil, Croatia, Greece, Poland, and Sweden) and the plans for future development. Of these countries, Sweden is the only one that does not restrict registration of 3D property units in its legal system; however, data management in Sweden, and elsewhere, is still based on 2D concepts.

Another interesting study, by Janečka and Souček (2017), is concerned with data modelling in management in 3D cadastres. The authors discuss the current situation in the wider area of 3D geoinformatics, which covers concepts, data models, standards, and operations related to 3D spatial data. The emphasis is on the current capacities of spatial databases in view of modelling and managing 3D spatial data. The connection or integration of BIM data with the 3D cadastre data model is extremely topical. In relation to BIM data, a growing number of studies is focusing on modelling indoor spaces of buildings for the needs of registering property units (Oldfield *et al.*, 2016; Atazadeh, 2017). Atazadeh *et al.* (2017) treat BIM as the basis for managing rights and restrictions associated to buildings. They propose the extension of the data model so that it could support the input of data on the rights and restrictions inside buildings and their management. Among other, the authors address the topical questions of relationship of 3D units of legal significance and a building's physical model. Along with strengths, the authors discuss the limitations of the proposed approach, which include institutional barriers, the too extensive data structure, and the discrepancy between the planned structure and the structure actually built.

The research by Zlatanova *et al.* (2016) is oriented towards modelling indoor spaces of buildings, where in 2014 the standard OGC – IndoorGML (2014) was used for the first time as part of the studies into the 3D cadastre. In this paper the authors discuss the options for linking the aforementioned standard with the LADM standard. Further research in this area was done by Alattas *et al.* (2017). The IndoorGML standard is based on a multi-layered space-event model, which was originally intended for indoor navigation, as proposed in 2009 (Becker, Nagel and Kolbe, 2009). This group of authors also led the development of CityGML, the previously developed standard for modelling cities and landscapes in the 3D environment. The IndoorGML standard introduces a cellular approach to modelling indoor

spaces of buildings, using the duality principle (Munkres, 1984), coupled with mathematical graphs. It allows for the operation of the optimal path searching algorithms to support navigation as well as other algorithms based on topological relationships among the objects. The standard allows for extensions of the data model in the form of extension modules for various fields. Kang and Li (2017) particularly stressed the possibility of implementing the extension module of the IndoorGML standard to be used in the 3D cadastre. Linking outdoor city models and models of buildings' indoor spaces has been recognised as a research problem also by the United Nations Committee of Experts on Global Geospatial Information Management – UN-GGIM (2015).

4 CONCLUSIONS

The beginnings of introducing the term 3D cadastre date back to the publishing of the document *Cadastre 2014* (Kaufmann and Steudtler, 1998). To facilitate the materialisation of these goals, in 2001 FIG held the first workshop, which encouraged research into the 3D cadastre. The various aspects of developing 3D cadastres were set more clearly: legal, technical, and administrative, of which the first two are more strongly represented in studies. The first decade was characterised by many analyses of land administration systems in individual countries and proposals for their upgrading. They collectively concluded that additional development in all the mentioned research fields are needed to establish 3D registration.

Doctoral dissertation by Stoter (2004) left an indelible mark on the technical aspect of studying 3D cadastres. Most studies thereon related to her findings, definitions, and proposals. Two countries stand out in the legal field: Sweden, which in 2004 introduced the option of registering 3D property units in its legal system, and Australia with a longstanding tradition of possibilities to register independent 3D property units. The doctoral dissertation by Paulsson (2007) is among the most acclaimed studies into legal systems related to the 3D cadastre, providing a comprehensive review and insight into the legal aspect of the 3D cadastre. *Cadastre 2014* set off initial designs of CCDM to unify the key components of land administration systems, with open possibilities for including specificities, and characteristics of individual countries. This is the direct predecessor of the international standard LADM (2012), which basically does not restrict the evolution of the traditional 2D cadastre into the 3D cadastre.

The last decade of studies concerned with the 3D cadastre has been characterised by the publication of standards LADM (2012), CityGML (2012), and IndoorGML (2014). Most studies in this period study the possibility of using the standards, analyse the strengths and weaknesses of the individual standards and compare them, while fewer studies tackle the legal aspect, as previously found by Paulsson and Pasch (2013). During this time, Dutch researchers importantly contributed to implementing the concepts of the 3D cadastre into practice; in the future it will be interesting to see how a growing number of countries will decide to include the third dimension in the cadastre. Research challenges in 3D cadastres also relate to the integration of data from other domains, particularly research regarding the use or inclusion of BIM data in the 3D data model, and vice versa. The treatment or modelling of indoor structure of buildings is also topical; it is complex both from the aspect of data structure and complexity of data models as well as from the aspect of data acquisition and integration of models of indoor spaces and outdoor models of cities and landscapes (UN-GGIM, 2015).

Acknowledgements

This review article is the result of work undertaken under research programme No. P2-0227 entitled “Geoinformation Infrastructure and Sustainable Spatial Development of Slovenia”, co-financed by the Slovenian Research Agency (ARRS) from the national budget.

References

- Aien, A. (2013). 3D Cadastral Data Modelling. Doctoral thesis. Melbourne: University of Melbourne.
- Aien, A., Kalantari, M., Rajabifard, A., Williamson, I., Wallace, J. (2013). Towards integration of 3D legal and physical objects in cadastral data models, *Land Use Policy*, 35, 140–154. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.05.014>
- Aien, A., Rajabifard, A., Kalantari, M., Shojaei, D. (2015). Integrating Legal and Physical Dimensions of Urban Environments. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 4 (3), 1442–1479. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/ijgi4031442>
- Aien, A., Rajabifard, A., Kalantari, M., Williamson, I. (2017). Review and Assessment of Current Cadastral Data Models for 3D Cadastral Applications. In Rahman, A. A. (Ed.) *Advances in 3D Geoinformation, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography* (pp. 423–442). Berlin: Springer-Verlag. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-25691-7_24
- Alattas, A., Zlatanova, S., van Oosterom, P., Chatzinikolaou, E., Lemmen, C., Li, K. J. (2017). Supporting Indoor Navigation using Access Rights to Spaces Based on Combined Use of IndoorGML and LADM Models. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6 (12), 1–32. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/ijgi6120384>
- Almeida, J. D. De, Haklay, M., Ellul, C., Carvalho, M.-M. (2014). The Role of Volunteered Geographic Information towards 3D Property Cadastral Systems. 4th International Workshop on 3D Cadastres, 9–11 November 2014 (pp. 219–238). Dubai, United Arab Emirates.
- Araújo, A. L. De, Oliveira, F. H. De (2016). Overlapping Characterization of Spatial Parcels in Brazil: Case in Florianópolis. 5th International FIG 3D Cadastre Workshop, 18–20 October 2016 (pp. 405–418). Athens, Greece.
- Atazadeh, B. (2017). Assessing Performance of Three BIM-Based Views of Buildings for Communication and Management of Vertically Stratified Legal Interests. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6 (7), 1–22. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/ijgi6070198>
- Atazadeh, B., Kalantari, M., Rajabifard, A., Ho, S., Ngo, T. (2017). Building Information Modelling for High-rise Land Administration. *Transactions in GIS*, 21 (1), 91–113. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/tgis.12199>
- Banut, R. (2011). Overview working sessions. 2nd International Workshop on 3D Cadastres, 16–18 November 2011 (pp. 1–10). Delft, the Netherlands.
- Becker, T., Nagel, C., Kolbe, T. H. (2009). A multilayered space-event model for navigation in indoor spaces. In Lee, J., Zlatanova, S. (Eds.) *3D Geo-Information Sciences* (pp. 61–77). Berlin: Springer-Verlag. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-87395-2>
- Benhamu, M. (2006). A GIS-Related Multi Layers 3D Cadastre in Israel. XXIII International FIG Congress, 8–13 October 2006 (pp. 1–12). Munich, Germany.
- Benhamu, M., Doytsher, Y. (2001). Research Toward A Multilayer 3-D Cadastre: Interim Results. 1st International Workshop on 3D Cadastres, 28–30 November 2001 (pp. 35–51). Delft, the Netherlands.
- Benhamu, M., Doytsher, Y. (2003). Toward a spatial 3D cadastre in Israel. *Computers, Environment and Urban Systems*, 27 (4), 359–374. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0198-9715\(02\)00036-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0198-9715(02)00036-4)
- Billen, R., Zlatanova, S. (2003). 3D spatial relationships model: a useful concept for 3D cadastre? *Computers, Environment and Urban Systems*, 27 (4), 411–425. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0198-9715\(02\)00040-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0198-9715(02)00040-6)
- CityGML (2012). OGC CityGML 2.0, Open Geospatial Consortium, OGC 12-019
- Çağdaş, V., Stubkjær, E. (2009). Doctoral research on cadastral development. *Land Use Policy*, 26 (4), 869–889. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2008.10.012>
- Dimas, E. (2016). 3D Cadastral Objects of the Hellenic Cadastre. 5th International FIG 3D Cadastre Workshop, 18–20 October 2016 (pp. 331–332). Athens, Greece.
- Dimopoulou, E., Karki, S., Roič, M. (2016). Initial Registration of 3D Parcels. 5th International FIG 3D Cadastre Workshop, 18–20 October 2016 (pp. 105–132). Athens, Greece.
- Döner, F., Thompson, R., Stoter, J. E., Lemmen, C., Ploeger, H., van Oosterom, P. (2008). 4D Land Administration Solutions in the Context of the Spatial Information Infrastructure. FIG Working Week, 14–19 June 2008 (pp. 1–25). Stockholm, Sweden.
- Drobež, P. (2016). Analiza možnosti vzpostavitve 3D katastra ob uporabi virov daljinskega zaznavanja. Doctoral thesis. Ljubljana: University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering.
- Drobež, P., Kosmatin Fras, M., Ferlan, M., Lisec, A. (2017). Transition from 2D to 3D real property cadastre: The case of the Slovenian cadastre, *Computers, Environment and Urban Systems*, 62, 125–135. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compenvurbysys.2016.11.002>
- El-mekawy, M., Paasch, J., Paulsson, J. (2014). Integration of 3D Cadastre, 3D Property Formation and BIM in Sweden. 4th International Workshop on 3D Cadastres, 9–11 November 2014 (pp. 17–34). Dubai, United Arab Emirates.
- Eriksson, G. (2005). A New Multi-Dimensional Information System Introduced in Sweden. FIG Working Week 2005 (pp. 1–15). Cairo.
- Griffith-Charles, C., Sutherland, M. (2013). Analysing the costs and benefits of 3D cadastres with reference to Trinidad and Tobago. *Computers, Environment and Urban Systems*, 40, 24–33. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compenvurbysys.2012.07.002>
- Grinstein, A. (2001). Aspects of a 3D Cadastre in the New City of Modi'in, Israel. 1st International Workshop on 3D Cadastres, 28–30 November 2001 (pp. 25–33). Delft, the Netherlands.

- Groothedde, A., van der Molen, P., Lemmen, C., van Oosterom, P. (2008). A Standardized Land Administration Domain Model As Part Of The (spatial) Information Infrastructure. In van Oosterom, P., Zlatanova, S. (Eds.) *Creating Spatial Information Infrastructures* (pp. 129–150). CRC Press. DOI: <http://dx.doi.org/10.1201/9781420070729.ch9>.
- Gulliver, T., Haanen, A., Goodin, M. (2017). A 3D Digital Cadastre for New Zealand and the International Opportunity. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6 (12), 1–375. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/ijgi6110375>.
- Guo, R., Li, L., Ying, S., Luo, P., He, B., Jiang, R. (2013). Developing a 3D cadastre for the administration of urban land use: A case study of Shenzhen, China. *Computers, Environment and Urban Systems*, 40, 46–55. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compenvurbysys.2012.07.006>.
- Ho, S., Rajabifard, A., Stoter, J., Kalantari, M. (2013). Legal barriers to 3D cadastre implementation: What is the issue? *Land Use Policy*, 35, 379–387. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.06.010>.
- Huml, M. (2001). How To Define Real Estate: 2D or 3D? Legal View, Conditions and Experiences in the Czech Republic. 1st International Workshop on 3D Cadastres, 28–30 November 2001 (pp. 293–299). Delft, the Netherlands.
- Ilyushina, T.V., Noszczyk, T., Hernik, J. (2017). Cadastral system in the Russian Federation after the modern transformation. *Survey Review*. Taylor & Francis, 0(0), 1–10. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/00396265.2017.1308700>.
- IndoorGML. (2014). OGC IndoorGML, Open Geospatial Consortium, OGC 14-005r4
- Janečka, K., Souček, P. (2017). A Country Profile of the Czech Republic Based on an LADM for the Development of a 3D Cadastre. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6 (5), 1–19. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/ijgi6050143>.
- Kang, H.-K., Li, K. J. (2017). A Standard Indoor Spatial Data Model—OGC IndoorGML and Implementation Approaches. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6 (4), 1–25. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/ijgi6040116>.
- Karabin, M. (2014). A Concept of a Model Approach to the 3D Cadastre in Poland: Technical and Legal Aspects. 4th International Workshop on 3D Cadastres, 9–11 November 2014 (pp. 281–298). Dubai, United Arab Emirates.
- Karki, S., Thompson, R., McDougall, K. (2010). Data validation in 3D cadastre. In T. Neutens, Maeyer, P. D (Eds.) *Developments in 3D Geo-Information Sciences, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography* (pp. 92–122). Berlin: Springer-Verlag. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-04791-6_6.
- Karki, S., Thompson, R., McDougall, K. (2013). Development of validation rules to support digital lodgement of 3D cadastral plans. *Computers, Environment and Urban Systems*, 40, 34–45. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compenvurbysys.2012.10.007>.
- Kaufmann, J., Steudtler, D. (1998). Cadastre 2014: A Vision for Future Cadastral Systems. Working Group 7.1, Commission 7, FIG, July 1998.
- Kazar, B. M., Kothuri, R., van Oosterom, P., Ravada, S. (2008). On Valid and Invalid Three-Dimensional Geometries. In van Oosterom, P., Zlatanova, S., Penninga, F., Fendel, E. (Eds.) *Advances in 3D Geoinformation Systems* (pp. 19–46). Berlin: Springer-Verlag. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-72135-2_2.
- Khuan, C.T., Abdul-Rahman, A., Zlatanova, S. (2008). 3D solids and their management in DBMS. In van Oosterom, P., Zlatanova, S., Penninga, F., Fendel, E. (Eds.) *Advances in 3D Geoinformation Systems* (pp. 279–311). Berlin: Springer-Verlag. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-72135-2_16.
- Kitsakis, D., Dimopoulou, E. (2017). Addressing Public Law Restrictions within a 3D Cadastral Context. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6 (7), 1–14. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/ijgi6070182>.
- Kitsakis, D., Paasch, J. M., Paulsson, J. (2016). 3D Real Property Legal Concepts and Cadastre : A Comparative Study of Selected Countries to Propose a Way Forward. 5th International FIG 3D Cadastre Workshop, 18-20 October 2016 (pp. 1–24). Athens, Greece.
- Koler-Povh T., Lisec A. (2015). Geodetski vestnik na poti boljše mednarodne prepoznavnosti. *Geodetski vestnik*, 59 (2), 289–319. DOI: <http://dx.doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2015.02.289-319>
- LADM. (2012). ISO 19152:2012. Geographic information—Land Administration Domain Model (LADM). International Organization for Standardization (ISO), Geneva, Switzerland.
- Ledoux, H., Verbree, E., Si, H. (2009). Geometric Validation of GML Solids with the Constrained Delaunay Tetrahedralization. 4th International Workshop on 3D Cadastres, 9–11 November 2014 (pp. 143–148). Dubai, United Arab Emirates.
- Lee, B.-M., Kim, T.-J., Kwak, B.-Y., Lee, Y., Choi, J. (2015). Improvement of the Korean LADM country profile to build a 3D cadastre model. *Land Use Policy*, 49, 660–667. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.10.012>.
- Lemmen, C., van Oosterom, P. (2003). 3D Cadastres. *Computers, Environment and Urban Systems*, 27 (4), 337–343. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0198-9715\(02\)00034-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0198-9715(02)00034-0).
- Lemmen, C., van Oosterom, P., Uitermark, H. (2009). Transforming the Land Administration Domain Model (LADM) into an ISO Standard (ISO19152). FIG Working Week, 3–8 May 2009 (pp. 1–24). Eilat, Israel.
- Menda, J. N. (2001). Registration of properties in strata in Kenya. 1st International Workshop on 3D Cadastres, 28–30 November 2001 (pp. 67–77). Delft, the Netherlands.
- van der Molen, P. (2003). Institutional aspects of 3D cadastres. *Computers, Environment and Urban Systems*, 27(4), 383–394. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0198-9715\(02\)00038-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0198-9715(02)00038-8).
- Munkres, J. R. (1984). *Elements of Algebraic Topology*. Edited by R. W. Mixer and C. W. Harris. Addison-Wesley.
- Navratil, G., Fogliarioni, P. (2014). Visibility Analysis in a 3D Cadastre. 4th International Workshop on 3D Cadastres, 9–11 November 2014 (pp. 183–196). Dubai, United Arab Emirates.
- Navratil, G., Unger, E. M. (2013). Reprint of: Requirements of 3D cadastres for height systems. *Computers, Environment and Urban Systems*, 40, 14–23. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compenvurbysys.2013.04.001>.
- Oldfield, J., van Oosterom, P., Quak, W., van der Veen, J. (2016). Can Data from BIMs be Used as Input for a 3D Cadastre?. 5th International FIG 3D Cadastre Workshop, 18–20 October 2016 (pp. 199–214). Athens, Greece.
- Onsrud, H. (2001). Making Laws for 3D Cadastre in Norway Making Laws for 3D Cadastre in Norway. 1st International Workshop on 3D Cadastres, 28–30 November 2001 (pp. 191–199). Delft, the Netherlands.
- Onsrud, H. (2003). Making a Cadastre law for 3D properties in Norway. *Computers,*

- Environment and Urban Systems, 27 (4), 375–382.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0198-9715\(02\)00037-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0198-9715(02)00037-6).
- van Oosterom, P. (2012). Third International FIG Workshop on 3D Cadastres – Developments and practices, 3rd International Workshop on 3D Cadastres, 25–26 October 2012 (pp. 1–6). Shenzhen, China.
- van Oosterom, P. (2013). Research and development in 3D cadastres. *Computers, Environment and Urban Systems*, 40, 1–6.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compenvurbysys.2013.01.002>.
- van Oosterom, P., Lemmen, C. (2003). Towards a Standard for the Cadastral Domain: Proposal to establish a Core Cadastral Data Model. *Journal of Geospatial Engineering*, 5 (1), 11–27.
- van Oosterom, P., Lemmen, C. (2015). The Land Administration Domain Model (LADM): Motivation, standardisation, application and further development. *Land Use Policy*, 49, 527–534. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.09.032>.
- van Oosterom, P., Lemmen, C., Ingvarsson, T., van der Molen, P., Ploeger, H., Quak, W., Stoter, J., Zevenbergen, J. (2006). The core cadastral domain model. *Computers, Environment and Urban Systems*, 30 (5), 627–660.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compenvurbysys.2005.12.002>.
- van Oosterom, P., Lemmen, C., van der Molen, P. (2004). Remarks and Observations related to the further development of the Core Cadastral Domain Model. *Proceedings of the Workshop Standardisation of the Cadastral Domain*, 9–10 December 2004 (pp. 1–19). Bamberg, Germany.
- van Oosterom, P., Ploeger, H., Stoter, J., Thompson, R. (2006). Aspects of a 4D cadastre: a first exploration. XXIII International FIG Congress, 8–13 October 2006 (pp. 1–23). Munich, Germany.
- van Oosterom, P., Stoter, J., Ploeger, H. (2014). Initial Analysis of the Second FIG 3D Cadastres Questionnaire: Status in 2014 and Expectations for 2018. 4th International Workshop on 3D Cadastres, 9–11 November 2014 (pp. 55–74). Dubai, United Arab Emirates.
- van Oosterom, P., Stoter, J., Ploeger, H., Thompson, R., Karki, S. (2011). World-wide Inventory of the Status of 3D Cadastres in 2010 and Expectations for 2014. FIG Working Week, 18–22 May 2011 (pp. 1–21). Marrakech, Morocco.
- Ossko, A. (2001). Problems in Registration in the Third Vertical Dimension in the Unified Land Registry in Hungary and Possible Solution. 1st International Workshop on 3D Cadastres, 28–30 November 2001 (pp. 305–314). Delft, the Netherlands.
- Paasch, J., Paulsson, J. (2012). Terminological Aspects on Three-dimensional Real Property. *Nordic journal of surveying and real estate research*, 8 (1), 65–80.
- Paasch J. M., Paulsson J., Navratil G., Vučić N., Kitsakis D., Karabin M., El-Mekawy M. (2016). Building a modern cadastre: legal issues in describing real property in 3D. *Geodetski vestnik*, 60 (2), 256–68.
DOI: <http://dx.doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2016.02.256-268>
- Paulsson, J. (2007). 3D property rights – An analysis of key factors based on international experience. Doctoral thesis. Stockholm: Royal Institute of Technology, Sweden.
- Paulsson, J., Paasch, J. M. (2013). 3D property research from a legal perspective. *Computers, Environment and Urban Systems*, Special issue 3D Cadastres II, 40, 7–13. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compenvurbysys.2012.11.004>
- Peres, N., Benhamu, M. (2009). 3D Cadastre GIS – Geometry, Topology and Other Technical Considerations. FIG Working Week, 3–8 May 2009 (pp. 1–14). Eilat, Israel.
- Pogorelčnik, E., Korošec, M. (2001). Land Cadastre and Building Cadastre in Slovenia: Current Situation and Potential of 3D Data. 1st International Workshop on 3D Cadastres, 28–30 November 2001 (pp. 79–90). Delft, the Netherlands.
- Pouliot, J., Vasseur, M., Boubehrez, A. (2013). How the ISO 19152 Land Administration Domain Model performs in the comparison of cadastral systems: A case study of condominium/co-ownership in Quebec (Canada) and Alsace Moselle (France). *Computers, Environment and Urban Systems*, 40, 68–78.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compenvurbysys.2012.08.006>.
- Pouliot, J., Wang, C., Hubert, F. (2014). Transparency Performance in the 3D Visualization of Bounding Legal and Physical Objects: Preliminary Results of a Survey Transparency Performance in the 3D Visualization of Bounding Legal and Physical Objects: Preliminary Results of a Survey. 4th International Workshop on 3D Cadastres, 9–11 November 2014 (pp. 173–182). Dubai, United Arab Emirates.
- Rajabifard, A. (2014). 3D Cadastres and Beyond. 4th International Workshop on 3D Cadastres, 9–11 November 2014 (pp. 1–16). Dubai, United Arab Emirates.
- Ribeiro, A., de Almeida, J.-P., Ellul, C. (2014). Exploring CityEngine as a Visualisation Tool for 3D Cadastre. 4th International Workshop on 3D Cadastres, 9–11 November 2014 (pp. 197–218). Dubai, United Arab Emirates.
- Rijavec, U. (2009). 3D-Katatsler stavb – Pogoji za vstop v tretje tisočletje. *Geodetski Vestnik*, 53 (4), 731–737.
- Rokos, D. (2001). Conceptual modeling of real property objects for the hellenic cadastre. 1st International Workshop on 3D Cadastres, 28–30 November 2001 (pp. 137–154). Delft, the Netherlands.
- Shojaei, D. (2014). 3D Cadastral Visualisation: Understanding User's Requirements. Doctoral thesis. University of Melbourne, Victoria, Australia.
- Soon, K. H., Tan, D., Khoo, V. (2016). Initial Design to Develop a Cadastral System that Supports Digital Cadastre, 3D and Provenance for Singapore. 5th International FIG 3D Cadastre Workshop, 18–20 October 2016 (pp. 419–432). Athens, Greece.
- Stoter, J. (2000). Needs, possibilities and constraints to develop a 3D cadastral registration system. UDMS 2000 Annual Congress (pp. 43–58). Savannah, USA.
- Stoter, J. (2004). 3D Cadastre. Doctoral thesis. TU Delft, Delft.
- Stoter, J. E., Ploeger, H. D. (2003). Property in 3D-registration of multiple use of space: Current practice in Holland and the need for a 3D cadastre. *Computers, Environment and Urban Systems*, 27, 553–570.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0198-9715\(03\)00014-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0198-9715(03)00014-0).
- Stoter, J., van Oosterom, P. (2002). Incorporating 3D geo-objects into a 2D geo-DBMS. *Proceedings FIG, ACSM/ASPRS* (pp. 1–12). Washington D.C.
- Stoter, J., van Oosterom, P., Ploeger, H. (2012). The Phased 3D Cadastre Implementation in the Netherlands. 3rd International Workshop on 3D Cadastres, 25–26 October 2012 (pp. 203–218). Shenzhen, China.
- Stoter, J., Ploeger, H., van Oosterom, P. (2013). 3D cadastre in the Netherlands: Developments and international applicability. *Computers, Environment and Urban Systems*, 40, 56–67.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compenvurbysys.2012.08.008>

- Stoter, J., Ploeger, H., Roes, R., van der Riet, E., Biljecki, F., Ledoux, H., Kok, D., Kim, S. (2017). Registration of Multi-Level Property Rights in 3D in The Netherlands: Two Cases and Next Steps in Further Implementation. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6 (6), 1–18. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/ijgi6060158>.
- Stoter, J., Salzmann, M. (2003). Towards a 3D cadastre: Where do cadastral needs and technical possibilities meet?. *Computers, Environment and Urban Systems*, 27, 395–410. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0198-9715\(02\)00039-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0198-9715(02)00039-X).
- Stoter, J., Zevenbergen, J. (2001). Changes in the definition of property: a consideration for a 3D cadastral registration system. *FIG Working Week 2001* (pp. 1–12). Seoul.
- Tang, K., Yang, M. (2009). Registration for 3d cadastre in China. 2009 International Forum on Computer Science-Technology and Applications, pp. 79–82. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/IFCSTA.2009.140>.
- Tse, R. O. C., Gold, C. (2003). A proposed connectivity-based model for a 3-D cadastre. *Computers, Environment and Urban Systems*, 27, 427–445. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0198-9715\(02\)00041-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0198-9715(02)00041-8).
- UN-GGIM (2015). Future Trends in geospatial information management: the five to ten year vision. Second edition. United Nations Committee of Experts on Global Geospatial Information Management.
- United Nations Economic Commission for Europe (2004). Guidelines on Real Property Units and Identifiers. Geneva, pp. 1–68.
- Valstad, T. (2006). Developments of the 3D Cadastre in Norway. XXIII International FIG Congress, 8–13 October 2006 (pp. 1–12). Munich, Germany.
- Valstad, T. (2010). At Last! After 10 Years in Waiting Norway Has a New Cadastral Law that also Includes 3D Objects. *FIG Congress 2010*, 11–16 April. Sydney, Australia.
- Vandyshcheva, N., Sapelnikov, S., Federation, R., van Oosterom, P., Vries, M. de, Spiering, B., Wouters, R. (2012). The 3D Cadastre Prototype and Pilot in the Russian Federation. *FIG Working Week 2012*, 6–10 May (pp. 1–10). Rome, Italy.
- Viitanen, K. (2001). 3D Property Ownership 3D Land Use in Finland. 1st International Workshop on 3D Cadastres, 28–30 November 2001 (pp. 91–97). Delft, the Netherlands.
- Vučić, N., Roić, M., Mader, M., Vranić, S., van Oosterom, P. (2017). Overview of the Croatian Land Administration System and the possibilities for its upgrade to 3D by existing data. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6, 1–20. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/ijgi6070223>.
- Wang, C. (2015). 3D Visualization of Cadastre: Assessing the Suitability of Visual Variables and Enhancement Techniques in the 3D Model of Condominium Property Units. Doctoral thesis. Quebec: Université Laval, Canada.
- Zlatanova, S. (2006). 3D Geometries in Spatial DBMS. In Abdul-Rahman, A., Zlatanova, S., Coors, V. (Eds.) *Innovations in 3D Geo Information Systems* (pp. 1–14). Berlin: Springer – Heidelberg. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-36998-1_1
- Zlatanova, S., van Oosterom, P., Lee, J., Li, K. J., Lemmen, C. H. J. (2016). Ladm and Indoorgml for Support of Indoor Space Identification. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, IV-2/ W1 (October), 257–263. DOI: <http://dx.doi.org/10.5194/isprs-annals-IV-2-W1-257-2016>.
- Zulkifli, N. A., Abdul Rahman, A., van Oosterom, P., Tan, L. C., Jamil, H., Teng, C. H., Looi, K. S., Chan, K. L. (2015). The importance of Malaysian Land Administration Domain Model country profile in land policy. *Land Use Policy*, 49, 649–659. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.07.015>.
- Zupan, M., Lisec, A., Ferlan, M., Čeh, M. (2014). Razvojne usmeritve na področju zemljiškega katastra in zemljiške administracije (= Development guidelines in the field of land cadastre and land administration). *Geodetski vestnik*, 58 (4), 710–723. DOI: <http://dx.doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2014.04.710-723>

Tekavec J., Ferlan M., Lisec A. (2018). A review of research on 3D real property cadastre. *Geodetski vestnik*, 62 (2), 249-265.

PREGLED RAZISKAV NA PODROČJU 3D-KATASTRA NEPREMIČNIN

OSNOVNE INFORMACIJE O ČLANKU:

GLEJ STRAN 249

1 UVOD

Urbani razvoj in z njim vse bolj zapleteni primeri razmejevanja prostora z vidika lastninske ali drugih pravic na nepremičninah zahtevajo nov pristop v zemljiški administraciji, ki omogoča evidentiranje in spreminjanje nepremičninskih enot ter z njimi povezanih podatkov v treh prostorskih razsežnostih. Vse večja fizična in pravna kompleksnost grajenega, pa tudi naravnega okolja narekuje nadgradnjo modeliranja prostora v dveh razsežnostih, ki je tradicionalno navzoče v nacionalnih sistemih zemljiške administracije.

Področje zemljiške administracije je bilo od nekdaj zelo zahtevno za raziskave na mednarodni ravni, saj so države razvile svojevrstne sisteme, ki so med drugim zelo pogojeni z zgodovinskim ozadjem zemljiške administracije, s pravnim sistemom in družbeno ureditvijo, pa tudi s potrebami družbe na področju upravljanja prostora (Zupan *et al.*, 2014). Zaradi vse večjih potreb po razvoju sodobnih rešitev na področju zemljiške administracije se je pojavila zahteva po mednarodni primerljivosti in s tem po strukturirani obravnavi zemljišč ter pravic, omejitev in odgovornosti (angl. *rights, restrictions and responsibilities*) na njih. Rezultat številnih mednarodnih razprav na tem področju je v letu 2012 sprejeti mednarodni standard ISO 19152:2012: *Land Administration Domain Model (LADM)*.

Namen prispevka je podati širok pregled mednarodno prepoznanih objav in s tem predstaviti razvoj področja 3D-katastra nepremičnin v preteklih desetletjih. Na podlagi obravnavanih objav smo analizirali aktualne raziskovalne teme, ki na mednarodni ravni oblikujejo osrčje raziskovalnega dela na tem področju.

2 UPORABLJENA METODOLOGIJA IN VIRI

S področjem razvoja konceptov 3D-katastra ter tehničnih in pravnih rešitev za uvedbo 3D-katastra se ukvarjajo raziskovalci in razvijalci z različnih področij. Skupno vsem je, da se osredotočajo na precej specifično domeno, to je kataster nepremičnin, ki tako združuje dognanja na svetovni ravni. Glavni viri za našo raziskavo so bili dosegljivi viri in zapisi tematske delovne skupine za 3D-kataster mednarodnega združenja FIG¹, ki je že leta 2001 organizirala prvi mednarodni forum, s čimer je želela prispevati k razvojnim rešitvam na področju 3D-katastra nepremičnin. Pomemben vir za naše delo so bile objave v dveh tematskih številkah mednarodne znanstvene revije *Computers, Environment and Urban Planning* iz let 2003 in 2013, kjer je objavljen tudi pregled vsebin razprav v okviru organizacije FIG do leta 2012 (Oosterom, 2013), ter objave v reviji *ISPRS International Journal of Geo-Information* s tematsko številko *Research and Development Progress in 3D cadastral systems* iz leta 2017. Dodatno smo pregledali doktorske raziskave s tega področja in angleške članke v drugih mednarodnih revijah, ki so objavljeni s

¹ Fédération Internationale des Géomètres: www.fig.net.

široko uveljavljenim označevalcem elektronske lokacije DOI (angl. *digital object identifier*). V ta namen smo uporabili iskalnik *CrossRef*², ki je ena izmed rešitev za založnike in omogoča kreiranje navedenega označevalca ter uvrščanje revije v izjemno veliko mednarodno družino elektronskih znanstvenih in strokovnih objav (glej tudi Koler Povh in Lisec, 2015).

3 REZULTATI – PREGLED RAZVOJA PODROČJA 3D-KATASTRA NEPREMIČNIN

Začetki izrazitejšega oblikovanja zamisli o 3D-katastru nepremičnin segajo v leto 1994 z začetkom delovne skupine 7.1 mednarodnega združenja FIG, ki je leta 1998 objavilo vizijo razvoja katastra pod naslovom *Cadastré 2014* (Kaufmann in Steudtler, 1998). V dokumentu je izpostavljena vloga katastra kot pomembnega deležnika pri trajnostnem razvoju in odločitvah v prostoru. V dokumentu so podane pomembne opredelitve, ki med drugim kot osnovni nepremičninski element v katastru namesto parcele (parcelno orientiran kataster) uvajajo splošnejši izraz, to je 'objekt', na katerega so vezane pravice, omejitve in odgovornosti. Kataster naj bi tako celostno izkazoval stanje prostora ter zagotavljal pravno varnost in transparentnost glede pravic, omejitev in odgovornosti, ki se nanašajo na katastrske objekte. Napovedana sta bila konec ločevanja opisnih in grafičnih podatkov v katastru ter uvedba računalniškega modeliranja, ki nadomešča analogno katastrsko kartiranje, oboje kot posledica hitrega razvoja informacijske tehnologije. Navedene nove opredelitve in usmeritve so med drugim spodbudile razpravo o uvajanju tretje prostorske razsežnosti v nepremičninske evidence.

3.1 Raziskave na področju 3D-katastra nepremičnin v obdobju 2000–2010

Prvi rezultati raziskav, ki odpirajo raziskovalno področje 3D-katastrov nepremičnin in močno vplivajo na nadaljnjo mednarodno raziskovalno dejavnost, so bili objavljeni že na prelomu tisočletja (Stoter, 2000; Stoter in Zevenbergen, 2001). Avtorja ugotavljata, da registracija nepremičnin v dveh razsežnostih v številnih primerih ne prinaša zadostne pravne varnosti glede pravic in omejitev na nepremičninah, prav tako ne zadošča drugim funkcionalnostim sistema zemljiške administracije.

3.1.1 Prve mednarodno prepoznavne raziskave, razprave in objave

Že navedeno raziskovalno delo na Tehniški univerzi v Delftu na Nizozemskem pomeni uvod v prvo delavnico na temo 3D-katastrov nepremičnin v letu 2001, ki je bila organizirana pod okriljem zveze FIG, s tem pa se je razširilo zanimanje in utrdil položaj tematike 3D-katastrov v raziskovalni sferi. Uvedena je bila klasifikacija področja raziskav na pravne, tehnične in organizacijske vidike, ki se je v skoraj nespremenjeni obliki ohranila vse do danes. Na delavnici so prevladovalе predstavitve sistemov zemljiške administracije posameznih držav, obstoječih načinov reševanja zapletenih primerov registracije nepremičnin, kjer obstaja potreba po višinski razdelitvi pravic, in možnosti za nadaljnji razvoj (Grinstein, 2001; Huml, 2001; Menda, 2001; Onsrud, 2001; Ossko, 2001; Rokos, 2001; Viitanen, 2001). Med njimi najdemo tudi predstavitev takrat uvedenega Katastra stavb v Sloveniji (Pogorelčnik in Korošec, 2001).

Ugotovitve z navedene delavnice sta predstavila Lemmen in Oosterom (2003) kot uvod v tematsko številko mednarodne revije *Computers, Environment and Urban Planning*, kjer so objavljeni izbrani

² *CrossRef*: www.crossref.org, nazadnje pregledano 10. 1. 2018.

prispevki z delavnice. Molen (2003) v svojem delu izpostavi, da spremembe kompleksnih sistemov, kot je kataster, vedno zahtevajo tudi organizacijske spremembe v institucijah in da morajo le-te slediti tehnološkemu napredku. Posebej je izpostavljena dilema oziroma razlika med objekti pravnega pomena in objekti, ki predstavljajo fizične strukture v prostoru. Onsrud (2003) predstavi novo pravno ureditev na Norveškem, ki je bila v procesu sprejemanja in omogoča registracijo 3D-nepremičninskih enot za potrebe ureditve pravic in omejitev na grajenih objektih. Predstavljena je tudi možnost kombinacije navedene ureditve z obstoječo, ki temelji na konceptu etažne lastnine. Takratni sistem registracije nepremičnin na Norveškem je še v celoti temeljil na 2D-parcelah, deloma celo še v analogni obliki. Avtor v bližnji prihodnosti ni videl realnih možnosti, da bi pravno veljavne 3D-nepremičninske enote tudi tehnično lahko registrirali kot 3D-objekte. Velik izziv, ki je še vedno aktualen na področju 3D-katastra, je bil način učinkovitega modeliranja katastrskih podatkov v informacijskih sistemih, kar se odraža v več objavljenih prispevkih navedene tematske številke (Billen in Zlatanova, 2003; Stoter in Ploeger, 2003; Tse in Gold, 2003). Tse in Gold (2003) predlagata za modeliranje geometrije in topologije 3D-katastrskih objektov mrežo nepravilnih trikotnikov, kar utemeljita z izvedljivostjo predlagane rešitve. Tudi Billen in Zlatanova (2003) se ukvarjata z načinom modeliranja prostorskih objektov, s poudarkom na njihovih medsebojnih povezavah. Stoter in Ploeger (2003) predstavita možne načine razvoja tradicionalnih sistemov v smeri 3D-katastra.

Doktorska disertacija Stoterjeve (2004) je prvo obširno raziskovalno delo na področju 3D-katastra, v katerem je celovito obravnavan njegov tehnični vidik, dotika pa se tudi pravnega in deloma organizacijskega vidika. Predstavi več primerov iz prakse na Nizozemskem, kjer dvorazsežni pristop v zemljiški administraciji ne zadovoljuje zahtev po pregledni registraciji nepremičnin. Z analizo stanja zemljiške administracije v mednarodnem okolju in podrobnejšo analizo izbranih držav je ugotovila, da takrat nobena država ni imela razvitega sistema za 3D-registracijo nepremičninskih enot, prav tako ta ni bil nikjer predmet aktivnega razvoja. Avtorica izpostavi in jasno utemelji potrebo po uvedbi 3D-katastra na izbranih študijskih primerih. Obravnava predvsem področje modeliranja, upravljanja in predstavitev podatkov o nepremičninah v 3D-okolju. Predstavljene so takratne zmogljivosti informacijske tehnologije za vzpostavitev podatkovnih baz, rešitve za shranjevanje 3D-geometrije, postopki za preverjanje pravilnosti zapisanih podatkov in funkcije za upravljanje podatkov. V okviru doktorskega raziskovalnega dela je avtorica razvila tri različne katastrske podatkovne modele. Pri prvem gre za nadgradnjo obstoječih katastrskih sistemov s shranjevanjem povezav do 3D-podatkov, ki so shranjeni ločeno. Hibridni model ohranja obstoječo vlogo tradicionalnega 2D-katastra kot podlago, na katero se vežejo pravice, omejitve in obveznosti, a dovoljuje registracijo 3D-objektov za namene jasnejšega prikaza stanja pravic in omejitev v prostoru v posebnih primerih. Pravi 3D-kataster omogoča registracijo prostorninskih parcel. 3D-parcele prevzamejo vlogo katastrskih objektov – parcele v katastru niso več opredeljene kot 2D-poligon, ampak kot 3D-telo – pri tradicionalnih parcelah brez vertikalne razmejitve pa kot pokončni stolpi, ki vertikalno niso omejeni. Gre torej za prostorninsko razdelitev celotnega prostora s 3D-nepremičninskimi enotami.

Tu velja omeniti še dejavnosti Ekonomske komisije Združenih narodov za Evropo, ki je leta 2004 z namenom podpore razvoju učinkovitih sistemov zemljiške administracije objavila dokument z usmeritvami, s poudarkom na nepremičninskih enotah in objektnih identifikatorjih (United Nations Economic Commission for Europe, 2004), ki pomembno izpostavlja vlogo sodobnega katastra z ekonomskega vidika. Dokument naj bi prispeval k uskladitvi terminologije in razumevanju razlik med sistemi posa-

meznih držav ter tako omočil lažje mednarodno sodelovanje in izmenjavo podatkov na tem področju. Deloma se dotika tudi problematike tretje prostorske razsežnosti nepremičninskih enot, etažne lastnine in območij mineralnih surovin.

3.1.2 3D-kataster in podatkovni modeli

Uvedba 3D-katastra ne pomeni le uvedbe shranjevanja dodatne prostorske razsežnosti, ampak prinaša korenite spremembe celotnega katastrskega podatkovnega modela. Začetek razvoja na področju 3D-katastra konec devetdesetih sovpada z intenzivnim obdobjem uvajanja računalniškega modeliranja tudi na področju zemljiške administracije. V letu 2003 je bil z željo po poenotenju konceptov in podatkovnih modelov nacionalnih sistemov objavljen prvi predlog katastrskega podatkovnega modela CCDM³ (Oosterom in Lemmen, 2003). 3D-kataster je izpostavljen kot poseben primer, ki je opredeljen kot možnost za nadgradnjo oziroma razširitev osnovnega katastrskega podatkovnega modela skupaj s časovnim vidikom (Oosterom, Lemmen in Molen, 2004). Pri slednjem se avtorji sklicujejo na raziskavo Stoterjeve (2004).

3D-modeli fizičnih objektov (stavbe in infrastruktura) niso vključeni v osnovni podatkovni model CCDM, so pa uvrščeni v sklop ustreznih povezanih vsebin. Primarna vodila pri razvoju CCDM so vključitev čim širšega obsega skupnih značilnosti katastrskih sistemov po svetu, upoštevanje izhodišč dokumenta *Cadastre 2014* (Kaufmann in Steudtler, 1998) in mednarodnih standardov (Oosterom *et al.*, 2006). Velika pozornost je bila namenjena določitvi njegovega tematskega obsega; avtorji so osnovni podatkovni model zasnovali zelo ozko in obenem predvideli možnost različnih tematskih razširitev. Takšna zasnova omogoča lažje prilagajanje modela različnim sistemom po svetu in obenem ohranja osnovno raven primerljivosti oziroma skupnih značilnosti katastrskih sistemov. Nadaljnji razvoj modela je prinesel možnost vključitve 3D-parcel ob uporabi koncepta povezanih površin, a z omejitvijo, da je posamezno območje evidentirano izključno v 2D- ali izključno v 3D-obliki. CCDM je neposredni predhodnik modela LADM⁴. Novo ime modela se pojavi v letu 2008 (Groothedde *et al.*, 2008). Zveza FIG ga je predlagala za ISO-standard (Lemmen, Oosterom in Uitermark, 2009) in je od leta 2012 uradno objavljen kot standard ISO 19152:2012 (LADM, 2012).

Že v začetnem obdobju raziskovalne dejavnosti na področju 3D-katastra nepremičnin se pojavljajo raziskave in analize 3D-grafičnih gradnikov, ki naj bi se uporabljali v 3D-katastru (Billen in Zlatanova, 2003; Tse in Gold, 2003). Stoter in Oosterom (2002) predstavita možnosti modeliranja grafičnih gradnikov v okviru SUPB⁵, ki je osnova za upravljanje katastrskih sistemov z informacijsko-tehnološkega vidika. V raziskavah je obravnavano upravljanje 3D-grafičnih gradnikov v SUPB z vidika modeliranja, funkcionalnosti in vizualizacije (Zlatanova, 2006; Khuan, Abdul-Rahman in Zlatanova, 2008). Kot 3D-gradniki se omenjajo tetraedri, poliedri in poligoni. V navedenih delih avtorji ugotavljajo, da je 3D-grafične gradnike sicer mogoče shranjevati, saj SUPB podpirajo shranjevanje točk, linij in poligonov v 3D-prostoru, težave pa vidijo pri njihovem upravljanju, analizah, posredovanju in vizualizaciji. Navedene težave so izvirale iz dejstva, da takrat SUPB še niso podpirali podatkovnega tipa za prostorninske 3D-grafične gradnike in tako tudi niso omogočali upravljanja takšnih podatkov ter analiz v 3D-okolju.

³ *Angl. core cadastral domain model.*

⁴ *Angl. land administration domain model.*

⁵ *Sistem za upravljanje s podatkovnimi bazami.*

Med najpomembnejšimi vidiki upravljanja podatkov je preverjanje njihove skladnosti z njihovo formalno definicijo, kar velja tudi za 3D-prostorske podatke (Kazar *et al.*, 2008; Ledoux, Verbree in Si, 2009). Slednje ima velik pomen tudi na področju 3D-katastrov (Karki, Thompson in McDougall, 2010). V navedeni raziskavi se avtorji niso omejili zgolj na notranjo pravilnost posameznih grafičnih gradnikov, ampak jih obravnavajo v kontekstu 3D-katastrskega sistema, kjer so pomembni medsebojni odnosi 3D-grafičnih gradnikov in odnosi do 2D-parcel.

Med ključnimi podatkovnimi komponentami katastra je poleg prostorskih razsežnosti tudi čas, ki ga lahko pojmuje kot četrto razsežnost stvarnosti. Prve raziskave na tem področju (Oosterom *et al.*, 2006) obravnavajo časovno problematične primere in se osredotočajo predvsem na pomen dodajanja časovne komponente v katastrski podatkovni model, ne glede na to, ali gre za 2D- ali 3D-kataster. Časovni vidik je obravnavan tudi v okviru takrat predlaganega standarda LADM (Döner *et al.*, 2008) na primeru registracije podzemne infrastrukture v različnih državah. Avtorji vzpostavijo povezavo pravnega objekta in fizičnega objekta podzemne infrastrukture prek uporabe operacije območij (angl. *buffer*) in se hkrati oddaljijo od registracije geometrijskih podatkov o fizičnem objektu v katastru. Pomenljiva je teza avtorjev, da zemljiška administracija že od samega začetka upravlja tako s tremi prostorskimi kot tudi s časovno razsežnostjo v skladu s tehničnimi možnostmi, torej v obliki atributnih podatkov. Časovni del podatkovnega modela lahko temelji na registraciji stanj v času, ki se v osnovi uporablja v večini katastrskih sistemov, ali registraciji začetnega stanja in vseh nadaljnjih dogodkov.

3.1.3 Pravni vidik 3D-katastra

V prvem obdobju raziskav na področju 3D-katastra nepremičnin je bila pravna tematika zastopana šibkeje od informacijsko-tehnološko usmerjenih raziskav. Prva celovita in obširna raziskava pravnih vidikov 3D-katastra nepremičnin v širšem mednarodnem okolju prihaja iz Švedske (Paulsson, 2007), kjer se avtorica ukvarja z osnovnim problemom definicije 3D-nepremičninske enote (angl. *3D property unit*). Zaradi univerzalnosti jo opredeli kot prostorsko enoto, ki je horizontalno in vertikalno razmejena. Pravice, omejitve in odgovornosti, ki so tako razmejene v prostoru, razdeli na etažno lastnino in samostojna 3D-območja pravic. Etažna lastnina je obravnavana kot uveljavljen način urejanja pravic, ki so v prostoru horizontalno in vertikalno razmejene, zato je v navedenem delu obravnavana najpodrobneje. Avtorica podrobno in sistematično obravnava in primerja izbrane štiri pravne ureditve, ki imajo različno tradicijo in različne ureditve registracije pravic na nepremičninah: Nemčijo s tradicionalnim sistemom etažne lastnine in kodificiranim pravom, Švedsko s podobnim pravnim sistemom in novo zakonodajo, ki omogoča registracijo neodvisne 3D-nepremičninske enote, ter avstralski državi Novi Južni Wales in Viktorija, z običajnim pravom in zakonodajo, ki dovoljuje vzpostavitev tako etažne lastnine kot tudi neodvisne 3D-nepremičninske enote.

3.1.4 Organizacijski vidik – stanje in perspektive 3D-katastra

V mnogih objavah iz prvega desetletja intenzivnega raziskovanja na področju 3D-katastrov nepremičnin je predstavljeno stanje in perspektive uvedbe 3D-katastra nepremičnin v posameznih državah. V večini so analizirani obstoječi katastrski sistemi s pravnega in tehničnega vidika, zapleteni primeri, kjer je treba registracijo nepremičnine urejati v treh razsežnostih, ter možnosti uvedbe 3D-katastra v posamezni

državi. Med njimi najdemo tudi posamezne konceptualne zasnove, vsem pa je skupno, da obravnavane tehnične rešitve še niso neposredno izvedljive v praksi.

V Izraelu so raziskovali možnosti vzpostavitve 3D-katastra (Benhamu in Doytsher, 2003), kjer so rešitve iskali po načelu večnivojskega katastra, ki bi poleg podatkovnega sloja za tradicionalne parcele lahko vseboval tudi podatkovna sloja za objekte pod in nad površjem (Benhamu in Doytsher, 2001; Benhamu, 2006). Tehnične izzive, vezane na Izrael, pa tudi širše, sta predstavila Peres in Benhamu (2009), ko so se že okrepila prizadevanja za operativno⁶ realizacijo 3D-katastra. Med državami velja izpostaviti še Kitajsko, kjer je zasebna lastnina lahko vzpostavljena le na grajenih strukturah. Tang in Yang (2009) sta razvila konceptualni model, ki bi omogočal registracijo 3D-nepremičninskih enot, a obenem priznavata, da takrat ni bil izvedljiv zaradi pomanjkanja podatkov ter neobstoječih informacijskih in tehnoloških rešitev za shranjevanje in upravljanje 3D-podatkov. V literaturi zasledimo tudi avstralske zvezne države Novi Južni Wales, Viktorija (Paulsson, 2007) in Queensland (Stoter, 2004) s tradicijo pravne ureditve in registracije 3D-nepremičninskih enot. Te so lahko formirane tudi za območja nad ali pod površjem Zemlje, neodvisno od fizičnih objektov. Sistem registracije nepremičnin z vidika shranjevanja podatkov o geometriji nepremičninske enote pa je v vseh navedenih zveznih državah v celoti temeljil na 2D-konceptih.

Norveška je v tem obdobju uveljavila zakonodajo, ki omogoča vzpostavitev samostojnih 3D-nepremičninskih enot (Valstad, 2010). Osnovne značilnosti te zakonodaje je obravnaval že Onsrud (2003). Registracija samostojnih 3D-nepremičninskih enot je mogoča le za namene registracije grajenih objektov (Valstad, 2006), podobno kot na Švedskem (Eriksson, 2005; Paulsson, 2007). V obeh državah katastrski sistem tehnično ni dovoljeval digitalne registracije 3D-geometrije nepremičninskih enot. Registracija posameznega stanovanja kot samostojne 3D-enote ni mogoča niti na Švedskem niti na Norveškem. Slednje je ostalo v domeni etažne lastnine. Poudariti velja, da imata obe državi enoten sistem zemljiške administracije, ki je pred leti nastal z združitvijo nekdanjega dualnega sistema (pravnega in tehničnega). Dejstvo izpostavljamo zaradi organizacijsko-institucionalnega vidika uvajanja 3D-katastra in drugih obsežnejših sprememb v zemljiško administracijo.

V nasprotju z navedenimi državami, ki so v obravnavanem obdobju pogosteje obravnavane zaradi njihovega načina urejanja in registracije 3D-nepremičninskih enot, je Nizozemska ohranjala tradicionalno ureditev katastrskega sistema. Država ima sicer že več desetletij enoten sistem zemljiške administracije znotraj ene organizacije (prej je imela tudi dualni sistem z delitvijo na zemljiški kataster in zemljiško knjigo). Pogosta pojavnost Nizozemske v raziskavah je predvsem posledica dejavnosti raziskovalcev ter sodelovanja akademske sfere z njihovo geodetsko upravo, kar je v začetku desetletja zelo pospešilo raziskave na področju 3D-katastro (Stoter in Ploeger, 2003; Stoter in Salzmann, 2003; Stoter, 2004).

Slovenija je v prvem desetletju z uvedbo katastra stavb vzpostavila podlago za razvoj 3D-katastra (Pogorelnik in Korošec, 2001; Rijavec, 2009), a vse do danes ni bilo intenzivnejšega razvoja v tej smeri. Velika težava pri tem so slaba povezava zemljiških parcel in stavb, nedorečenost katastrskega evidentiranja infrastrukturnih objektov, ki niso stavbe, ter pomanjkljivi podatkovni model katastra stavb (glej tudi Drobež, 2016; Drobež *et al.*, 2017).

⁶ Z besedo 'operativno' v članku označujemo dejansko uporabo/izvedbo nečesa v katastrskem sistemu posamezne države.

Glede operativne izvedbe 3D-katastra nepremičnin v praksi tudi ob koncu desetletja v literaturi večkrat zasledimo, da je potreben nadaljnji razvoj na vseh ustreznih področjih. Izstopa le pravno področje v tistih državah, kjer pravnih omejitev za registracijo 3D-nepremičninskih enot ni. Zanimivo je, da Čağdaş in Stubkjær (2009) v raziskavi, v kateri sta analizirala metodološke pristope doktorskih raziskav na področju razvoja katastrskih sistemov, ne izpostavljata 3D-katastra in navedenih doktorskih raziskav (Stoter, 2004; Paulsson, 2007) kot pomembnega dela razvoja sodobnih katastrov.

3.2 Raziskave na področju 3D-katastra po letu 2010

V letu 2011 je bila opravljena raziskava med člani FIG-ove delovne skupine o 3D-katastrih nepremičnin, v kateri je sodelovalo 36 držav članic navedene skupine (Oosterom *et al.*, 2011). Vsebina vprašalnika je bila osredotočena na inventarizacijo stanja po državah v letu 2010 in njihova pričakovanja za leto 2014. Rezultati zelo pomembno prispevajo k raziskavam o 3D-katastrih, saj omogočajo prost dostop do obširnega nabora podatkov o katastrskih sistemih številnih držav. Avtorji raziskave ugotavljajo, da imajo države različne katastrske sisteme, iz česar izhaja tudi neenotno pojmovanje 3D-katastra. Razlike so predvsem glede razumevanja povezave tradicionalne 2D-parcele in 3D-nepremičninskih enot s fizičnimi strukturami. Nobena od držav takrat še ni imela razvite možnosti shranjevanja in upravljanja 3D-podatkov o nepremičninskih enotah v katastrih. Glede načrtov in pričakovanj za leto 2014 je bila večina zelo zadržanih. Leta 2014 so predstavniki 31 držav podali odgovore na drugi, dopolnjen vprašalnik o stanju in pričakovanjih na področju 3D-katastra za leto 2018 (Oosterom, Stoter in Ploeger, 2014). V vseh državah, v katerih je pravni sistem omogočal registracijo 3D-nepremičninskih enot, so načini registracije, shranjevanja in upravljanja podatkov še vedno temeljili na 2D-zasnovanem katastru. Državam je bila skupna večinska »neskladnost« digitalnih katastrskih podatkovnih baz s shemo standarda ISO 19152:2012 (LADM, 2012). Glede shranjevanja 3D-podatkov v digitalni obliki močno izstopa Kitajska, ki v odgovorih na vprašalnik navaja, da njihova podatkovna baza omogoča shranjevanje, preverjanje in upravljanje 3D-geometrije nepremičninskih enot. A pri kitajskem primeru hkrati zasledimo izjemno majhno skupno število parcel glede na velikost države, zato gre sklepati, da opisano stanje velja le za omejena (urbana) območja Kitajske. Tudi kasnejše raziskave (Guo *et al.*, 2013; Ho *et al.*, 2013; Dimopoulou, Karki in Roič, 2016; Stoter *et al.*, 2017) potrjujejo, da Kitajska v začetku desetletja ni imela polno operativnega sistema 3D-katastra.

Leta 2011 je na Nizozemskem potekala druga delavnica o 3D-katastru, kar je bilo torej deset let po prvi. Zanimivo je, da je bila takrat napovedana naslednja, tretja delavnica v dveh ali treh letih, a je bila izvedena že v naslednjem letu, kar kaže na povečano zanimanje za raziskave in izmenjavo znanja na mednarodni ravni na tem področju. V poročilu o delavnici leta 2011 (Banut, 2011) je predstavljeno stanje na posameznih razvojnih področjih 3D-katastra, ki so deljena na pravne vidike, prve registracije 3D-nepremičninskih enot, upravljanje 3D-prostorskih podatkov in vizualizacijo, posredovanje in dostopnost podatkov o 3D-nepremičninskih enotah:

- Na pravnem področju je izpostavljena težava neusklajenosti terminologije ter različnih opredelitev 3D-katastra.
- Več kot dve tretjini prispevkov opisujeta sisteme zemljiške administracije posameznih držav in načine urejanja višinske delitve nepremičninskih enot v luči aktualnih raziskav in podatkovnih modelov.
- Na področju upravljanja digitalnih 3D-prostorskih podatkov, predvsem področja analiz in izvajanja

operacij v SUPB in GIS⁷, je prepoznan močan zaostanek za področjem 3D-vizualizacije prostorskih podatkov, ki je v prvem desetletju tega tisočletja močno napredovalo. Izpostavljena je pomembnost spletne dostopnosti 3D-podatkov katastrov nepremičnin in tehnik 3D-vizualizacije na spletu.

Tematski poudarek tretje delavnice leta 2012 je bil na razvoju in dobrih praksah na področju 3D-katastra (Oosterom, 2012). Izražena je bila predvsem potreba po večjem številu raziskav in primerjalnih analiz pravnih ureditev v različnih državah in zahteva po uporabi obstoječih standardov, tako s področja modeliranja nepremičninskih enot (LADM) kot tudi s področja modeliranja fizičnih prostorskih struktur v informacijskih sistemih zemljiške administracije. Med drugim je bil poudarjen pomen vizualizacije 3D-nepremičninskih objektov, saj so potrebe in izzivi drugačni kot pri vizualizaciji bolj razširjenih 3D-modelov mest in pokrajin.

Izhajajoč iz prispevkov z delavnic in konferenc združenja FIG leta 2011 in 2012, Oosterom (2013) podaja oris razvoja na področju 3D-katastrov, kjer predstavi tudi najpomembnejše teme za prihodnje raziskave. Izpostavljamo predvsem tematike, ki so še vedno aktualne na mednarodni ravni:

- Že navedeno pomanjkanje raziskav na pravnem področju sta Paulsson in Paasch (2013) utemeljila na podlagi študije 156 objav angleških člankov med letoma 2001 in 2011. Ugotovila sta pomanjkanje predvsem terminoloških in primerjalnih raziskav, ki bi zajemale več držav in pravnih ureditev na področju 3D-katastra.
- Višine in višinske sisteme 3D-katastrov sta prvič izčrpnje obravnavala Navratil in Unger (2013). Predstavila sta splošno problematiko višinskih referenčnih sistemov in omejitve ter zahteve 3D-katastrov, tudi na primerih iz prakse. Največ pozornosti je namenjene analizi prednosti in slabosti uporabe absolutnih in relativnih višin v 3D-katastru.
- Zelo pomemben element, ki ima velik vpliv na dinamiko uveljavitve 3D-katastra, je razmerje med stroški in koristmi, ki jih prinaša. Ena od redkih takšnih raziskav na primeru Trinidada in Tobaga ugotavlja pozitivno razmerje stroškov in koristi na urbanih in gosto poseljenih območjih ter nahajališčih naravnih surovin (Griffith-Charles in Sutherland, 2013). Avtorja ugotavljata, da je smiselno proučiti možnosti vpeljave 3D-katastra le na nekaterih območjih, kjer koristi odtehtajo stroške.
- Operativna uvedba 3D-katastra med drugim zahteva določitev jasnih pravil glede razmejitev prostora na 3D-nepremičninske enote ter modeliranja teh enot v 3D-okolju, skupaj s postopki preverjanja njihove skladnosti s postavljenimi pravili. Slednje je v treh prostorskih razsežnostih veliko težavnejše, saj je nabor pravil obširnejši, pa tudi postopki preverjanja skladnosti s njimi so zahtevnejši kot v tradicionalnem 2D-katastru. Karki, Thompson in McDougall (2013) so navedeno področje podrobno proučili, oblikovali nekatere rešitve ter nabor izzivov in nerešenih vprašanj. Avtorji sklenejo, da razvoj sistemov zemljiške administracije v smeri 3D-katastra ni mogoč v kratkem časovnem obdobju. Ena od rešitev je postopno prilagajanje obstoječih sistemov, kar zagovarjajo Guo *et al.* (2013). Avtorji na primeru kitajskega katastra izhajajo iz obstoječega pravnega sistema in 2D-podatkovnega modela, v katerega vključijo elemente 3D-katastra. Članek je zanimiv tudi za primerjavo z rezultati že navedene raziskave o razvoju 3D-katastra (Oosterom, Stoter in Ploeger, 2014), kjer bi lahko za Kitajsko napačno sklepali, da je že pred letom 2014 imela polno delujoč sistem 3D-katastra.
- Primerjava katastrskih sistemov med posameznimi državami je zaradi njihove različnosti zelo težavna. Pouliot, Vasseur in Boubehrezh (2013) so primerjali modele katastrskih sistemov Francije

⁷ Geografski informacijski sistem.

in Kanade, s poudarkom na tretji prostorski razsežnosti, na podlagi standarda LADM (2012). Kot najzahtevnejši del izpostavijo transformacijo podatkovnega modela posameznega sistema v standardno shemo LADM, kar v nadaljevanju omogoča neposredno medsebojno primerjavo katastrskih sistemov, njihovih razredov in atributov. Predlagajo in utemeljijo tudi vključitev prostorninske geometrije v standard, s čimer bi povečali uporabnost standarda LADM tudi na področju 3D-katastra.

Prispevki četrte delavnice združenja FIG na temo 3D-katastra iz leta 2014 so vsebinsko večinoma tehnično usmerjeni, ne glede na pozive o pomanjkanju obravnave pravne problematike (Paulsson in Paasch, 2013):

- Pravni vidik je kot glavna tematika na delavnici obravnavan le v eni objavi v obliki nacionalne študije za Poljsko (Karabin, 2014).
- Izrazito se je povečala obravnava ISO-standarda LADM (2012) in odprtega standarda CityGML združenja OGC⁸ (CityGML, 2012), ki ju v kombinaciji ali samostojno zasledimo v osmih objavah. Število raziskav in predstavitev sistemov po posameznih državah je glede na prejšnje delavnice upadlo. Med objavami sta zanimivi dve (Almeida *et al.*, 2014; El-mekawy, Paasch in Paulsson, 2014), ki med prvimi obravnavata področje prostovoljnega zbiranja prostorskih podatkov in povezavo informacijskega modeliranja stavb (BIM⁹) s 3D-katastrom. Izpostavljeni tematiki sta predstavljeni kot izziv za 3D-kataster, saj sta obe področji danes raziskovalno zelo intenzivni na širšem področju geo-znanosti. BIM predstavlja potencial za razvoj večnamenskega 3D-katastra in pomembno področje prihodnjih raziskav (Rajabifard, 2014).
- Vsebina objav kaže na večje zanimanje za raziskave na področju 3D-vizualizacije (Navratil in Fogliaroni, 2014; Pouliot, Wang in Hubert, 2014; Ribeiro, de Almeida in Ellul, 2014), kar potrjujejo tudi obsežni doktorski disertaciji iz tega obdobja (Shojaei, 2014; Wang, 2015). Wang (2015) se je osredotočil na ocenjevanje primernosti načinov vizualizacije 3D-modelov za primer prikaza etažne lastnine, med tem ko se je Shoaiei (2014) ukvarjal predvsem z analizami uporabniških zahtev in njihovih potreb.

3.2.1 Izzivi na področju 3D-katastra s pravnega vidika

Kljub relativno skromni obravnavi pravnega vidika 3D-katastra na navedeni FIG-ovi delavnici leta 2014 je področje bilo in je še vedno aktualno na mednarodni ravni. Na področju zemljiške administracije in nepremičninskih evidenc se namreč srečujeta koncepta fizičnega prostora in abstraktnega prostora, kjer se na »abstraktne« prostorske enote nanašajo pravice, omejitve in odgovornosti. Ob nepopolnem poznavanju področja ju lahko enačijo na podlagi pogostega sovpadanja meja fizičnih struktur in meja pravic oziroma omejitev. Razdelitev prostora s pravnega vidika je v osnovi abstraktna, njena povezava s fizičnim prostorom pa je vzpostavljena v različnih oblikah in iz različnih vzrokov, razlikuje pa se med pravnimi sistemi. Področje 3D-katastra je pogosto usmerjeno v obravnavo razdelitve stavb na nepremičninske enote, kjer gre za povezavo med prostorom pravnega pomena in fizičnim prostorom ter njegovimi strukturami (Aien, 2013; Aien *et al.*, 2013, 2015), iz česar izhaja tudi pogosto enačenje fizičnih meja prostora s pravnimi (abstraktnimi). V navedenih raziskavah so avtorji razvili model 3DCDM¹⁰, ki združuje fizične in pravne vidike razdelitve prostora za potrebe 3D-katastra.

⁸ Open Geospatial Consortium: <http://www.opengeospatial.org/>.

⁹ Angl. building information modelling.

¹⁰ Angl. 3D-cadastral domain model.

Razvoj področja 3D-katastra v prvem desetletju je privedel do razhajanj glede pravnih opredelitev nepremičnine v treh razsežnostih (Paasch in Paulsson, 2012). Avtorja ugotavljata, da slednje povzroča težave tudi na raziskovalnem področju, saj so zaradi neenotnih opredelitev temeljnih pojmov omejene možnosti primerjalnih analiz in študij. Kot poudarita, mora biti pravna opredelitev nepremičnine v treh razsežnostih dovolj široka, da je lahko sprejemljiva v večini pravnih sistemov. Poleg tega mora opredelitev takšno nepremičnino jasno in enolično opredeliti ter jo razmejiti od tradicionalne nepremičnine v dveh razsežnostih. Avtorja predlagata univerzalno opredelitev 3D-nepremičnine, kot jo je že predlagana Paulssonova (2007). Z vidika pravno usmerjenih raziskav je zanimiva raziskava Ho *et al.* (2013), kjer avtorji izhajajo iz teze, da je tehnologija dovolj razvita, pa tudi pravni sistemi v številnih državah dovoljujejo registracijo 3D-nepremičninskih enot, zato mora obstajati zaviralna sila, ki preprečuje hitrejšo uveljavljanje 3D-katastra. To silo avtorji pojasnijo in razčlenijo z institucionalno teorijo in utemeljijo, da so razlogi za počasne spremembe v počasnem prilagajanju odgovornih organizacij in močno uveljavljenem 2D-konceptu v sistemih zemljiške administracije. Oosterom in Lemmen (2015) izpostavita 3D- (in 4D-) administracijo kot enega od pomembnejših razvojnih trendov zemljiške administracije in s tem tudi standarda LADM. Predstavita raziskave, ki izhajajo iz prve tematske delavnice po objavi standarda LADM, med katerimi sta tudi dve na temo razvoja 3D-katastra v Koreji in Maleziji (Lee *et al.*, 2015; Zulkifli *et al.*, 2015).

3.2.2 Izzivi pri uveljavljanju 3D-katastra

Posebno poglavje v razvoju 3D-katastra je njegova operativna uvedba. Prve raziskave na to tematiko so potekale v okviru nizozemskega projekta, namenjenega podpori prehoda na 3D-kataster, ki temelji na dveh izvedbenih fazah (Stoter, Oosterom in Ploeger, 2012; Stoter, Ploeger in Oosterom, 2013). Prva faza je bila namenjena pridobivanju izkušenj in se v rešitvah prilagaja obstoječim pravnim in tehničnim okvirom. Njen izvedbeni del se nanaša na možnosti registracije nepremičnine na podlagi dokumenta v obliki zapisa PDF, ki vsebuje 3D-geometrijo in je povezan z drugimi podatki o nepremičnini prek povezave v podatkovni bazi. Zanimiva je ocena stroškov registracije in vzdrževanja sistema, ki naj za nove stavbe ne bi bili višji od obstoječih stroškov registracije. Prva faza uvedbe 3D-katastra danes omogoča reševanje nekaterih kompleksnih situacij, predvsem z vidika nedvoumnega prikaza razdelitve na nepremičninske enote, še vedno pa obstoječ 2D-sistem zemljiške administracije v osnovi ostaja nespremenjen. Druga faza je zasnovana veliko ambicioznejše, saj predvideva uvedbo 3D-katastra, ki omogoča celovito digitalno registracijo nepremičninskih enot, vključno z geometrijo, v obliki 3D-objektov (prostorninskih teles) neposredno v podatkovni bazi katastra. V zvezi z drugo fazo je nerešenih veliko vprašanj glede kontrole geometrije, zahtevane položajne in geometrijske natančnosti, podatkovnih formatov, vključitve ukrivljenih ploskev, delno odprtih gradnikov ipd. (Stoter *et al.*, 2017).

V Rusiji so začeli projekt 3D-katastrskega modeliranja v sodelovanju z nizozemskimi raziskovalci. Razvili so prototip, ki se osredotoča predvsem na način modeliranja in prikazovanja 3D-nepremičninskih enot. V načrtih so opredelili pilotni projekt na manjšem območju, kjer bi se približali realni izvedbi registracije. Vandysheva *et al.* (2012) poudarjajo pomen samodejne kontrole ob vpisu novih nepremičninskih enot v smislu skladnosti s predhodno postavljenimi pravili. Kljub intenzivnim naporom za vzpostavitev 3D-katastra in modernizaciji sistema zemljiške administracije v zadnjih letih, ta v Rusiji še vedno temelji na dveh prostorskih razsežnostih (Ilyushina, Noszczyk in Hernik, 2017).

3.3 Aktualne teme in raziskave na področju 3D-katastra

Zadnja delavnica na področju 3D-katastra pod okriljem FIG-a je potekala leta 2016. Da je področje raziskovalno aktivno, med drugim kaže povečano število prispevkov (31) glede na predhodno delavnico (25). Izbrani prispevki so v razširjeni različici zbrani tudi v posebni izdaji mednarodne revije *ISPRS International Journal of Geo-Information* z naslovom *Research and Development Progress in 3D Cadastral Systems 2017*.

Najbolj opazno je ponovno veliko število objav, vezanih na analizo stanja v posameznih državah in različnih možnostih za razvoj sistemov zemljiške administracije, med katerimi prevladujejo objave, ki se osredotočajo na tehnične rešitve modeliranja 3D-nepremičninskih enot v informacijskih sistemih zemljiške administracije (Araújo in Oliveira, 2016; Dimas, 2016; Soon, Tan in Khoo, 2016; Gulliver, Haanen in Goodin, 2017). Na to področje se nanašajo tudi druge objave v mednarodno odmevnih revijah. Tako Aien *et al.* (2017) izpostavijo šest najbolj uveljavljenih podatkovnih modelov v katastru, kjer je so se zaradi različnosti sistemov zemljiške administracije pojavili številni podatkovni modeli. Med njimi avtorji izpostavljajo tri (LADM, ePlan, ArcGIS Parcel Data Model) in jih podrobneje analizirajo z vidika uporabnosti za 3D-kataster. Podatkovni model 3DCDM, ki ga je v okviru doktorske raziskave razvil vodilni avtor, v raziskavi ni vključen, niti ni v njej omenjen. Avtorji ugotavljajo, da nekateri obravnavani podatkovni modeli omogočajo modeliranje 3D-nepremičninskih enot, a pri vsakem razkrijejo pomembne omejitve za razvoj 3D-katastra.

Na raziskovalni ravni je spet močnejše zastopano pravno področje raziskav (Kitsakis in Dimopoulou, 2017; Vučić *et al.*, 2017), na čelu z obširno primerjalno študijo med izbranimi državami (Kitsakis, Paasch in Paulsson, 2016; Paasch *et al.*, 2016). Kitsakis, Paasch in Paulsson (2016) predstavijo pravno opredelitev 3D-nepremičninskih enot v različnih državah (Avstrija, Brazilija, Hrvaška, Grčija, Poljska in Švedska) in načrte za prihodnji razvoj. Švedska, kot edina od naštetih držav, v pravnem sistemu ne omejuje registracije 3D-nepremičninskih enot, a upravljanje podatkov, tako kot v drugih državah, tudi na Švedskem še vedno temelji na 2D-konceptih.

Na področju modeliranja in upravljanja podatkov v 3D-katastrih je zanimiva raziskava Janečka in Součka (2017). Avtorja predstavljata aktualno stanje na širšem področju 3D-geoinformatike, ki zajema koncepte, podatkovne modele, standarde in operacije, povezane s 3D-prostorskimi podatki. Poudarek je na trenutnih zmogljivostih prostorskih podatkovnih baz z vidika modeliranja in upravljanja 3D-prostorskih podatkov. Izredno aktualna tema je povezava oziroma vključevanje podatkov BIM v podatkovni model 3D-katastra. Vse več raziskav se v povezavi s podatki BIM usmerja tudi na modeliranje notranjosti stavb za potrebe registracije nepremičninskih enot (Oldfield *et al.*, 2016; Atazadeh, 2017). Atazadeh *et al.* (2017) obravnavajo BIM kot osnovo za upravljanje pravic in omejitev na stavbah. Predlagajo razširitev podatkovnega modela tako, da bi ta podpiral tudi vnos podatkov o pravicah in omejitvah v stavbah in njihovo upravljanje. Med drugim se avtorji dotikajo aktualnega vprašanja odnosa 3D-enot pravnega pomena in fizičnega modela stavbe. Poleg prednosti avtorji navajajo omejitve predlaganega pristopa, ki vključujejo institucionalne ovire, preobširno podatkovno strukturo ter problem neusklajenosti med načrtovanim in dejansko zgrajenim objektom.

V modeliranje notranjosti stavb je usmerjeno raziskovalno delo Zlatanove *et al.* (2016), kjer je prvič v okviru raziskav na področju 3D-katastra uporabljen v letu 2014 sprejet standard OGC – IndoorGML

(2014). V prispevku avtorji obravnavajo možnosti za povezavo navedenega standarda s standardom LADM. Razširjene raziskave v tej smeri predstavlja Alattas *et al.* (2017). Standard IndoorGML temelji na večslojnim prostorsko-dogodkovnem modelu, prvotno namenjenem podpori navigaciji v notranjosti stavb, predlaganem v letu 2009 (Becker, Nagel in Kolbe, 2009). Navedena skupina avtorjev je bila vodilna tudi pri razvoju starejšega standarda za modeliranje mest in pokrajin v 3D-okolju CityGML. Standard IndoorGML uvaja celični pristop modeliranja notranjosti stavb, ki je po načelu dualnosti (Munkres, 1984) povezan z matematičnim grafom. Ta omogoča izvajanje algoritmov iskanja optimalnih poti v podporo navigaciji, pa tudi drugih algoritmov, ki temeljijo na topoloških odnosih med grafičnimi gradniki. Standard omogoča razširitve podatkovnega modela v obliki razširitvenih modulov za različna področja. Kang in Li (2017) sta posebej izpostavila možnost realizacije razširitvenega modula standarda IndoorGML za področje 3D-katastra. Povezovanje modelov mest in modelov notranjosti stavb ter podzemnih objektov je prepoznan raziskovalni problem tudi v skupini strokovnjakov za področje globalnih prostorskih informacij pri Združenih narodih UN-GGIM (2015).

4 SKLEP

Začetki uveljavljanja termina 3D-kataster segajo v čas nastanka dokumenta *Cadastre 2014* (Kaufmann in Steudtler, 1998). Za opredmetenje zapisanih ciljev je bila leta 2001 izvedena prva delavnica pod okriljem FIG, ki je spodbudila raziskave na področju 3D-katastra. Jasneje so se določili različni vidiki razvoja 3D-katastro: pravni, tehnični in administrativni, od katerih sta prva dva v raziskavah močnejše zastopana. Za prvo desetletje je značilno veliko število analiz sistemov zemljiške administracije v posameznih državah in predlogi za njihovo nadgradnjo. Skupne ugotovitve so bile, da je za vzpostavitev 3D-registracije potreben dodaten razvoj na vseh navedenih področjih raziskovanja.

Na tehničnem področju raziskovanja 3D-katastro je velik pečat pustila doktorska disertacija Stoterjeve (2004). Večina raziskav, ki sledijo, se namreč navezuje na njene izsledke, opredelitve in predloge. Na pravnem področju izstopata Švedska, ki je leta 2004 v svoj pravni sistem uvedla možnost registracije 3D-nepremičninske enote, in Avstralija z dolgo tradicijo možnosti registracije samostojnih 3D-nepremičninskih enot. Med najodmevnejšimi študijami stanja pravnih sistemov na področju 3D-katastra je doktorska disertacija Paulssonove (Paulsson, 2007), ki podaja celovit pregled in uvid v pravni vidik 3D-katastra. Dokument *Cadastre 2014* je sprožil tudi začetne zasnove podatkovnega modela CCDDM katerega namen je poenotenje ključnih sestavin sistemov zemljiške administracije po svetu. Gre za neposrednega predhodnika mednarodnega standarda LADM (2012), ki v osnovi ne omejuje evolucije tradicionalnega 2D-katastra v 3D-kataster.

Zadnje desetletje raziskav na področju 3D-katastra zaznamuje predvsem objava standardov LADM (2012) in CityGML (2012) ter tudi IndoorGML (2014). V večini raziskav v tem obdobju se proučujejo možnosti uporabe navedenih standardov, analizirajo prednosti in slabosti posameznih standardov ter se medsebojno primerjajo. Manj raziskav se nanaša na pravni vidik, kar ugotavljata že Paulsson in Pasch (2013). Nizozemski raziskovalci so v tem obdobju pomembno prispevali k uvajanju konceptov 3D-katastra v prakso. Ko se bo za razvoj katastra v smeri podpore tretji razsežnosti odločilo več držav, se bodo okrepile tudi raziskave. Raziskovalni izzivi na področju 3D-katastra se nadalje nanašajo na integracijo podatkov iz drugih domen, predvsem so pri tem aktualne raziskave glede uporabe oziroma vključevanja

podatkov BIM v podatkovni model 3D-katastra in nasprotno. Dodatno je aktualna obravnava oziroma modeliranje notranje strukture stavb, ki je zahtevna tako z vidika strukture podatkov in kompleksnosti podatkovnih modelov kot tudi z vidika pridobivanja podatkov in integracije modelov notranjosti stavb in zunanjih modelov mest ter pokrajin (UN-GGIM, 2015).

Zahvala

Pregledni članek je rezultat raziskovalnega dela v okviru raziskovalnega programa št. P2-0227 z naslovom *Geoinformacijska infrastruktura in trajnostni prostorski razvoj Slovenije*, ki ga sofinancira Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS) iz državnega proračuna.

Viri in literatura

Glej literaturo na strani 263.



Tekavec J., Ferlan M., Lisec A. (2018). Pregled raziskav na področju 3D-katastra nepremičnin. *Geodetski vestnik*, 62 (2), 249-278. DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2018.02.249-278

Asist. Jernej Tekavec, univ. dipl. inž. geod.

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: jernej.tekavec@fgg.uni-lj.si

Izr. prof. dr. Anka Lisec, univ. dipl. inž. geod.

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: anka.lisec@fgg.uni-lj.si

Viš. pred. dr. Miran Ferlan, univ. dipl. inž. geod.

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: miran.ferlan@fgg.uni-lj.si

ANALIZA INVESTICIJSKEGA POTENCIALA LOKACIJE Z METODO AHP

ANALYSIS OF THE INVESTMENT POTENTIAL OF LOCATION USING THE AHP METHOD

Iwona Cieślak, Karol Szuniewicz

UDK: 528.1:528.41
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01
Prispelo: 19. 12. 2017
Sprejeto: 25. 5. 2018

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2018.02.279-292
SCIENTIFIC ARTICLE
Received: 19. 12. 2017
Accepted: 25. 5. 2018

IZVLEČEK

Študija se nanaša na področje vrednotenja območij med mejo mestnega območja in podeželnem z vidika mogočih prihodnjih investicij. Glavni namen študije je bil razviti postopek za določevanje investicijskega potenciala območja AIP (angl. area's investment potential) za urbana in priurbana območja. Za namene vrednotenja intenzitete investicijskega potenciala lokacije je bil uporabljen analitični hierarhični postopek AHP (angl. analytic hierarchy process), ki temelji na podatkih planske rabe in infrastrukturne opremljenosti ter na podatkih dejanske rabe prostora. Predlagani pristop je bil preverjen na območju hitro rastočega dela mesta Olsztyn na Poljskem. Obravnavana območja so bila razvrščena na temelju predhodno določene hierarhije obravnavanih značilnosti prostora. Z opredelitvijo mogočih smeri razvoja obravnavanih območij je bil opredeljen investicijski potencial AIP. Predlagani pristop je lahko pomembno orodje za nadzorovanje razvoja območij in vlaganje v zemljišča. Rezultati študije so pokazali, da na investicijski potencial lokacije najbolj vpliva planska raba, pri čemer pa je treba upoštevati tudi prostorske ovire, ki jih je treba preseči na hitro razvijajočih se območjih.

KLJUČNE BESEDE

lokacija, vrednotenje lokacije, prostorski razvoj, razvoj mest, investicijski potencial, analitični hierarhični postopek, AHP

ABSTRACT

The presented study deals with the issue of an assessment of an area within the boundary zone between the city and the countryside in terms of predicting future investments. The main aim was to develop a procedure for determining an area's investment potential (AIP) for urban and suburban areas. The Analytic Hierarchy Process method was applied to assess the intensity of the investment potential location based on its planning and infrastructural features as well as on the features resulting from the current use. The developed procedure was tested using the area of a rapidly developing part of the Polish city of Olsztyn. Based on the prepared graph presenting the hierarchy of features, the final ranking of areas was prepared and the investment potential (AIP) was determined by specifying the probable directions of the city development. The proposed procedure may appear to be a useful tool in controlling the process of developing and investing in the land. The study results indicate that for the investment potential of location, the factors defined as planning factors are of key importance, while particular importance should be attached to spatial barriers which are the most difficult to overcome in a rapidly developing area. The features associated with the current land use appeared to be the least important.

KEY WORDS

location, assessment of location, spatial development, city development, investment potential, Analytic Hierarchy Process, AHP

1 INTRODUCTION

The process of city development refers to transformations taking place within an existing urban system or within the areas closely adjacent to a city. The indication of development opportunities for these areas in relation to their features, and an attempt to determine the pressure of the areas that have already been invested in, pose important challenges to urban planning researchers (Frey and Zimmer, 2001). They found that planning practice is grappling with new treatments of place, based on dynamic, relational constructs, rather than the Euclidean, deterministic, and one-dimensional treatments inherited from the 'scientific' approaches of the 1960s and early 1970s (Graham and Healey, 1999). But such emerging planning practices remain poorly served by planning theory, which has so far failed to produce sufficiently robust and sophisticated conceptual treatments of 'place' in today's globalizing world. The tools that need to be developed should enable the prediction of the directions of the city area development based on increasingly extended bases of information on the area, i.e. geo-information databases (Nowak Da Costa, 2016)

The resources of information on areas, collected using spatial information systems, enable an increasingly wider and more complete imaging of spatial relationships which provide knowledge of the features of the area and the intensity of phenomena occurring within this area (Renigier-Biłozor, 2017). They also enable the identification of areas with features supporting the urbanisation process. On the other hand, methods for the use of this geo-information in order to locate such places more efficiently are still being sought (Kowalczyk, 2015).

The *main problem* in the identification of the investment potential is to determine the weights of location's features so that they can express the actual relationship between this feature's value and the investment potential. The main problem in the identification of the investment potential is to determine the weights of location's features so that they can express the actual relationship between its value and the investment potential. The *investment potential* of location is defined as a set of advantages of a place, because certain areas have better conditions for investment than others. According to another definition, investment potential is the ability to make investors choose a place and invest in it (Biłozor and Renigier-Biłozor, 2016). This study puts an emphasis on examination of components of area for investment in terms of spatial. Problems of such analyses are apparent from subjectivity in the assessment of the effects of particular features on the investment potential. This subjectivism is a factor which cannot be omitted in spatial studies, although it cannot be ignored either.

This problem results from subjectivity in the assessment of the effects of particular features on the investment potential. This subjectivism is a factor which cannot be omitted in spatial studies.

The *main aim* of the conducted study was to develop a procedure for determining location's investment potential (*AIP*) based on the available GIS databases in such a manner that the highest level of objectivity of the assessments of the criteria regarded as subjective can be achieved and that tools efficiently responding to changes occurring within the area can be provided.

In response to the presented problem and to its complex nature resulting from the complex nature of the area itself, a decision was made to apply multicriteria decision support methods. These methods include the AHP (Analytic Hierarchy Process) method, whose application supports various decision-making processes.

2 THE PRINCIPLES OF OPERATION OF THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS

The AHP method applied in the analysis was developed by an American scientist Saaty (1988). The advantage of the method is the opportunity to compile, within one decision-making process, many various criteria that are described both numerically and verbally. The method is supported with certain automatism of the assessment, which increases the degree of their objectivity, not only on the basis of repeatability of research and the inclusion of a greater group of assessors into it. This automatism involves the construction of a final assessment from the comparison of various features in pairs, which is a process much simpler and objective than the assessment of a set of features at the same time. The AHP, mainly due to the clarity of the methodological argument, has become one of the better-known decision-making methods. Despite (and perhaps due to) its originality, resulting from a different approach in the process of prioritising solutions, the method has found various different applications (Zahedi, 1986; Vargas, 1990; Forman and Gass, 2001; Ramanathan, 2001). This is because it enables the introduction of a relative scale of grades, i.e. priorities for countable and uncountable criteria. The final assessment of the variants is based upon results of scientific and expert opinions, existing measurements and statistical data. To carry out an assessment of descriptive features, it is necessary to present the mutual significance of features in a numerical form, e.g. by using Saaty's fundamental comparison scale, which is described later (Adamus and Gręda, 2005). In order to be able to do it scientifically, the so-called reversible pairwise comparisons need to be performed. They involve a description of the overriding significance, in the decision-making process, of feature i over feature j in such a manner so that where the significance may be defined as p_{ij} , then the relation of j over i will be described as $1/p_{ji}$, while the relation $p_{ii} = 1$ (Saaty, 2001).

The analytical argument providing a basis for the operation of the AHP is a record of relations between the importance of the criteria taken into account in the decision-making process. It is presented as an n -dimensional matrix, where n is the number of criteria taken into account in the analysis and w_n are the weights that these criteria weigh in the assessment (Klutho, 2013).

The unknown in the actual solution of problems is the determination of the relation w_i/w_j . It is close to the significance resulting from the application of Saaty's scale. This relation can be written as follows:

$$A^0 = \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \dots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & w_n/w_n \end{bmatrix} \approx \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

The proximity of this relation is determined using the proximity of the maximum eigen value of matrix A^0 λ_{max} . For matrices of such a type, i.e. consistent matrices, in accordance with matrix algebra, λ_{max} is equal to n , and for paired comparison matrix A , λ_{max} should be close to n .

There is a possibility for separating an eigen vector from matrix A , which is a universal scale of values of weights of particular criteria. For the determination of vector W which enables the ranking of possible solutions, matrix A is normalised. In this case, the method of *averaged comparison matrix columns*, also referred to as the Saaty's method, was applied (Michnik, 2009). It involves the transformation of

comparison matrix A to normalised matrix $\hat{A}$ by multiplying matrix A by vector S determined from the converse of the sum of columns of the elements of matrix A . In order to simplify the argument, each element of matrix A will be marked as a_{ij} . The product $A \times S$ yields a normalised matrix $\hat{A}$. Then, vector $\hat{W}$ is determined, the elements of which are the mean value of the sums of rows of matrices $\hat{A}$:

$$\hat{W} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n \hat{a}_{i1} \\ \sum_{i=1}^n \hat{a}_{i2} \\ \vdots \\ \sum_{i=1}^n \hat{a}_{in} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \hat{w}_1 \\ \hat{w}_2 \\ \vdots \\ \hat{w}_n \end{bmatrix} \quad (2)$$

where: $\hat{a}_{ij}$ – elements of matrix $\hat{A}$.

The correctness of the determination of the weight vector $\hat{W}$ must be confirmed by an assessment of compatibility (consistency) of matrix A . Saaty (2008) proposed an assessment of consistency using the consistency index CI and consistency ratio CR .

The consistency index is calculated using the following formula:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

Whereas, if n reflects number of rows of matrices, it should also be borne in mind that it actually reflects the number of comparison alternatives and in order to maintain the consistency of matrices, the condition $n \leq 7+2$ should be met (Saaty and Ozdemir, 2003). On the other hand, $\lambda_{\max}$ is the maximum eigen value of the comparison matrix, which can be determined as a value being in proximity, with sufficient accuracy, to that calculated from the equation:

$$\lambda_{\max} \approx \sum_{j=1}^n \left[\hat{w}_j \sum_{i=1}^n a_{ij} \right] \quad (4)$$

Therefore, it is a value close to the sums of products of values of the column sums of comparison matrices A and the normalised values of the weights recorded in vector $\hat{W}$.

It is also to be borne in mind that matrix A should be a consistent matrix, therefore $\lambda_{\max} = n$, therefore CI should be equal to 0. However, a certain deviation from this equation is acceptable. It is assumed that the sufficient level of assessment consistency is guaranteed by the matrix for which the consistency ratio CR does not exceed 0.1 (Saaty and Vargas, 2012). Whereas, CR is equal to:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (5)$$

where RI is the value of a random index, determined by the author of the method as a mean value of CI for a large number of randomly generated comparison matrices. Its values for n degree matrix are presented in Table 1.

Table 1: The value of a random index RI.

<i>n</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<i>RI</i>	-	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49	1.51	1.54	1.56	1.57	1.58

n – degree of a matrix. Source: Saaty 2001.

If the following condition is met $CR \leq 0.1$ the weighting is considered to be correct and the determined standardized weight for the criteria is correct. If the condition is not fulfilled, the determination of the comparison matrix should be repeated.

In the AHP, the procedure for the assessment of variants possible in the investment process, i.e. the construction of a rating of possible solutions is reduced to a process comprising the following steps:

1. The distribution of a decision-making process into a hierarchically constructed process of criteria assessment.
2. The construction of comparison matrices for criteria and subcriteria at each level of their hierarchy using the universal assessment scale.
3. Determination of weight vectors in relation to particular matrices, depending on the hierarchical level of the criteria, which are referred to as global or local criteria depending on the hierarchical level.
4. An assessment of the consistency of particular comparison matrices. Where the acceptable value of CR is exceeded, the process of assessment through comparison should be repeated.
5. The construction of the ranking of considered variants based on the absolute product of global and local weights as well as normalised assessments of the criteria assigned to a specific variant.

The hierarchical structure of the process of ranking construction in the AHP method can be presented in a simplified form in accordance with Figure 1.

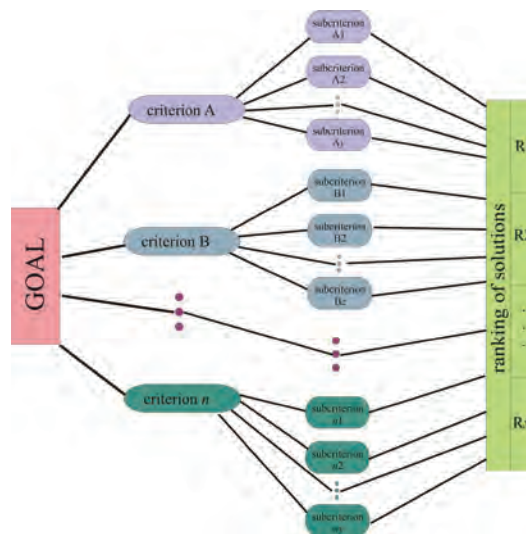


Figure 1: A theoretical hierarchical tree in the AHP. $R_1, \dots, R_x$ - solutions. Source: own work based on Klutho, 2013.

In the procedure described, an important element is the determination of normalised parameters determined for the assessment of criteria in relation to specific solutions ($R_1, \dots, R_x$). In our case, the solutions

should be considered equivalent to the basic fields (r) with certain features (criteria and subcriteria). Out of these features, criteria for the assessment of the investment potential of location E_{pr} were selected. E_{pr} było podstawą stworzenia rankingu pól (r) jak na figure 1 ($RI, \dots R_x$). It was the basis for the creation of ranking the fields (r) as shown in Figure 1.

The selected criteria should be subjected to an assessment consistent to their characteristics. Where they are descriptive assessments, they should be subjected to point evaluation (Cieślak and Szuniewicz, 2015). The measurable criteria can be assessed based on their parameters or indicators reflecting their intensity. Eventually, for all obtained measures, the direction of the effect on the level of investment potential E_p should be determined. This should be followed by the normalisation of the considered criteria (Kobryń, 2014). Out of various manners of normalisation, the one being most congruent to the features due to the value span and the purpose of normalisation was selected (Pawlewicz, 2015). This guaranteed an effective operation for a value of the feature equal to 0, and the final span of the normalised features within the range of [0, 1]. Formulas (6) and (7) were used for this purpose:

The stimulants:

$$zn_{rj} = \frac{c_{rj} - \min c_j}{\max c_j - \min c_j} \quad (6)$$

The destimulants:

$$zn_{rj} = \frac{\max c_j - c_{rj}}{\max c_j - \min c_j} \quad (7)$$

where:

c_{rj} – denotes the values of j -th criterion for r -th field ($r = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n$);

zn_{rj} – normalised value of j -th feature (indicator) for r -th field. The thus normalised values of the features fall within the numerical range of [0, 1].

The final ranking of the fields (E_r) was constructed by putting in order the sums of the products of normalised assessments of local subcriteria weights (w^l) obtained for these subcriteria multiplied by local weights (w^g) of relevant criteria.

$$E_r = \sum_{i=1}^n w_i^g \sum_{j=1}^n w_{ij}^l * zn_{rj} \quad (8)$$

3 DESCRIPTION OF THE AREA UNDER STUDY

The study was conducted in fast-growing districts and in a transition zone adjacent to the city of Olsztyn. The total studied area is slightly less than 414 ha. The predominant planning functions include multi-family and single-family residential functions. Furthermore, it should be emphasized that in the period preceding the stocktaking moment (2015), this area showed strong growth dynamics towards areas with high investment potential.

It should be noted that, at the current stage of development of cities with the size and importance comparable to those of Olsztyn, the residential function has the highest demand and is, thus, the best research

object. Furthermore, there is a wide availability of public utility facilities and commercial and service facilities, which increase the investment value of the district and expand its development potential. The Jaroty district is one of the fastest-developing areas in Olsztyn.

This study attempted to assess the elements of area with the greatest impact on the potential of urban area development. At each time point, the evaluation of geo-information was performed by means of land quality assessment which yielded the Area Investment Potential. In order to unify and interpret the results, an analysis was carried out by dividing the surface into basic fields. It was decided that the selection of hexagon-shaped geometric fields would be the most optimal since it would create the possibility for more complete analysis and interpretation of results, particularly by means of interpolation. The surface of basic fields is 8,660 m². The selection of field size was driven by the size of record parcels that, in general, constitute a basic surface unit in the investment process (Szuniewicz et al., 2015). Due to different sizes of parcels, depending on their function, it was necessary to verify and adjust the surface of fields to the areas identified as individual investments, which were understood as:

- a set of parcels on which there were time-synchronised investments in single-family housings;
- the area on which a multi-family building was constructed, together with management of the surrounding area;
- a similar investment in commercial and service facilities.

Thirteen features which indicated the investments and their quality were analysed. These features were divided into three groups depending on their impact on investments:

Group P: Spatial elements (geo-information) influencing the decision to invest in urban areas. The factors that determine the occurrence of investment on a given area:

- P1: Local Area Development Plan (LADP) adopted in a particular area – defined as a ratio of the area under the LADP to the total area of the basic field;
- P2: The type and class of usable land – defined as a ratio of the investment-friendly usable land (without technical infrastructure areas, poor quality soils, wasteland and areas with different forms of nature conservation) to the total area of the basic field (%);
- P3: Spatial barriers – defined as a ratio of the area of spatial barriers to the total area of the basic field (%);
- P4: Topography – determination based on the difference between heights at measuring points in a particular basic field (meter);
- P5: The structure of plots – defined as a ratio of the area of plots with an adverse structure to the total area of the basic field (%).

Group I: Geo-information on the availability and location of equipment of technical infrastructure measured using the accessibility defined as a distance between the line of technical infrastructure and the boundaries of the basic field (meter):

- I1: Accessibility of water supply and distribution network;
- I2: Accessibility of power distribution networks;
- I3: Accessibility of sanitary drainage network;
- I4: Accessibility of road infrastructure;
- I5: Accessibility of central heating network;
- I6: Accessibility of gas distribution network.

Group B: Spatial elements (geo-information) determining the quality of investment in urban areas in their functional and aesthetic context. These conditions indicate the correctness of structure on urban areas:

- B1: MN – an area designated for development (the value of development indicator for the basic field);
- B2: The structure of transportation areas – defined as a ratio of the area of transportation areas including roads, car parks, and pavements to the total area of the basic field (%);
- B3: The structure of controlled greenery area – defined as a ratio of the area of controlled greenery land to the total area of the basic field (%);
- B4: Investment – defined as a ratio of the area of the invested-into areas to the total area of the basic field (%).

The selection of features was preceded by a review of the literature on assessment and indexation of area, and was supported by a survey study carried out with the experts in spatial management and students from faculties related to spatial management (Strumillo-Rembowska et al., 2014; Cieslak et al., 2016; Przegon et al., 2017). The questionnaires served to create a system for evaluation of individual features and to assign a cumulative value to individual groups. The groups of features were arranged into a hierarchical solution scheme (Figure 2).

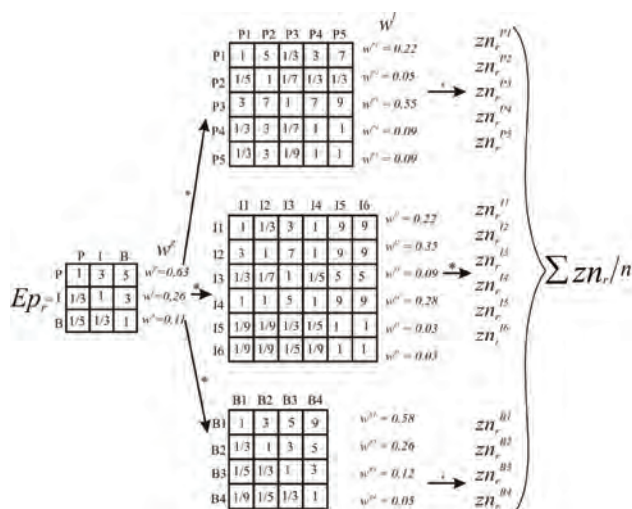


Figure 2: A hierarchical scheme of an assessment of the area. Source: own study.

The comparison matrices presented in Fig. 2 were constructed based on assessments of fifteen land management experts. Each of the experts completed 4 matrices using the Saaty scale. In 8 cases, they were filled out again because the first choice did not give the matrix consistency at the required level. Finally, 60 matrices were obtained for which $CR < 0.1$. Then, 15 values were compared for each of the 36 positions of the matrix (this applied only to the position beyond the transient matrix). Preliminary analysis allowed to conclude that the choices of the experts are consistent and show a clear convergence of decisions (in each case, it was a minimum of 30% of the choice for the same value). The final shape of the matrix was therefore determined based on the dominant (Kassyk-Rokicka, 2011) determined for each position of the matrix. This was followed by a study of the consistency of comparison matrices. The indices CR proved to meet the condition < 0.1 . Their values are presented in Table 2.

Table 2: Results of the assessment of comparison matrices of levels I and II.

Comparison matrices		CR
levels I	-	0.05
	P	0.07
levels II	I	0.07
	B	0.03

Source: own study.

Based on the matrices, local weights of criteria and subcriteria (w^c and w^s) were calculated (Fig. 2). Their product multiplied by the normalised assessment of subcriteria (zn), and for each field was a basis for the final ranking (E).

4 RESULTS

The first step concerned the inventory of the selected features of the land of the area under study divided into 478 hexagons being the basic fields of the assessment (r). The inventory was carried out based on an analysis of the existing planning documentation and the available cartographic studies detailed with results of field studies.

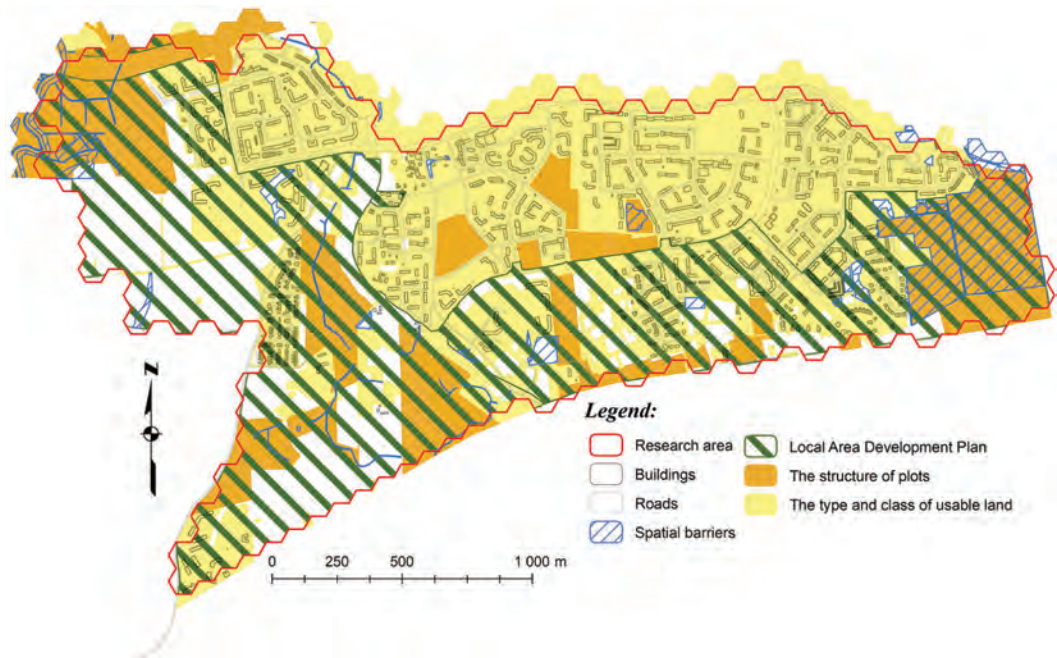


Figure 3: The inventory map of features in group P (P1, P2, P3, P5). Source: own study.

The inventory results are presented in maps (Figure 3,4,5,6), on which generalised results of the inventory, segregated in accordance with the groups of features, are found. On the map (Figure 3), features of group P are presented. Separately, in the same group, the feature $P4$ – topography was presented (Figure 4). It was necessary for the maintenance of the legibility of drawings.

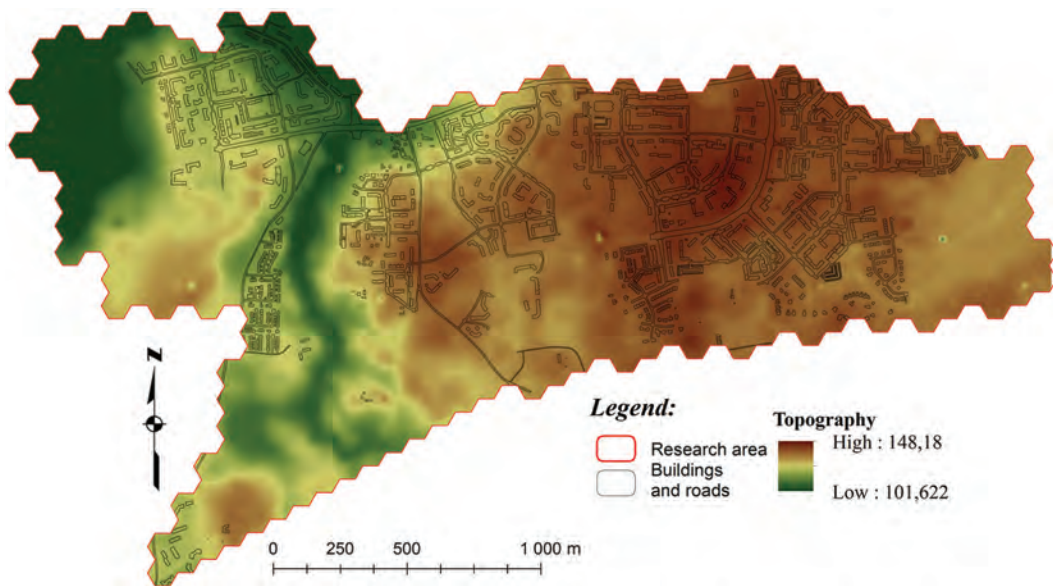


Figure 4: The inventory map of features in group *P* (P4). Source: own study.

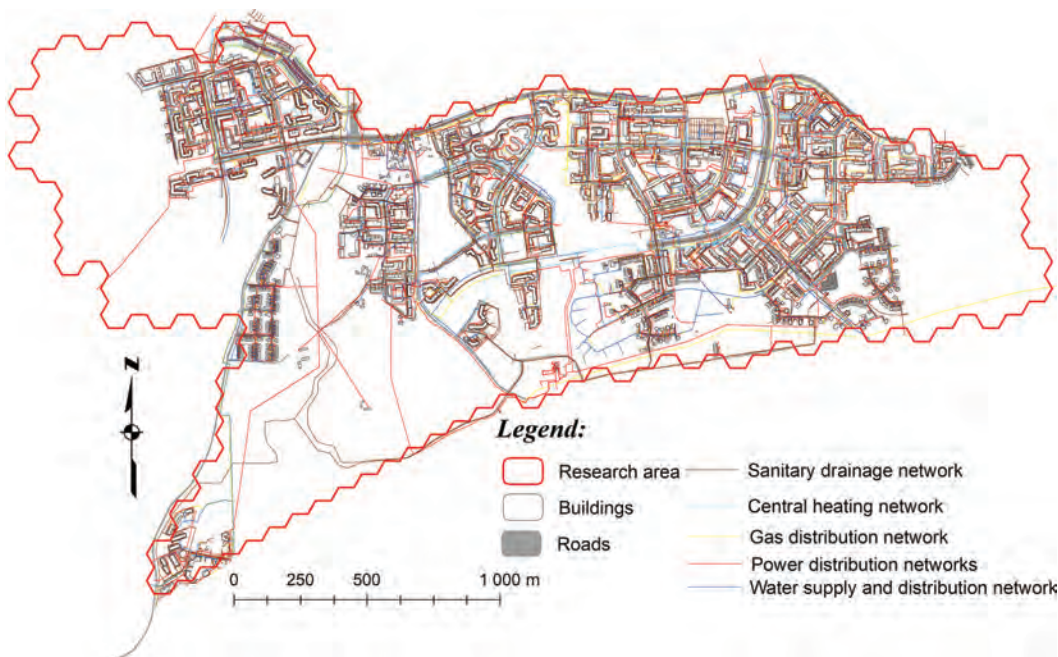


Figure 5: The inventory map of features in group *I*. Source: own study.

Figure 5 presents the results of the inventory of features in group *I*, while Figure 6 shows the results of the inventory of features in group *B*.

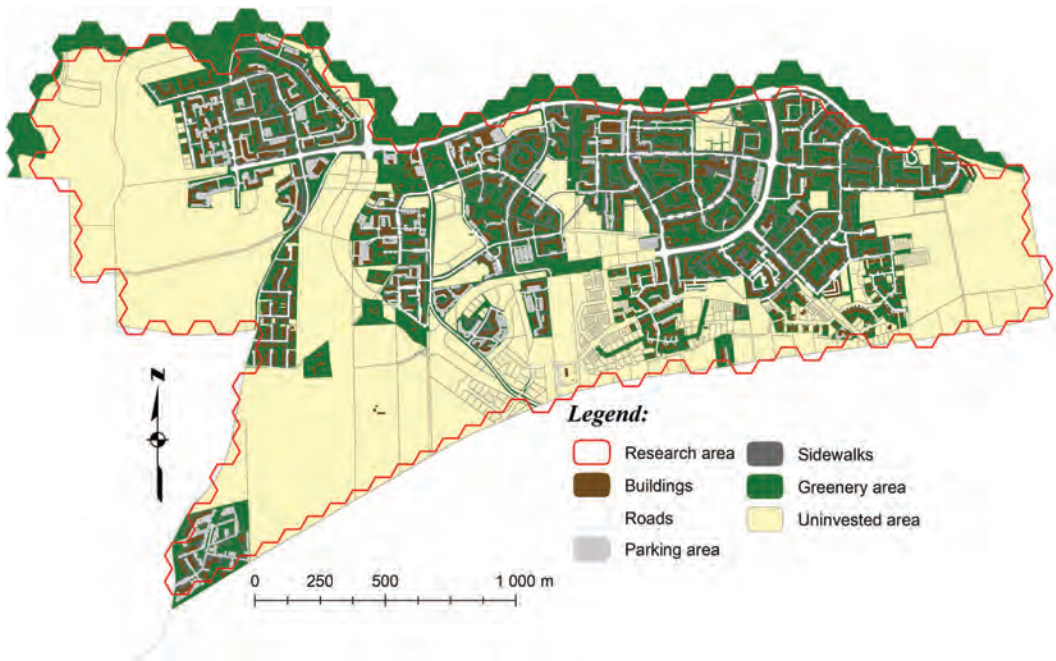


Figure 6: The inventory map of features in group *B*. Source: own study.

The actual assessment of the fields was carried out in two stages. The first step involved an assessment of subcriteria of the second level of the AHP in the previously selected groups (*P*, *I*, *B*). The initial assessments of criteria were normalised in accordance with their stimulant or destimulant effect on the value of investment potential of the area. The normalised values were weighed in accordance with the calculations of weights on the second level of the AHP, and summed. In order to graphically present the assessment of subcriteria, classifications of the fields were conducted in three groups. In each group, five classes were separated in accordance with the principle of equal value interval. Their theoretical span is [0.00; 1.00]. Values for each class are presented in table 3.

Table 3: Rules of classification ratings for selected groups of subcriteria (*P*, *I*, *B*).

<i>class</i>	<i>range of values</i>	<i>description potential of location</i>
I	[0.81; 1.00]	best quality of feature
II	[0.61; 0.80]	good quality of feature
III	[0.41; 0.60]	medium quality of feature
IV	[0.21; 0.40]	low values of features
V	[0.00; 0.20]	very low values of features

Source: own study.

The classification for each group is presented in Figure 7.

The final assessment of the *AIP* was carried out through weighing the assessments determined in groups *P*, *I*, *B*. Weights for particular groups were determined on the first level of the AHP. Results of the final assessment of the fields in terms of their investment potential are presented in Figure 8.

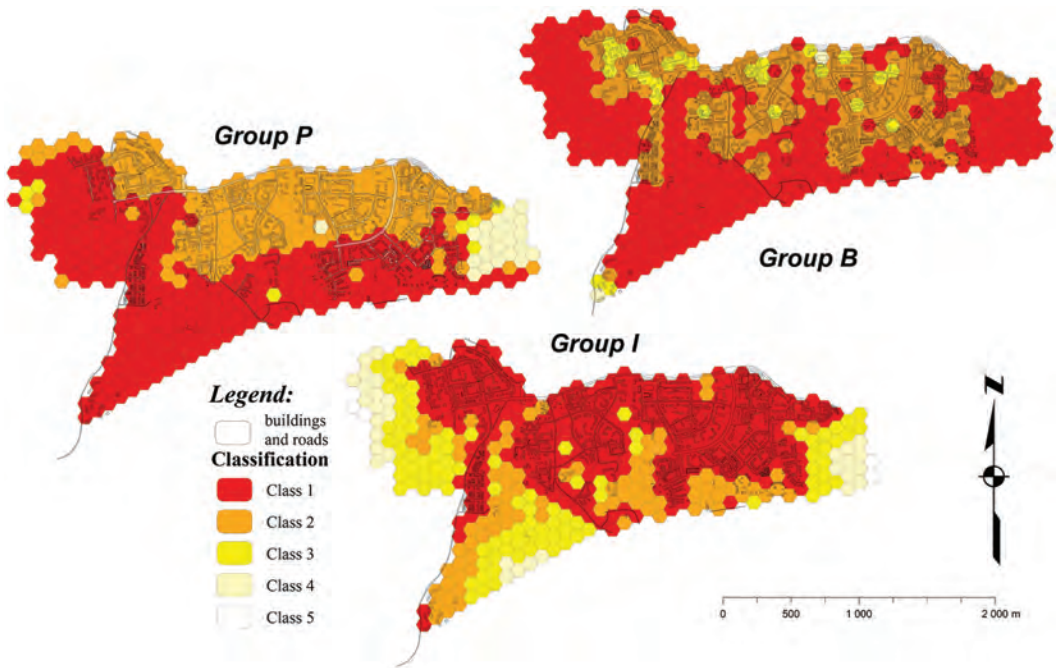


Figure 7: Classification maps for groups *P*, *I* and *B*. Source: own study.

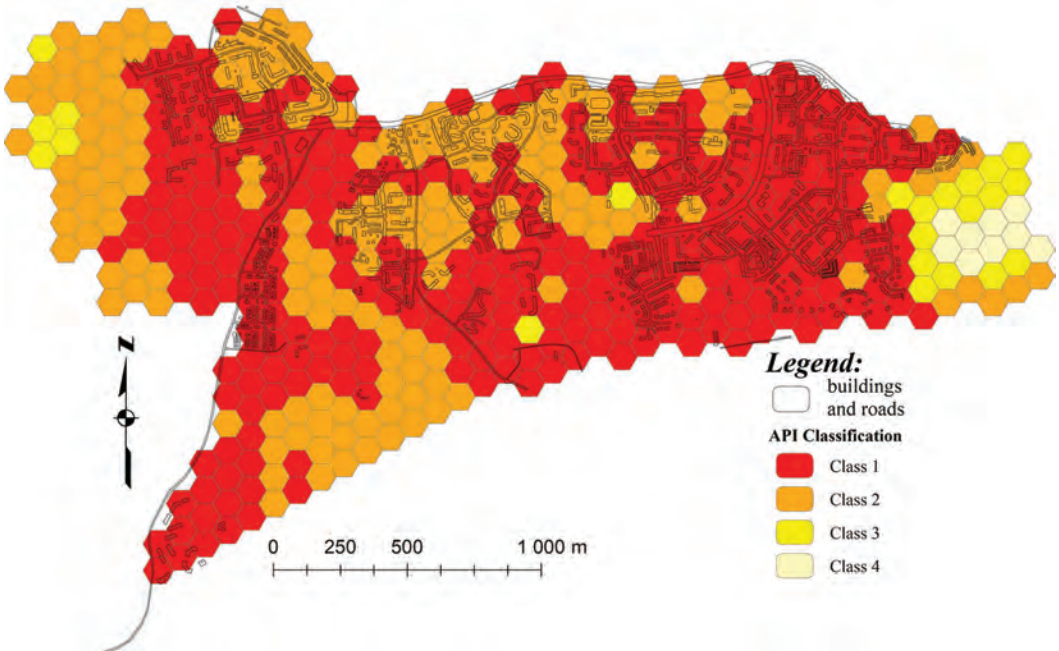


Figure 8: The classification map of results of the final assessment *API*. Source: own study.

5 DISCUSSION AND CONCLUSION

The obtained assessment results indicate the high quality of the investment potential *AIP* in the area under study. For particular groups of criteria, as well as for the final calculation of the *AIP* broken down into classes, most fields were included in high quality classes (Table 4).

Table 4: The number of fields in the assessment classes for the features groups and *API*.

<i>Class</i>	<i>P</i>	<i>I</i>	<i>B</i>	<i>API</i>
I	274	252	285	285
II	174	90	166	162
III	8	101	25	22
IV	22	31	2	9
V	0	4	0	0

Source: own study.

More than half of fields for the criteria from the planning group and the planning group related to the current use were included in class I and II. This means that the final assessment of these fields was given a grade of over 0.60. This affected the final assessment of the *AIP*, the results of which were distributed similarly. It can be concluded from an analysis of the map (Figs. 7, 8) that high assessments of the fields within *P* and *B* have similar locations. The situation in the field of an assessment of infrastructure (I) in the area under study is slightly opposite. The highly assessed fields for this group of criteria (classes I and II) are located in the southern part of the area. This can result in investment discomfort in the northern part and in the eastern and western ends of the area.

An analysis of the assessment results indicates that the assessed area has high investment potential *AIP*. The area under study should develop towards the south. It follows from an analysis of Figure 8, that this is the area with the highest *AIP*. The identified direction is consistent with the spatial policy of the city. In order to support the *AIP*, infrastructure needs to be developed within this area as its level may be an investment brake for the area. The analysis of figure 7 shows that relation. For each group of sub-criteria the southern part of the research area obtained lower values.

The study carried out by the authors demonstrate the usefulness of the AHP method for the assessment of investment potential of the areas of the boundary zone between the city and the countryside. The application of the described procedure enables the indication of the directions of development and of the weak elements in the field of land management. In addition, the procedure exhibits considerable flexibility in the selection of criteria, and can be easily adopted to other purposes.

Literature and references:

- Adamus, W., Greda, A. (2005). Wspomaganie decyzji wielokryterialnych w rozwiązywaniu wybranych problemów organizacyjnych i menedżerskich. *Badania operacyjne i decyzje*, 2, 5–36.
- Biłozor, A., Renigier-Biłozor, M. (2016). Procedure of Assessing Usefulness of the Land in The Process of Optimal Investment Location for Multi-Family Housing Function. *Procedia Engineering*. 161, 1868–1873.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.720>
- Cieślak, I., Szuniewicz, K. (2015). The quality of pedestrian space in the city: a case study of Olsztyn. *Bulletin of Geography. Socio-economic Series*, 30 (30), 31–42.
DOI: <https://doi.org/10.1515/bog-2015-0033>
- Cieślak, I., Szuniewicz, K., Czyza, S. (2016). Analysis of the Variation of the Areas Under Urbanization Pressure Using Entropy Index. *Procedia Engineering*, 161.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.793>
- Forman, E. H., Gass, S. I. (2001). The analytic hierarchy process—an exposition.

- Operations research, 49 (4), 469–486.
- Frey, W. H., Zimmer, Z. (2001). Defining the city. *Handbook of urban studies*, 1, 14–35.
- Graham, S., Healey, P. (1999). Relational concepts of space and place: Issues for planning theory and practice. *European planning studies*, 7 (5), 623–646. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/09654319908720542>.
- Kassyk-Rokicka, H. (1994). *Mierniki statystyczne*. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne S.A.
- Klutho, S. (2013). *Mathematical Decision Making. An Overview of the Analytic Hierarchy Process*. www.whitman.edu/mathematics/SeniorProjectArchive/2013/Klutho.pdf, accessed 24.01.2018.
- Kobryń, A. (2014). Wielokryterialne wspomaganie decyzji w gospodarowaniu przestrzenią. Difin SA.
- Kowalczyk, A. M. (2015). The use of scale-free networks theory in modelling landscape aesthetic value networks in urban areas. *Geodetski Vestnik*, 59 (1), 135–152. DOI: [10.15292/geodetski-vestnik.2015.01.135-152](https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2015.01.135-152)
- Michnik, J., Lo, M. C. (2009). The assessment of the information quality with the aid of multiple criteria analysis. *European Journal of Operational Research*, 195 (3), 850–856.
- Nowak Da Costa, J. (2016). Novel tool for examination of data completeness based on a comparative study of VGI data and official building datasets. *Geodetski Vestnik*, 60 (3), 495–508. DOI: [10.15292/geodetski-vestnik.2016.03.495-508](https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2016.03.495-508).
- Pawlewicz, K. (2015). Differences in development levels of urban gminas in the Warmino-Mazurskie voivodship in view of the main components of sustainable development. *Bulletin of Geography. Socio-economic Series*, 29 (29), 93–102. DOI: <https://doi.org/10.1515/bog-2015-0027>
- Przegon, W., Baciór, S., Sobolewska-Mikulska, K. (2017). Cartographic analysis of transformations of the spatial structure of lands of Podgorze in Krakow in Poland in the period of 1847–2016. *Geodetski Vestnik*, 61 (2), 278–292. DOI: [10.15292/geodetski-vestnik.2017.02.278-292](https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2017.02.278-292)
- Ramanathan, R. (2001). A note on the use of the analytic hierarchy process for environmental impact assessment. *Journal of environmental management*, 63 (1), 27–35. DOI: <https://doi.org/10.1006/jema.2001.0455>
- Renigier-Bożozor, M. (2017). Modern classification system of real estate markets. *Geodetski vestnik*, 61 (3), 441–460. DOI: [10.15292/geodetski-vestnik.2017.03.441-460](https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2017.03.441-460)
- Saaty T.L. (1988). What is the Analytic Hierarchy Process?. In: Mitra G., Greenberg H.J., Lootsma F.A., Rijkkaert M.J., Zimmermann H.J. (eds) *Mathematical Models for Decision Support. NATO ASI Series (Series F: Computer and Systems Sciences)*, 48. Springer, Berlin, Heidelberg. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-83555-1_5.
- Saaty T.L. (2001). The Seven Pillars of the Analytic Hierarchy Process. In: Köksalan M., Zionts S. (eds) *Multiple Criteria Decision Making in the New Millennium. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, 507. Springer, Berlin, Heidelberg. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-56680-6_2
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International journal of services sciences*, 1 (1), 83–98. DOI: <https://doi.org/10.1504/USSCI.2008.01759>
- Saaty, T. L., Ozdemir, M. S. (2003). Why the magic number seven plus or minus two. *Mathematical and computer modelling*, 38 (3–4), 233–244. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0895-7177\(03\)90083-5](https://doi.org/10.1016/S0895-7177(03)90083-5)
- Saaty, T. L., Vargas, L. G. (2012). *Models, methods, concepts and applications of the analytic hierarchy process*. Springer Science and Business Media.
- Strumillo-Rembowska, D., Bednarczyk, M., Cieślak, I. (2014). Data generation of vector maps using a hybrid method of analysis and selection of geodata necessary to optimize the process of spatial planning. *ICEE*, 9 (1). DOI: [10.3846/enviro.2014.134](https://doi.org/10.3846/enviro.2014.134).
- Szuniewicz, K., Cieślak, I., Strumillo-Rembowska, D., Chyl, M., Czyza, S. (2015). Determination of urban space potential with the use of the GIS application: a case study of Olsztyn. *Informatics, geoinformatics and remote sensing*, (2). SGEM 2015. DOI: [10.5593/SGEM.2015/B22/S11.104](https://doi.org/10.5593/SGEM.2015/B22/S11.104)
- Vargas, L. G. (1990). An overview of the analytic hierarchy process and its applications. *European journal of operational research*, 48 (1), 2–8. DOI: [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90056-H](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90056-H)
- Zahedi, F. (1986). The analytic hierarchy process – a survey of the method and its applications. *Interfaces*, 16 (4), 96–108. DOI: <https://doi.org/10.1287/inte.16.4.96>



Cieślak I., Szuniewicz K. (2018). Analysis of the investment potential of location using the AHP method. *Geodetski vestnik*, 62 (2), 279–292. DOI: [10.15292/geodetski-vestnik.2018.02.279-292](https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2018.02.279-292)

Iwona Cieślak, Ph.D.

University of Warmia and Mazury in Olsztyn
Faculty of Geodesy, Geospatial and Civil Engineering
Prawocheńskiego 15 Str., 10-724 Olsztyn, Poland
e-mail: isidor@uwm.edu.pl

Karol Szuniewicz Ph.D.

University of Warmia and Mazury in Olsztyn
Faculty of Geodesy, Geospatial and Civil Engineering
Prawocheńskiego 15 Str., 10-724 Olsztyn, Poland
e-mail: karol.szuniewicz@uwm.edu.pl

UČINKOVITOST RAZLIČNIH NAČINOV ODKRIVANJA GROBIH POGREŠKOV V GEODETSKIH MREŽAH: PRIMER SPOMENIKA POBEDNIK

THE EFFICIENCY OF DIFFERENT OUTLIER DETECTION APPROACHES IN GEODETIC NETWORKS: CASE STUDY FOR POBEDNIK STATUE

Mehmed Batilović, Zoran Sušić, Marko Z. Marković, Marijana Vujinović, Gojko Nikolić, Toša Ninkov

UDK: 528.1:528.41 (497.11 Beograd)
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01
Prispelo: 12. 12. 2017
Sprejeto: 25. 5. 2018

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2018.02.293-305
SCIENTIFIC ARTICLE
Received: 12. 12. 2017
Accepted: 25. 5. 2018

IZVLEČEK

V članku obravnavamo učinkovitost odkrivanja grobih pogreškov opazovanj v geodetskih mrežah za dve različni metodi. Analiza je izvedena na primeru kontrolne mreže za geodetska opazovanja spomenika Pobednik na območju trdnjave Kalemegdan v Beogradu, kjer je uporabljena ocena povprečne uspešnosti (angl. MSR – mean success rate). Za odkrivanje grobih pogreškov smo uporabili klasične analize in robustne metode. Rezultati empirične analize originalnih geodetskih opazovanj so pokazali, da so robustne metode učinkovitejše od klasičnih analiz odkrivanja grobih napak opazovanj v geodetskih mrežah.

ABSTRACT

In the paper the efficacy of two different approaches for outlier detection in geodetic networks is analysed on a test example of a control network for geodetic monitoring of the Pobednik statue in the Kalemegdan Fortress in Belgrade by applying the mean success rate (MSR). Conventional tests and robust methods were applied for detecting outliers. The experimental results indicate that the new approach based on original observations provides higher efficiency of the applied methods than the classical approach for outlier detection in geodetic networks.

KLJUČNE BESEDE

grobi pogrešek, analiza grobih pogreškov, geodetska opazovanja, geodetska mreža, klasične analize, robustne metode

KEY WORDS

outlier, outlier analysis, geodetic observations, geodetic network, conventional tests, robust methods

1 INTRODUCTION

For the purpose of solving many tasks in geodesy, it is necessary to design and establish a geodetic network of appropriate quality. Due to the influence of various factors, such as careless operators, atmospheric conditions and other factors, observations may contain outliers. Since outliers affect the estimation of unknown parameters and their accuracy in the adjustment of a geodetic network, it is possible to reach wrong conclusions on the basis of the obtained results (Hampel et al., 1986). Therefore, observations must be freed of the influence of outliers. Two most common methods for detecting outliers in geodetic observations are Conventional Outlier Detection Test Procedures and Robust Estimation Methods.

The conventional tests of detecting outliers include Data snooping test (Baarda, 1968) and τ test (Pope, 1976). These tests are based on the assumption that observations contain only one outlier. Berber and Hekimoglu have shown that by applying the Data snooping test one outlier can be reliably detected, while if the τ test is applied, an outlier cannot be always reliably detected (Berber and Hekimoglu, 2003). Baselga showed that the τ test becomes inefficient when several outliers exist in observations (Baselga, 2007). Also, that study showed that the τ test is not applicable in cases when observations are correlated. In Saka (2016) two approaches for outlier detection in the Global Navigation Satellite System (GNSS) networks by applying the τ test were considered. In the first case one GNSS baseline components were analysed individually and in the second case they were analysed as a whole. When an outlier exists in all baseline components, the second approach is a more efficient solution while the first approach is more efficient in cases when outlier exists in only one baseline component (Saka, 2016). It is asserted and proven in practice, that in case of only one outlier, Conventional Tests are very efficient (Xu, 2005; Hekimoglu et al., 2014).

The robust methods are very suitable statistical tools used for reducing or removing the influence of outliers in observations. In 1964, Huber introduced a robust M-estimation, representing the generalized form of maximum likelihood estimation (Huber, 1964). The robust M-estimation is a very suitable technique for outlier detection in geodetic observations. The principle of the robust-M-estimation application is based on the iterative Least squares (LS) adjustment respecting the condition about gradual changes of the weights of individual observations (Třasák and Štroner, 2014). The LS is very sensitive to deviations from the model assumptions (Hampel et al., 1986) and it extends the effects of outliers to residuals of all observations (Hekimoglu et al., 2011, 2014; Hekimoglu and Erdogan, 2012; Erdogan, 2014). LS play an essential role in all methods of detecting outliers mentioned above. Unlike the LS estimation, the robust M-estimation is far less sensitive to the deviations from the assumed model, hence it resists, to a certain extent, the effect of outliers (Hampel et al., 1986; Třasák and Štroner, 2014).

In order to investigate the effectiveness of outlier detection methods in geodetic observations, Hekimoglu and Koch proposed that as a measure of efficiency the mean success rate (MSR) should be used (Hekimoglu and Koch, 1999, 2000). MSR is given as the number of successes divided by the number of experiments (Hekimoglu and Koch, 1999, 2000). MSR is used for the efficiency measurements of outlier detection methods (Hekimoglu and Erenoglu, 2007; Erenoglu and Hekimoglu, 2010; Hekimoglu et al., 2011, 2014; Erdogan, 2014) and methods of deformation analysis (Hekimoglu, Erdogan and Butterworth, 2010; Nowel, 2016; Sušić et al., 2017).

Below are briefly presented results of researches carried out in cited papers. The robust methods of outlier detection are more efficient than the conventional tests. By increasing the outlier magnitude, the

efficiency of an outlier detection method is also increased. The efficiency of mentioned methods is significantly reduced with the increase of the number of outliers, and the number of unknown parameters. Outlier detection methods are significantly more efficient in cases when the *a priori* standard deviation is unknown. The MSR efficiency indicator reaches a maximum value if there is only one outlier or when the number of unknown parameters is one.

Each observation in geodetic network is measured at least two times, after which its mean value is determined. The obtained mean values are used in the adjustment of geodetic network. When observations are not contaminated by outliers, the mean value represents the optimum value. However, if observations are contaminated by at least one outlier, the mean value will also be contaminated by an outlier. For instance, when observations in a geodetic network are measured twice, the mean value is contaminated by half of an outlier. Since the outlier detection of small magnitudes is much more difficult, it is necessary that the outlier detection is based on original observations, not on their mean values (Erdogan, 2014; Hekimoglu et al., 2014). In his study (Erdogan, 2014), Erdogan has shown that this approach provides higher efficiency of the outlier detection methods. In Hekimoglu et al. (2014) the authors propose the Univariate Approach for the outlier detection. In this approach the analysis is based on a univariate sample which is formed as the difference of original observations measured at least twice. If this approach is used, the efficiency of applied methods increases (Hekimoglu et al., 2014).

2 CONVENTIONAL TESTS

The conventional tests of outlier detection are based on local statistical tests (Baarda, 1968; Pope, 1976). When an observation l_i is contaminated by an outlier δ_i , the following hypotheses are tested:

$$H_0: E(\delta_i) = 0 \quad \text{versus} \quad H_a: E(\delta_i) \neq 0 \quad (1)$$

Hypotheses (1) are tested by applying the Data snooping or τ tests (Baarda, 1968; Pope, 1976). The differences between these tests are reflected in the use of different variance factors for the standardization of residuals. In case of the Data snooping test *a priori* standard deviation σ_0 is used, and in the τ test a posteriori standard deviation $\hat{\sigma}_0$.

For the Data snooping test, the test statistics is formed in the following way (Baarda, 1968; Caspary, 2000):

$$w_i = \frac{|v_i|}{\sigma_0 \sqrt{q_{vvi}}} \sim N(0,1), \quad i \in \{1, 2, \dots, n\} \quad (2)$$

where v_i is the residual of the i -th observation, σ_0 a priori standard deviation, q_{vvi} i -th diagonal element of the cofactor matrix of residuals $\mathbf{Q}_v$ and N the standardised Normal distribution. If $w_i > N_{1-\alpha/2}$, then i -th observation is considered as a bad observation. For the significance level α the value 0.001 is generally chosen, but one often uses the value 0.01 when a need for more rigidity exist.

In the case of the τ test, the test statistics is formed in the following way (Pope, 1976; Caspary, 2000):

$$w_i = \frac{|v_i|}{\hat{\sigma}_0 \sqrt{q_{vvi}}} \sim \tau_f, \quad i \in \{1, 2, \dots, n\} \quad (3)$$

where $\hat{\sigma}_0$ is a posteriori standard deviation, τ_f is the τ distribution with f degrees of freedom. The τ distribution can be expressed as a function of the Student t distribution:

$$\tau_f = \sqrt{\frac{f \hat{f}_{f-1}^2}{f-1 + t_{f-1}^2}} \quad (4)$$

If $w_i > \tau_{1-\alpha/2, f}$ then the i -th observation is contaminated by an outlier. If the significance level α corresponds to all observations, then the significance level α_0 for every individual observation is determined according to the following expression (Pope, 1976; Caspary, 2000):

$$\alpha_0 = 1 - (1 - \alpha)^{1/n} \cong \alpha/n \quad (5)$$

where n is a number of observations. For the significance level α the value is generally chosen as $\alpha = 0.05$.

As already mentioned, these methods are based on the assumption that only one observation is contaminated by an outlier. If there are more outliers in observations, the theory is inadequate. However, in practice these methods are applied iteratively. Only the observation with the highest test statistic value is tested in one cycle of the iterations. If this observation is rejected, it is removed, and the remaining observations are adjusted again. The procedure is repeated until all observations which are contaminated by outliers are detected. More information about these methods can be found in the following papers Baarda (1968), Pope (1976), Caspary (2000).

3 ROBUST METHODS

The robust M-estimation method finds a wide application in detection of outliers in geodetic observations. The principle of the robust M-estimator application is based on an iterative least squares adjustment respecting the condition of a gradual change in weights of individual observations (Koch, 1999):

$$\left. \begin{aligned} \hat{\mathbf{x}}_k &= (\mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{W}_{k-1} \mathbf{A})^+ \mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{W}_{k-1} \mathbf{l} \\ \mathbf{v}_k &= \mathbf{A} \hat{\mathbf{x}}_k - \mathbf{l} \end{aligned} \right\}_{k=1,2,\dots} \quad (6)$$

where $\mathbf{A}$ is the design matrix, $\mathbf{P}$ matrix of observation weights, $\mathbf{l}$ vector of observations, $\mathbf{W}$ matrix of robust weights, $\mathbf{v}$ vector of residuals, $\hat{\mathbf{x}}$ vector of unknown parameters and k the number of iterations. The matrix of robust changes in weights of observations $\mathbf{W}$ may be expressed in the form:

$$\mathbf{W} = \text{diag}(w_1, w_2, \dots, w_n) \quad (7)$$

In the initial iterative step, this matrix is set up as the identity matrix ($\mathbf{W} = \mathbf{I}$). In subsequent iterations, any weight function from the robust M-estimation class can be used for forming robust weights w_i . In Table 1 the following weight functions are shown: L1 norm (Barrodale and Roberts, 1974), Huber (Huber, 1981), Danish (Krarup, Juhl and Kubik, 1980) and Andrews (Andrews, 1974). Iterative process (6) is performed until all the differences between residuals contained in the vector $\mathbf{v}_k$ from the current and the corresponding ones contained in the vector $\mathbf{v}_{k-1}$ related to the preceding iteration, become smaller than the related specified tolerance values for γ (see chapter 5, paragraph 3).

Table 1: Functions of weights.

M-Estimation	Weight Function ($i \in \{1, 2, \dots, n\}$)	Critical Value
L1-norm	$w_i = 1/ v_i $	
Huber	$w_i = \begin{cases} 1, & v_i \leq c \\ c / v_i , & v_i > c \end{cases}$	$c \in [1.5\sigma_0, 2\sigma_0]$
Danish	$w_i = \begin{cases} 1, & v_i \leq c \\ \exp(- v_i /c), & v_i > c \end{cases}$	$c \in [1.5\sigma_0, 2\sigma_0]$
Andrews	$w_i = \begin{cases} \sin(v_i /c) / (v_i /c), & v_i \leq c\pi \\ 0, & v_i > c\pi \end{cases}$	$c \in [1.5\sigma_0, 2\sigma_0]$

The principle of outlier detection is based on the comparison of estimated observation residuals from robust adjustment with critical value. When the estimated observation residuals value from the last iteration exceeds the critical value $3\sigma_0$, the observation is considered as a bad observation (Hekimoglu et al., 2014). When *a priori* standard deviation σ_0 is unknown, the critical value is set to $3\hat{\sigma}_0$, where $\hat{\sigma}_0$ is *a posteriori* standard deviation from the first iteration. A more detailed information about the robust methods can be found in Huber (1981), Hampel et al. (1986), Koch (1999), Trásák and Štroner (2014).

4 EFFICIENCY OF OUTLIER DETECTION METHODS

The outlier detection in observations is considered successful if all outliers in observations were discovered using the appropriate method. The efficiency of an outlier detection method in observations cannot be determined on the basis of analysing only one set of real observations in a geodetic network. In this case it is not known which observations contain outliers so it is not possible to check the results obtained using the appropriate method. Also, the efficiency analysis refers to only one of many different models of geodetic networks, and therefore it is not known how methods behave in other cases.

It has been already mentioned that the efficiency of the outlier detection method in geodetic networks can be determined by using the MSR factor (Hekimoglu and Koch, 1999, 2000). MSR is a very good empirical measure of the efficiency of the outlier detection methods. It is computed on the basis of a large number of simulated observation sets. MSR is calculated as the ratio of the number of observation sets in which outliers were correctly detected and the total number of simulated observation sets (Hekimoglu and Koch, 1999, 2000; Nowel, 2016).

In practice geodetic observations contain Normally distributed random errors. Taking into account the assumption that observations are not correlated, it is natural that random errors of observation have the following form:

$$\varepsilon_i \sim N(0, \sigma_i^2), i \in \{1, 2, \dots, n\} \quad (8)$$

where σ_i is standard deviation of the i -th observation. Random observation errors can be generated by applying a random generator. In the simulation signs and locations of outliers are chosen randomly. The magnitudes of outliers δ_i take values from the interval:

$$\delta_i \in [a\sigma_0, b\sigma_0] \quad (9)$$

where σ_0 is *a priori* standard deviation, $a \geq 1$ defines the lower limit of the interval, whereas $b > 1$ defines the upper one (Hekimoglu and Erenoglu, 2007). The values from this interval are Uniformly distributed.

The vector of simulated observations is formed in the following manner:

$$\mathbf{l}_{obs} = \mathbf{l} + \boldsymbol{\varepsilon} + \boldsymbol{\delta} \quad (10)$$

where $\mathbf{l}$ is the vector of *theoretical observations* (it can be determined on the basis of approximate coordinates of points), $\boldsymbol{\varepsilon}$ vector of random observation errors and $\boldsymbol{\delta}$ is the vector of outliers. It is necessary to form independently a large number of sets of simulated observations according to expression (10). The detection of outliers in observations, by applying the appropriate method, is carried out for every set of simulated observations.

MSR is computed in the following way (Hekimoglu and Koch, 1999, 2000; Nowel, 2016):

$$MSR(n_o) = S/N \quad (11)$$

where n_o is the number of outliers in observations, S is the number of sets of simulated observations wherein outliers are correctly detected and N is the total number of simulated observation sets. In order to make the comprehensive analysis it is necessary to determine the MSRs for various values of n_o . More detailed explanations concerning the MSR factor can be found, for example, in Hekimoglu and Koch (1999, 2000), Hekimoglu and Erenoglu (2007), Erenoglu and Hekimoglu (2010), Hekimoglu, Erdogan and Butterworth (2010), Nowel (2016).

5 EXPERIMENTAL RESEARCH

The subject of the analysis in this paper is the Pobednik statue, which is located at the Kalemegdan fortress in Belgrade. The Pobednik statue is a male sculpture made of bronze, placed on a construction consisting of a stone base and a raised stone pillar. By visual inspection of the construction of the monument, certain deformations were observed on the construction itself. For the purpose of monitoring condition of the construction of the statue, geodetic control network which consists of five points was designed and established. For the monitoring the state of the monument's construction since 2008, geodetic deformation measurements from the control geodetic network are periodically carried out. In the network directions in two repetitions were measured with standard deviation $\sigma_p = 2''$ and distances in two repetitions with standard deviation $\sigma_d = 2\text{mm} + 2\text{ppm}$. Fig. 1 presents position of the points as well as distances and directions. The procedure of outlier detection in the geodetic network is carried out using the Data Snooping test. However, sometimes if outliers in observations are not detected and eliminated, it may affect the objectivity of the procedure deformation analysis. Thus, the correct detection of outliers in observations is a prerequisite for the effective application of the deformation analysis method. The analysis of the efficiency of different approaches for outlier detection in geodetic networks was performed below, on the example of the control network for geodetic monitoring of the Pobednik statue. In this study, the subject of the analysis is a two-dimensional triangulation-trilateration network for geodetic monitoring, while the one-dimensional levelling networks are most frequently analysed in the existing literature (Hekimoglu et al. 2014; Erdogan, 2014).

Observations are simulated with random errors which are Normally distributed with adopted standard deviation $\sigma = 2''$ for directions, and $\sigma = 2\text{mm} + 2\text{ppm}$ for distances. In the experiment two variants with different interval of magnitudes are considered. In the first variant the magnitudes of outliers take values from the interval $[3\sigma_0, 6\sigma_0]$, whereas in the other one the interval is $[6\sigma_0, 12\sigma_0]$. For both variants following four cases are treated: (1) observations contain no outliers ($n_o = 0$); (2) one randomly selected observation is contaminated by an outlier ($n_o = 1$); (3) two randomly selected observations are contaminated by outliers ($n_o = 2$) and (4) three randomly selected observations are contaminated by outliers ($n_o = 3$). Five thousand sets of simulated observations were generated (first and second repetitions) for each of the four mentioned cases for both variants, according to equation (10). The simulations were performed by applying the Monte Carlo method using the software package Matlab R2013a.

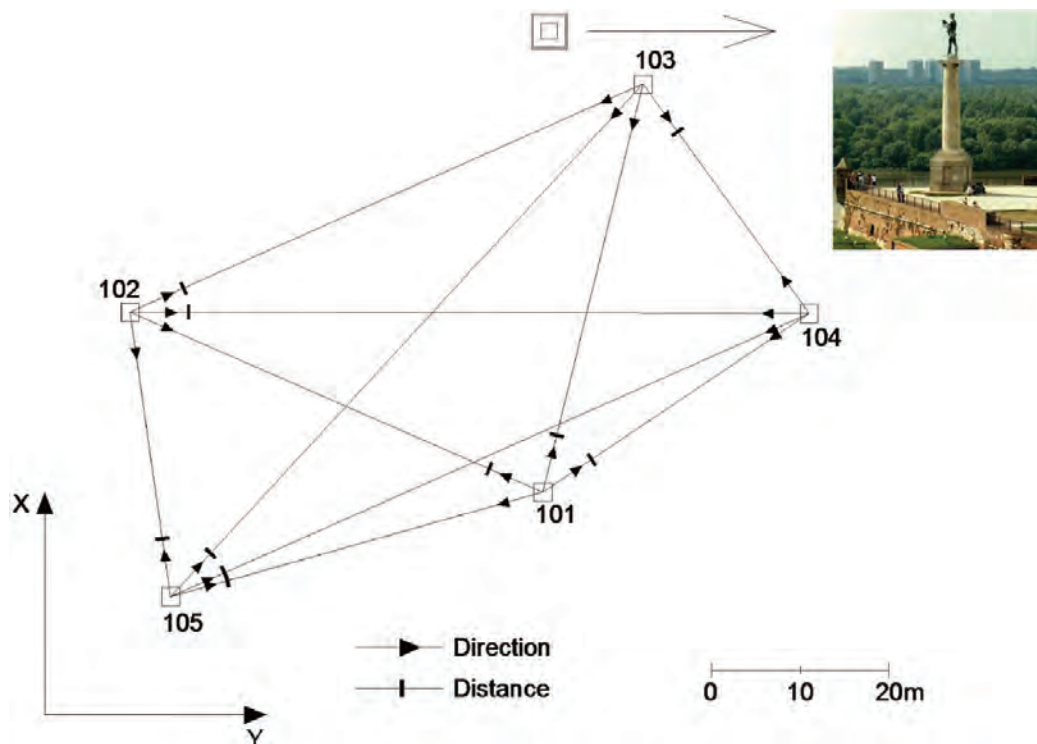


Figure 1: Geodetic network for Pobednik statue in the Kalemegdan Fortress in Belgrade.

Outliers are analysed for every set of simulated observations by applying the classical and new approaches to the outlier analysis. The classical approach involves using the mean values of observations from two repetitions for the outlier analysis. The new approach by Hekimoglu et al. (2014) and Erdogan (2014) involves using the original observations for the outlier analysis. Outliers are detected by applying the conventional tests for outliers and the robust methods. For the significance level α the following values chosen as 0.001 and 0.05, for the Data snooping and the τ test respectively. In Huber, Danish and Andrews methods for c the assumed value is chosen as $1.5\sigma_0$. In the case of the robust methods for the tolerance γ the assumed value is chosen as $0.1''$ for directions and 0.1 mm for distances. The MSR efficiency coefficients are calculated independently for each method in both approaches (Table 2 and Table

3). The comparison analysis of the MSRs, for both individual approaches and individual methods, for different outlier magnitudes intervals $[3\sigma_0, 6\sigma_0]$ and $[6\sigma_0, 12\sigma_0]$, is presented in Figs. 2 and 3, respectively.

Table 2: The MSRs [%] for conventional tests and robust methods, classical approach.

Method	$n_o = 0$	$\delta_i \in [3\sigma_0, 6\sigma_0]$			$\delta_i \in [6\sigma_0, 12\sigma_0]$		
		$n_o = 1$	$n_o = 2$	$n_o = 3$	$n_o = 1$	$n_o = 2$	$n_o = 3$
DS test	99.96	1.16	0.30	0.00	49.56	24.34	10.48
τ test	95.36	14.06	1.50	0.26	69.64	33.82	9.32
L1 norm	99.08	6.64	0.72	0.10	65.28	43.72	28.66
Huber	99.88	4.02	0.50	0.04	54.32	30.72	16.70
Danish	99.00	9.46	1.44	0.20	73.98	53.80	36.18
Andrews	99.88	4.16	0.50	0.00	54.54	29.58	14.76

Table 3: The MSRs [%] for conventional tests and robust methods, new approach.

Method	$n_o = 0$	$\delta_i \in [3\sigma_0, 6\sigma_0]$			$\delta_i \in [6\sigma_0, 12\sigma_0]$		
		$n_o = 1$	$n_o = 2$	$n_o = 3$	$n_o = 1$	$n_o = 2$	$n_o = 3$
DS test	94.14	60.70	40.10	23.64	94.46	93.52	91.62
τ test	94.86	51.54	26.80	10.74	94.74	92.96	89.40
L1 norm	81.18	55.38	41.58	29.98	73.70	67.72	61.50
Huber	86.80	61.68	44.96	30.52	85.10	80.50	74.84
Danish	67.96	53.30	43.66	35.80	64.98	62.98	61.16
Andrews	86.74	62.74	45.02	30.66	86.96	84.70	83.64

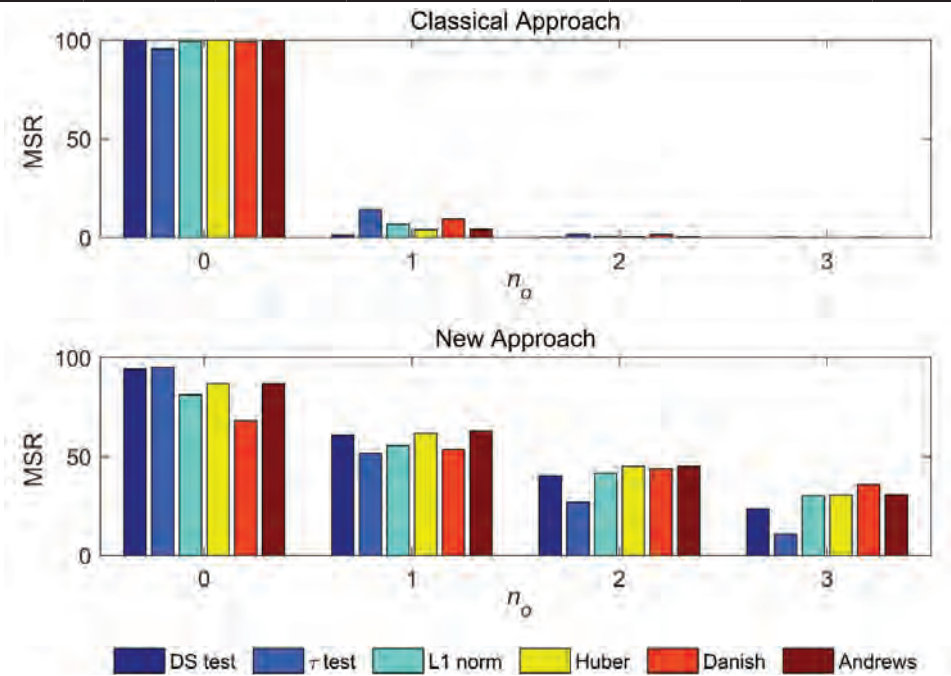


Figure 2: The MSRs of conventional tests and robust methods, $\delta_i \in [3\sigma_0, 6\sigma_0]$.

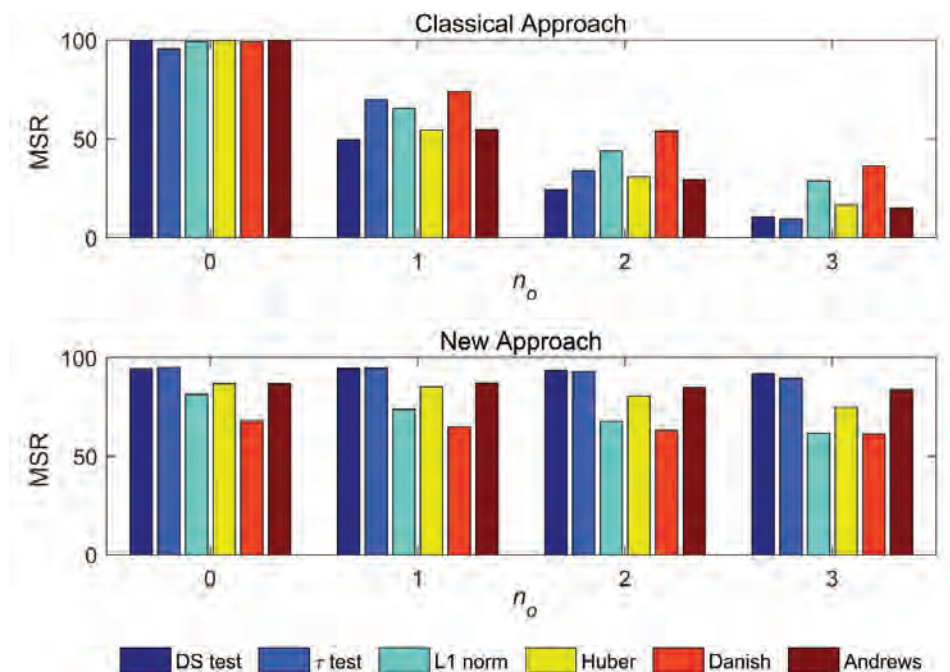


Figure 3: The MSRs for conventional tests and robust methods, $\delta_i \in [6\sigma_0, 12\sigma_0]$.

Based on previous research, it is known that the efficiency of different outlier detection in observations, among other things, is influenced by random measurement errors, the number of unknown parameters, the magnitude of outliers, and the type and configuration of the geodetic network (Hekimoglu and Erenoglu, 2007; Erenoglu and Hekimoglu, 2010; Hekimoglu et al., 2011, 2011a, 2014; Erdogan, 2014). For this reason some observations which are not contaminated by outliers are detected as observations with outliers (first-type error (α)), while observations which are contaminated by outliers are detected as those without outliers (second-type error (β)). As it has been previously established efficiency of the outlier detection methods for geodetic networks is different. Below is the analysis of the influence of the first type error (α) and the second type error of the (β) on the above mentioned differences. The analogous analysis concerning the deformation-analysis methods is available in Nowel (2016).

Within the experiment only two observations are analysed, observations of direction $\alpha_{102-103}$ and direction $\alpha_{105-102}$. The assumption is that observation of direction $\alpha_{102-103}$ from the first repetition is contaminated by outlier, while observation of direction $\alpha_{105-102}$ from the first repetition is not. It is also assumed that one more randomly selected observation is contaminated by an outlier. The magnitudes of outliers take values from $\delta_i \in [3\sigma_0, 6\sigma_0]$. As in the previous experiment, five thousand sets of simulated observations have been generated.

The outlier detection is performed for every set of simulated observations by applying the mentioned approaches, where the conventional tests and the robust methods are applied. For the significance level α and critical value c the same values were chosen as in the previous experiment. The number of cases wherein the direction $\alpha_{105-102}$ is detected as an observation with an outlier (first-type error (α)) is

determined, as well as the number of cases wherein the direction $\alpha_{102-103}$ is detected as an observation without an outlier (second-type error (β)). The first-type and second-type errors for each method for both approaches are presented in Table 4. The histograms of the test statistics $w_{\alpha_{105-102}}$ and $w_{\alpha_{102-103}}$ for the Data snooping test and the magnitude of residuals $v_{\alpha_{105-102}}$ and $v_{\alpha_{102-103}}$ for the Danish method are presented in Figs. 4 and 5.

Table 4: First-type and second-type errors for conventional tests and robust methods.

Method	Classical approach		New approach	
	α [%]	β [%]	α [%]	β [%]
DS test	0.00	99.24	0.16	45.88
τ test	0.30	94.92	0.08	63.08
L1 norm	0.34	95.80	0.62	39.12
Huber	0.00	99.38	0.26	40.94
Danish	0.32	90.74	0.96	27.32
Andrews	0.00	99.36	0.24	41.58

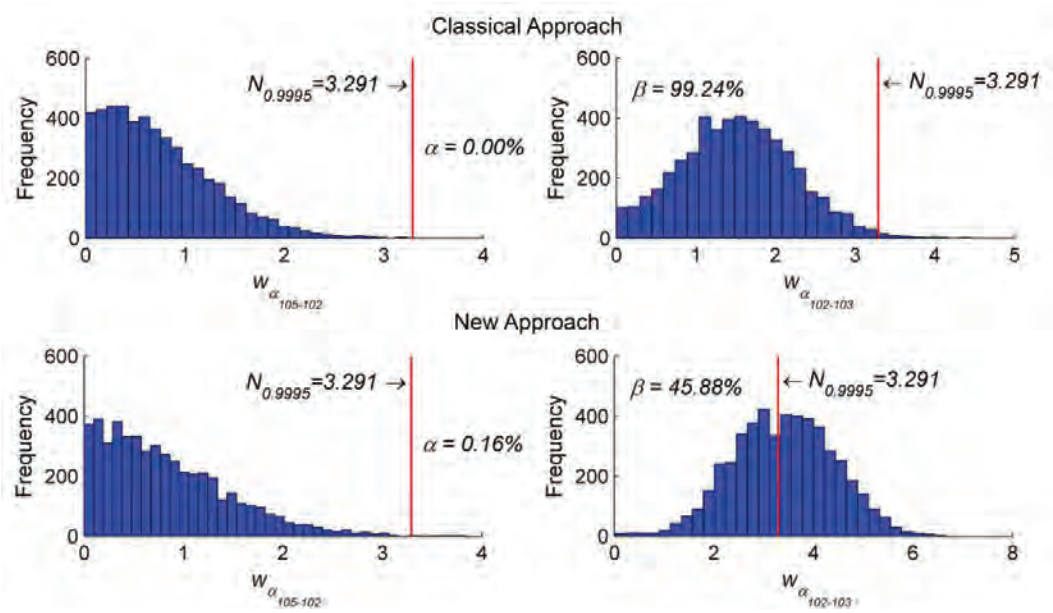


Figure 4: Histograms of test statistics $w_{\alpha_{105-102}}$ and $w_{\alpha_{102-103}}$ for Data snooping test.

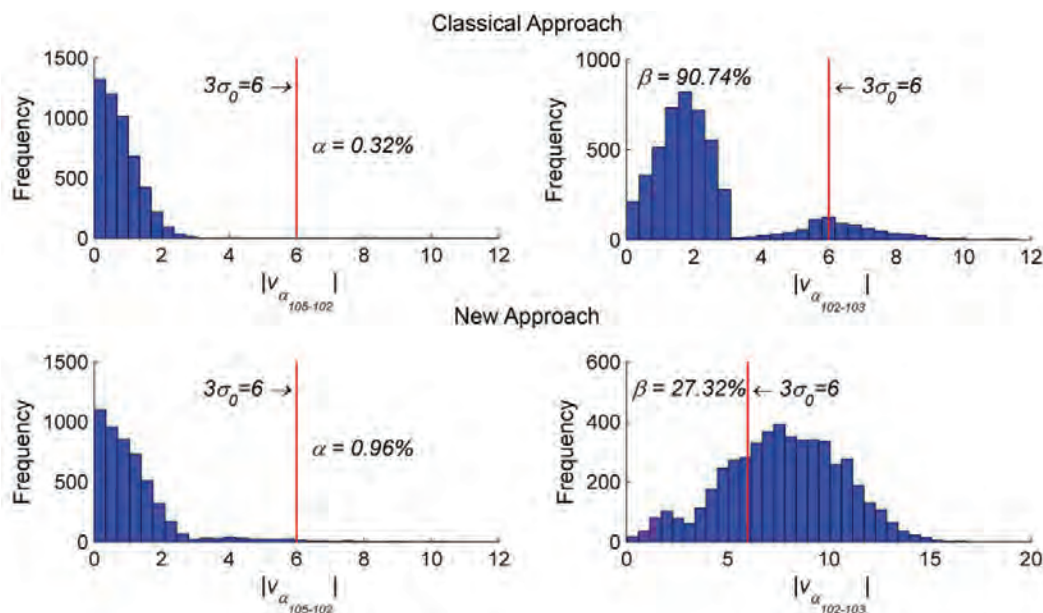


Figure 5: Histograms of magnitude of residuals $v_{\alpha_{105-102}}$ and $v_{\alpha_{102-103}}$ for Danish method.

6 DISCUSSION AND CONCLUSION

The efficiency analysis of different approaches for outlier detection in geodetic networks has been conducted on the example of the control network of geodetic monitoring for the Pobednik statue in the Kalemegdan Fortress in Belgrade. The outlier detection is performed by applying the conventional tests and the robust methods. MSR factor was used for measuring efficiency in this study. The MSRs of the applied methods for the classical approach are presented in Table 2. When observations are not contaminated by outliers ($n_o = 0$), the MSRs have large values, which indicates that the mean value is an optimal estimate when observations are not contaminated by outliers. When observations are contaminated by outliers, the MSRs are significantly reduced, because when calculating the mean value, the magnitude of the outlier is reduced. The MSRs of the conventional tests and the robust methods for the new approach are presented in Table 3. The efficiency of the applied methods in this case is significantly higher than in the case of the classical approach. The efficiency differences between different approaches for outlier analysis and individual outlier detection methods are easily noticeable in Figs. 2 and 3.

In addition to the efficiency analysis of different approaches in the outlier detection in the this paper was made analysis to determine which error (first-type and second-type errors (α and β)) affect these efficiency differences more. The first-type and second-type errors of the conventional tests and the robust methods are presented in Table 4. The first-type errors of the applied methods are very similar for both approaches, whereas the second-type errors are different significantly. The differences between the second-type errors for the Data snooping test and the Danish method for individual approaches to the outlier detection can be noticed in Figs. 4 and 5. The minimal values of the second-type errors for the applied methods concern the new approach to the analysis of outliers. For the new approach the smallest values

of the second-type errors occur for the Danish (27.32%) method, whereas the largest one occurs for the τ test (63.08%). Thus, the efficiency differences between individual methods for detecting outliers are noticeable when observations are contaminated by outliers, while the efficiency of detecting observations which are not contaminated by outliers is very similar.

In the case of Example (2), one randomly selected observation contaminated by outlier was selected. By applying a new approach to the outlier detection, the efficiency of the Data snooping test was increased by 59.54% and the Huber method's efficiency by 57.66% when the magnitude of the outliers took values from the interval $[3\sigma_0, 6\sigma_0]$. If the magnitude of the outliers takes values from the interval $[6\sigma_0, 12\sigma_0]$, the Data snooping test efficiency is increased by 44.9% while the Huber method's efficiency is increased by 30.78%. Erdogan (2014) obtained similar results, the efficiency of the Data Snooping test and the Huber method increased by 77.6% and 79.1%, respectively, when the magnitude of the outliers takes values from the interval $[3\sigma_0, 6\sigma_0]$. When the magnitude of the outliers takes values from the interval $[6\sigma_0, 12\sigma_0]$, the efficiency of the Data Snooping test is increased by 35.1% and the Huber method by 24.0%. The obtained results have shown that the new approach for the outlier detection ensures greater efficiency of the conventional tests and the robust methods, which is analogous to conclusions published in Hekimoglu et al. (2014) and Erdogan (2014).

Acknowledgments

The authors gratefully acknowledge the funding provided by the research project of the Department of Civil Engineering and Geodesy (DGG) of the Faculty of Technical Sciences in Novi Sad in 2017.: "Improvement of educational process and theoretical and applied research in civil engineering".

Literature and references:

- Andrews, D.F. (1974). A Robust Method for Multiple Linear Regression. *Technometrics*, 16 (4), 523–531. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/00401706.1974.10489233>
- Baarda, W. (1968). A testing procedure for use in geodetic networks. Delft: Netherlands Geodetic Commission.
- Barrodale, I., Roberts, FDK. (1974). Solution of an overdetermined system of equations in the L1 norm. *Commun ACM*, 17 (6), 319–320. DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/355616.361024>
- Baselga, S. (2007). Critical Limitation in Use of Test for Gross Error Detection. *J Surv Eng*, 133 (2), 52–55. DOI: [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9453\(2007\)133:2\(52\)](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9453(2007)133:2(52))
- Berber, M., Hekimoglu, S. (2003). What Is the Reliability of Conventional Outlier Detection. *Surv Rev*, 37 (290), 308–318. DOI: <http://dx.doi.org/10.1179/sre.2003.37.290.308>
- Caspary, W.F. (2000). Concepts of Network and Deformation Analysis. Kensington: The University of New South Wales, School of geomatic engineering.
- Erdogan, B. (2014). An Outlier Detection Method in Geodetic Networks Based on the Original Observations. *Bol Ciências Geodésicas*, 20 (3), 578–589. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1982-21702014000300033>
- Erenoglu, R.C., Hekimoglu S (2010). Efficiency of robust methods and tests for outliers for geodetic adjustment models. *Acta Geod Geophys Hungarica*, 45 (4), 426–439. DOI: <http://dx.doi.org/10.1556/AGeod.45.2010.4.3>
- Hampel, F., Ronchetti, E., Rousseeuw, P., Stahel, W. (1986). Robust statistics: The approach based on influence function. New York: Wiley.
- Hekimoglu, S., Erdogan, B. (2012). New Median Approach to Define Configuration Weakness of Deformation Networks. *J Surv Eng*, 138 (3), 101–108. DOI: [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)SU.1943-5428.0000080](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)SU.1943-5428.0000080)
- Hekimoglu, S., Erdogan, B., Butterworth, S. (2010). Increasing the Efficacy of the Conventional Deformation Analysis Methods: Alternative Strategy. *J Surv Eng*, 136 (2), 53–62. DOI: [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)SU.1943-5428.0000018](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)SU.1943-5428.0000018)
- Hekimoglu, S., Erdogan, B., Erenoglu, R.C., Hosbas, R.G. (2011). Increasing the efficacy of the tests for outliers for geodetic networks. *Acta Geod Geophys Hungarica*, 46 (3), 291–308. DOI: <http://dx.doi.org/10.1556/AGeod.46.2011.3.2>
- Hekimoglu, S., Erenoglu, R.C., Sanli, D.U., Erdogan, B. (2011a). Detecting configuration weaknesses in geodetic networks. *Survey Review*, 43 (323), 713–730. DOI: <https://doi.org/10.1179/003962611X13117748892632>
- Hekimoglu, S., Erdogan, B., Soykan, M., Durdag, U.M. (2014). Univariate Approach for Detecting Outliers in Geodetic Networks. *J Surv Eng*, 140 (2), 1–8. DOI: [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)SU.1943-5428.0000123](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)SU.1943-5428.0000123)
- Hekimoglu, S., Erenoglu, R.C. (2007). Effect of heteroscedasticity and heterogeneousness on outlier detection for geodetic networks. *J Geod*, 81 (2), 137–148. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10095-007-0001-1>

- dx.doi.org/10.1007/s00190-006-0095-z
- Hekimoglu, S., Koch, K. (1999). How can reliability of the robust methods be measured. In: M. Altan (Ed.), Gründige L (eds) Third Turkish-German joint geodetic days (pp. 179–196). Istanbul: Istanbul Technical University.
- Hekimoglu, S., Koch, K. (2000). How can reliability of the test for outliers be measured. *Allg Vermessungs-Nachrichten*, 107 (7), 247–254.
- Huber, P.J. (1964). Robust Estimation of a Location Parameter. *Ann Math Stat*, 35 (1), 73–101. DOI: <http://dx.doi.org/10.1214/aoms/1177703732>
- Huber, P.J. (1981). *Robust Statistics*. New York: John Wiley & Sons.
- Koch, K.-R. (1999). *Parameter Estimation and Hypothesis Testing in Linear Models*. Berlin: Springer Science & Business Media.
- Krarp, T., Juhl, J., Kubik, K. (1980). Götterdämmerung over least squares adjustment. In: 14th congress of international society photogrammetry (pp. 369–378). Hamburg.
- Nowel, K. (2016). Investigating efficacy of robust M-estimation of deformation from observation differences. *Surv Rev*, 48 (346), 21–30. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/00396265.2015.1097585>
- Pope, A.J. (1976). *The statistics of residuals and the detection of outliers*. U.S. Dept. of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Ocean Survey, Geodetic Research and Development Laboratory.
- Saka, M.H. (2016). Performance evaluation of outlier detection methods in GNSS vector networks using 1D and 3D component analysis. *Meas J Int Meas Conf*, 82 (1), 145–150. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.measurement.2015.12.029>
- Sušić, Z., Batilović, M., Ninkov, T., Bulatović, V., Aleksić, I., Nikolić, G. (2017). Geometric deformation analysis in free geodetic networks: case study for Fruška gora in Serbia. *Acta Geodyn Geomater*, 14 (3), 341–355. DOI: <http://dx.doi.org/10.13168/AGG.2017.0017>
- Trasák, P., Štroner, M. (2014). Outlier detection efficiency in the high precision geodetic network adjustment. *Acta Geod Geophys*, 49 (2), 161–175. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s40328-014-0045-9>
- Xu, P. (2005). Sign-constrained robust least squares, subjective breakdown point and the effect of weights of observations on robustness. *J Geod*, 79 (1), 146–159. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00190-005-0454-1>



Batilović M., Sušić Z., Marković M. Z., Vujinović M., Nikolić G., Ninkov T. (2018). The efficiency of different outlier detection approaches in geodetic networks: case study for Pobjednik statue. *Geodetski vestnik*, 62 (2), 293–305. DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2018.02.293-305

Mehmed Batilović, M.Sc.

University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences
Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Serbia
e-mail: mehmed@uns.ac.rs

Assist. Prof. Zoran Sušić, Ph.D.

University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences
Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Serbia
e-mail: zsusic@uns.ac.rs

Marko Marković, M.Sc.

University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences
Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Serbia
e-mail: marko_m@uns.ac.rs

Marijana Vujinović, M.Sc.

University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences
Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Serbia
e-mail: marijana.petkovic@uns.ac.rs

Assist. Prof. Gojko Nikolić, Ph.D.

University of Montenegro, Institute for Geography
Danila Bojovića 3, 81400 Nikšić, Montenegro
e-mail: gojkor@ac.me

Prof. Toša Ninkov, Ph.D.

University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences
Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Serbia
e-mail: ninkov.tosa@gmail.com

RJAVA, RDEČA IN ZELENA – BARVE NAŠE STARE GEODETSKO-KATASTRSKE TRADICIJE

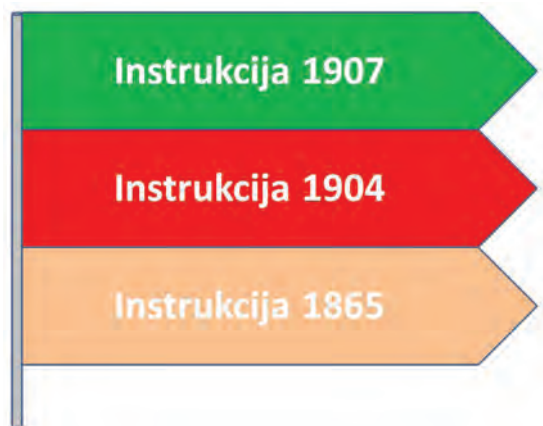
BROWN, RED AND GREEN – THE COLOURS OF OUR OLD GEODETIC-CADASTRAL TRADITION

Joc Triglav

1 UVOD

Ob lanski 200-letnici franciscejskega katastra je bil objavljen obsežen digitalno obdelan izbor katastrskih predpisov iz 19. stoletja, ki je bil v obliki pdf-datotek dostopen v dveh objavah na Geoblogu, pod ID1597 (http://www.geovrata.si/geoblog/namizje/1&cat=1&news_id=1597) in ID 1598 (http://www.geovrata.si/geoblog/namizje/1&cat=1&news_id=1598), ter na intranetu GURS.

V tem izboru je bila v slovenskem prevodu objavljena tudi pretežna vsebina *Instrukcije za izvršitev deželne izmere za namen splošnega katastra* iz leta 1824, na podlagi katere je bila izvedena geodetska izmera franciscejskega katastra, niso pa bile zajete nadaljnje instrukcije za izvedbo kasnejših katastrskih izmer, reambulacij in drugih katastrskih meritev, izdane v naslednjih desetletjih vse tja do konca habsburške monarhije. V teh instrukcijah so opisana organizacijsko-tehnična pravila za izvajanje, kartiranje, evidentiranje in arhiviranje geodetsko-katastrskih izmer. V nadaljevanju na kratko opisujem tri ključne instrukcije za izvajanje geodetskih meritev v zemljiškem katastru, pogovorno znane po barvah njihovih platnic, katerih strokovni pomen in izvedbeni vpliv sta vtakana v dobrih 150 let zgodovine geodetskih meritev in vzdrževanja zemljiškega katastra vse do današnjih dni (slika 1).



Slika 1: Stare instrukcije za izvajanje geodetskih meritev v zemljiškem katastru.

Čeprav se je zadnje stoletje na njih bolj ali manj nabiral prah, na našem poznavanju ali zavedanju njihove vsebine pa sploh, je vsaj zdaj, ko smo pred vseobsežno prenovo zemljiškega katastra, primeren čas, da se jih spomnimo in se poskušamo iz njih kaj koristnega naučiti ter njihove strokovne, tehnične, organizacijske in še kakšne kakovosti v posodobljeni obliki in vsebini preslikati v sodobni čas.

2 INSTRUKCIJA ZA IZVAJANJE KATASTRSKIH MERITEV IZ LETA 1865

Instrukcija (slika 2) je bila izdana na podlagi cesarskih patentov o zemljiškem davku z dne 23. 12. 1817 za avstrijski del habsburške monarhije in z dne 20. 10. 1849 za ogrski del monarhije. Nadomestila je instrukcijo iz leta 1856, ki se je uporabljala kratko, samo za katastrsko izmero nekaterih delov Ogrske, Hrvaške in pri nas Prekmurja. Instrukcija iz leta 1865 vsebuje organizacijsko-tehnična in strokovna navodila za izvajanje geodetskih meritev v zemljiškem katastru. Prvi del je administrativen (nem. *Administrative Theil*) ter prinaša opis hierarhije osebja in njihovih nalog. Drugi del je tehničen (nem. *Technischer Theil*), v njem so opisane znanstvene podlage in priprave (I. poglavje), trigonometrične izmere, grafične triangulacije, zamejničenja lastniških kosov in priprave podatkov o lastnikih (II. poglavje); detajlne izmere parcel z mersko mizico, izdelave terenskih in indikacijskih skic, oštevilčevanja parcel, reambulacij in revizij (III. poglavje) ter dela v zimskem obdobju z izračunom površin parcel, izdelavo parcelnega protokola, seznama stanovanjskih stavb, seznama katastrskih kultur, abecednega seznama lastnikov, posestnih listov, katastrskih načrtov, skic katastrskih kultur ter zaključni pregled in ureditev elaborata za uradno predajo končnega elaborata katastrske izmere (IV. poglavje).

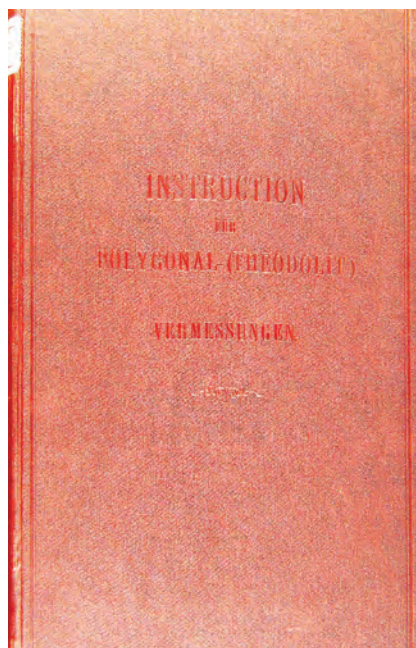
Dodatni opis vsebine instrukcije je v nadaljevanju tega članka pod točko 5.



Slika 2: »Rjava« instrukcija za izvedbo katastrske izmere iz leta 1865. (Vir: Madžarski narodni arhiv, Budimpešta)

3 INSTRUKCIJA ZA IZVAJANJE TRIGONOMETRIČNIH IN POLIGONOMETRIČNIH MERITEV IZ LETA 1904

To instrukcijo so s skrajšanim imenom imenovali poligonalna instrukcija, po barvi njenih platnic pa rdeča instrukcija. Prva izdaja je izšla leta 1887, nato pa je bila z enako vsebino natisnjena še v naslednjih izdajah v letih 1889, 1896 in 1900. Leta 1904 je v spremenjeni in dopolnjeni vsebini izšla še zadnja, 5. izdaja (slika 3). Instrukcija vsebuje poglavja o koordinatnem sistemu, triangulaciji, poligonometriji, izmeri parcel, izračunu površin, merjenju višin, kartiranju, kontrolnih izračunih, dopustnih odstopanjih itd., v njej pa so tudi različne tabele in predpisani standardni obrazci za evidentiranje geodetskih meritev in izračun rezultatov meritev. Z instrukcijo so bile v geodetsko prakso uvedene za tisti čas sodobne metode geodetskih meritev z vzpostavljanjem mrež poligonskih vlakov, na katerih sta temeljili tahimetrična in ortogonalna metoda katastrskih meritev zemljišč. Temeljne značilnosti teh geodetskih metod in meritev so se v praksi ohranile vse do današnjih dni, seveda pa nam geodetom danes sodobne totalne postaje in vanje vgrajena računalniška podpora bistveno olajšajo geodetske naloge ter omogočajo hitrejšo delo in boljšo kakovost rezultatov meritev.

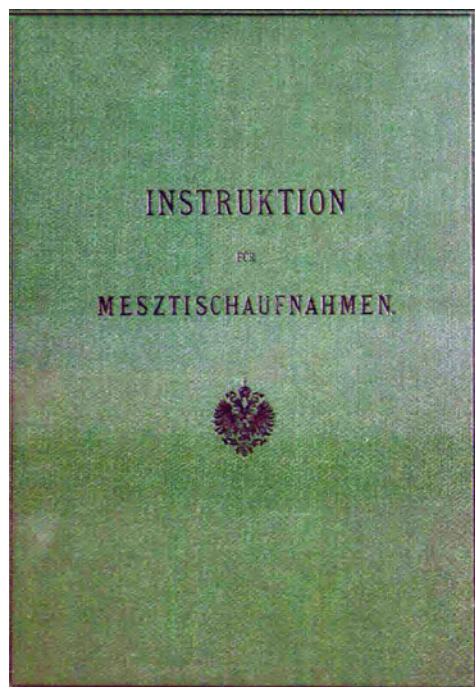


Slika 3: »Rdeča« instrukcija za izvajanje trigonometričnih in poligonometričnih meritev za potrebe zemljiškega katastra iz leta 1904, 5. dopolnjena in razširjena izdaja. (Vir: Knjižnica hrvaško-slavonskega gozdarskega društva v Zagrebu)

4 INSTRUKCIJA ZA IZVAJANJE MERITEV V ZEMLJIŠKEM KATASTRU Z UPORABO MERSKE MIZICE IZ LETA 1907

Instrukcija je v praksi po svojih platnicah znana kot zelena instrukcija (slika 4) in je bila urejen uradni povzetek dotedanjih izkušenj in navodil pri izvajanju meritev z mersko mizico. V uvodnem delu je predstavljen zgodovinski razvoj zemljiškega katastra od jožefinskega do franciscejskega katastra in naprej skozi devetnajsto stoletje z opisom upravne in tehnične organizacije katastra ter instrumentov in meritev. V nadaljevanju so v prvem delu obravnavani postopki terenskega dela in merjenja z mersko mizico. V

posameznih poglavjih so opisani postopki novih izmer, katastrskih izmer na splošno, detajlnih katastrskih izmer s pravili določanja in merjenja parcel, evidentiranja lastnikov, izdelovanja terenskih skic, indikacijskih skic, listov načrtov, kontrolnih postopkov itd. Drugi del instrukcije opisuje pisarniška geodetska dela, najprej oštevilčevanje parcel in nato primerjavo podatkov novih izmer s podatki predhodnega stanja. Sledi opis izračuna površin parcel, končne izdelave posameznih listov katastrskih načrtov za stara merila 1 : 720, 1 : 1440 in 1 : 2880 v seženjskem sistemu merskih enot ter nova merila 1 : 625, 1 : 1250 in 1 : 2500 v metriskem sistemu merskih enot, izdelave seznamov lastnikov parcel ter drugih opisnih vsebin, vse do zaključka in uradne predaje elaboratov izmer. Druga polovica instrukcije pa vsebuje obsežne priloge in tabele, ki so uporabne dopolnitve k njenim posameznim členom.



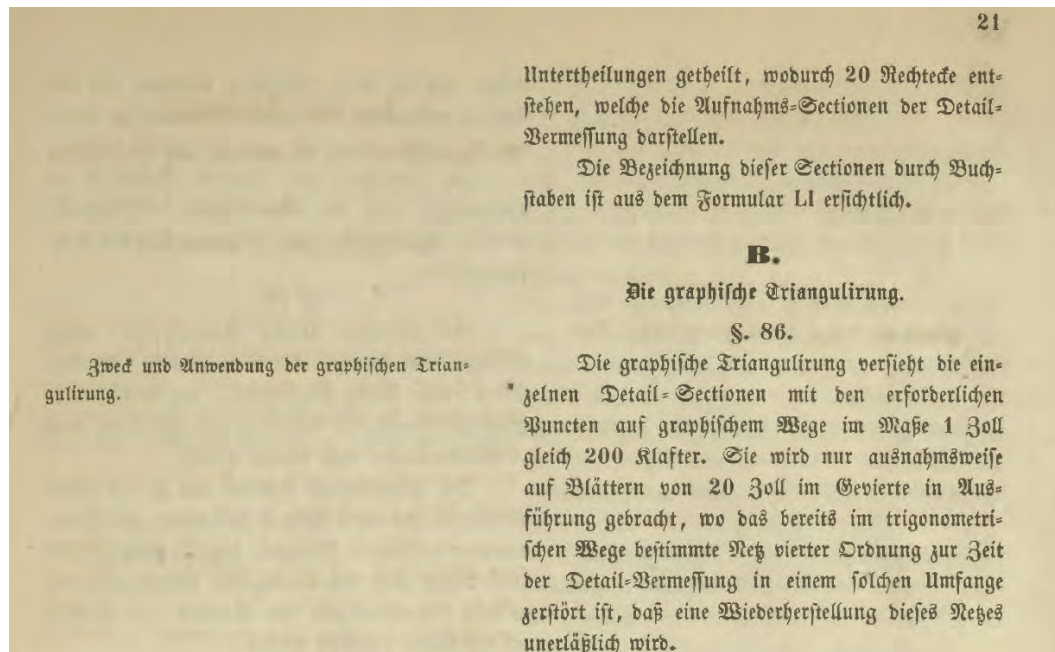
Slika 4: »Zelena« instrukcija za izvajanje meritev v zemljiškem katastru z uporabo merske mizice iz leta 1907. (Vir: Tirolska univerzitetna in deželna knjižnica, Innsbruck)

5 PRIMER IZVEDENE DIGITALNE POSODOBITVE INSTRUKCIJE IZ LETA 1865

Originalni zapis instrukcije iz leta 1865 je v nemški gotici. Instrukcija ima skupno 285 strani velikega formata, od tega osnovni tekstovni del obsega vsebino do vključno strani 99 s 375 členi predpisa. Na straneh 101–103 so tabelarično in terminsko navedeni glavni obrazci poročil za poročanje o delu, od strani 104 pa sledi obsežen del s tabelaričnimi in grafičnimi prilogami različnih obrazcev, izračunov in grafičnih prikazov. Digitalna posodobitev je izvedena do vključno strani 103 in po pregledu zapisana v pdf-obliko digitalnega zapisa (slika 5).

Digitalna posodobitev je oblikovno izvedena tako, da se številke strani digitalno posodobljene vsebine instrukcije ujemajo s številkami strani vsebine originalne instrukcije, minimalne vsebinske razlike so le

na začetkih oziroma koncih strani. Takšen način digitalne prevedbe omogoča enostaven kasnejši pregled pravilnosti digitalne prevedbe iz gotice v latinico, kajti OCR-tehnologija za samodejno optično prepoznavanje črk ne omogoča v celoti pravilnosti pretvorbe skeniranega besedila v gotici v besedilo v latinici, zato je za pravilnost prepisa potreben skrben detajlni pregled vsake prepisane besede, ločil, števil, formul itd.



Seite 21

20 Rechtecke entstehen, welche die Aufnahme-Sektionen der Detail-Vermessung darstellen.

Die Bezeichnung dieser Sektionen durch Buchstaben ist aus dem Formular LI ersichtlich.

B.

Die graphische Triangulirung.

§. 86.

Zweck und Anwendung der graphischen Triangulirung.

Die graphische Triangulirung versteht die einzelnen Detail-Sektionen mit den erforderlichen Punkten auf graphischem Wege im Maße 1 Zoll gleich 200 Klafter. Sie wird nur ausnahmsweise auf Blättern von 20 Zoll im Gevierte in Ausführung gebracht, wo das bereits im trigonometrischen Wege bestimmte Netz vierter Ordnung zur Zeit der Detail-Vermessung in einem solchen Umfange zerstört ist, daß eine Wiederherstellung dieses Netzes unerläßlich wird.

Slika 5: V zgornjem delu slike je prikazan primer izseka originalne strani instrukcije iz leta 1865 v nemški gotici, v spodnjem delu pa je primer izseka iste strani, digitalno posodobljen v nemško latinico.

Pri digitalni posodobitvi so ohranjene jezikovne posebnosti originalne vsebine, zato nekatere posamezne besede, zapisane v skladu s pravopisnimi in slovničnimi pravili, ki so veljala ob izdaji instrukcije, niso

skladne s sodobnimi pravopisnimi in slovničnimi pravili nemškega jezika. Digitalna posodobitev vsebine je prirejena za objavo na straneh A4-formata, ki je različen od formata originalne instrukcije, zato je za zagotovitev skladnosti vsebine po straneh desni stolpec vsebine instrukcije ustrezno razširjen, levi stolpec pa zožen, s čimer je ohranjena tudi osnovna oblikovna skladnost med originalom v gotici in digitalno obdelanim prepisom v latinico.

6 DIGITALNE POSODOBITVE KATASTRSKIH PREDPISOV V NEMŠČINI IN/ALI SLOVENŠČINI

V preglednici 1 so prikazani ključni stari katastrski predpisi. V zadnji koloni tabele je označeno stanje izvedbe njihove digitalne posodobitve. V koloni Jezik pa je razvidno, katere stare katastrske predpise je avtor že digitalno posodobil v slovenščini, kateri pa so le v nemščini in jih je treba še prevesti.

Preglednica 1: Pregled stanja digitalne posodobitve katastrskih predpisov starega katastra (stanje: april 2018)

Leto izdaje	Predpis	Število strani	Jezik	Pisava	Digitalno posodobljeno
1785	Grundsteuerregulierung patent jožefinskega katastra 20. 4. 1785	4	nemščina	latinica	✓
1817	Grundsteuerpatent	6	nemščina	gotica+ latinica	✓
1817	Zakon o zemljiškem davku	4	slovenščina	latinica	✓
1824	Instruction zur Ausführung der zum Behufte des allgemeinen Katasters in Folge des 8ten und 9ten Paragraphes des Allerhöchsten Patenten vom 23. December 1817 angeordneten Landes-Vermessung	157	nemščina	gotica	
1824	Instrukcija za izvršitev deželne izmere za namen splošnega katastra-delni prevod	54	slovenščina	latinica	✓
1824	kartografski ključ instrukcije (slo-nem)	5	slovenščina nemščina	latinica	✓
1856	Instruction zur Ausführung der zum Behufe des allgemeinen Katasters in Folge der Allerhöchsten Patenten vom 23. December 1817 und vom 20. October 1849 angeordneten Landes-Vermessung	187	nemščina	gotica	
1865	Instruction zur Ausführung der in Folge des Allerhöchsten Patenten vom 23. December 1817 und vom 20. October 1849 angeordneten Katastral-Vermessung	285	nemščina	gotica	✓ do strani 103 v latinico
1869	XXXVIII.88 Gesetz vom 24. Mai 1869, über die Regelung der Grundsteuer	24	nemščina	gotica	
1871	XXXVII.95_96 Občni zemljeknjižni zakon	31	slovenščina	latinica	✓
1883	XXVIII.82 Sprememba zakona o zemljiški knjigi	2	slovenščina	latinica	✓
1883	XXVIII.83 Zakon o vzdrževanju zemljiškega katastra	18	slovenščina	latinica	✓

Leto izdaje	Predpis	Število strani	Jezik	Pisava	Digitalno posodobljeno
1883	XXVIII.84 Uradniki zemljiškega katastra	2	slovenščina	latinica	✓
1883	XXVIII.86 Zakon o vzdrževanju zemljiškega katastra-dopolnilo zasebne meritve	1	slovenščina	latinica	✓
1883	XXXI.91 Zakon o vzdrževanju zemljiškega katastra-Uredba	54	slovenščina	latinica	✓
1883	XXXII.92 Zakon o komasaciji	12	slovenščina	latinica	✓
1883	XXXII.93 Zakon o zaokroževanju gozdov	2	slovenščina	latinica	✓
1896	XLVIII.121 Zakon o vzdrževanju zemljiškega katastra	7	slovenščina	latinica	✓
1896	XLVIII.153 Ukaz o izvajanju 11. člena Zakona o vzdrževanju zemljiškega katastra	2	slovenščina	latinica	✓
1904	Instruction zur Ausführung der trigonometrischen und polyometrischen Vermessungen behufs Herstellung neuer Pläne für die Zwecke des Grundsteuer-Katasters.	233	nemščina	latinica	
1907	Instruktion zur Ausführung der Vermessungen mit Anwendung des Mesztisches behufs Herstellung neuer Pläne für die Zwecke des Grundsteuerkatasters	294	nemščina	latinica	
1907	Anleitung für das Verfahren bei Ausführung der Vermessungsarbeitendes GrundsteuerkatastersEvidenzhaltung ...	77	nemščina	latinica	
1912	Zusammenstellung der Gesetze und Vorschriften betreffend den Grundsteuerkataster und dessen Evidenzhaltung	765	nemščina	gotica	

7 SKLEP

Vsebina prispevka se navezuje na zapise ter konkretne primere in predloge, ki so bili v zadnjih dveh desetletjih objavljeni v prispevkih v Geodetskem vestniku (npr. Triglav 2006, 2009, 2013, 2015a, 2015b, 2016). Digitalne tehnologije nam ponujajo izjemne možnosti, da zapisano obsežno strokovno-tehnično znanje in arhivirane dosežke preteklih generacij digitalno posodobimo in sodobnemu času primerno zapišemo tako, da bodo enostavno in sistematično prosto dostopni sedanjim in bodočim rodovom za širjenje njihovega strokovno-tehničnega in organizacijskega znanja. Tudi za kakovostno izvajanje projekta prenove katastra in prihodnjih postopkov preurejanja zemljišč bodo ta znanja za vse v geodetski službi zelo koristna.

V Arhivu Republike Slovenije nekatera pomembna geodetsko-katastrska gradiva iz obdobja 1819–1914 hranijo pod signaturo »SI AS 1102 C. kr. generalna direkcija zemljiško-davčnega katastra, 1819-1914«.

Razumen pristop k takšnemu projektu narekuje mednarodno sodelovanje med sedanjimi državami

nekdanje habsburške monarhije oziroma med njihovimi geodetskimi službami in državnimi arhivi. S koordiniranim pristopom in delitvijo dela bi po skupno dogovorjenem vrstnem redu nastajali strokovno lektorirani prevodi predpisov v nacionalne jezike, ki bi se sproti objavljali na predhodno dogovorjenem skupnem portalu. Sproti bi se z vsakim novim objavljenim originalom in prevodi predpisa tako vzpostavljali oziroma dopolnjevali tudi terminološki slovar geodetsko-katastrskih izrazov v vseh nacionalnih jezikih nekdanje monarhije. In to bi bil lahko šele začetek ene krasne zgodbe mednarodnega sodelovanja ... Nepopravljivi optimist v meni mi dopoveduje, da bodo geodetske službe spoznale potenciale in prednosti takšnega mednarodnega sodelovanja ter da bo gornja zamisel v taki ali drugačni obliki in vsebini kmalu dozorela v skupen projekt, mogoče v okviru svetovnega združenja geodetov FIG ali evropskega združenja Eurogeographics ter po možnosti v sofinanciranju iz evropskih sredstev za ohranjanje tehnične kulture in razvoja digitalne družbe.

V enem od zgoraj navedenih prispevkov je zapisana tisočletna resnica, da je zgodovina učiteljica življenja. Mogoče bomo geodeti s skupnimi močmi vendarle zmogli ta kanček energije, volje in sredstev, da »posvojimo« to resnico in spihamo prah z vsebin lastne bogate in kakovostne strokovne tradicije, da jih digitalno damo »na svetlo« vsem in predvsem da jih bomo tako dostopne potem hoteli in znali vsaj prebrati ter se iz njih tudi kaj naučiti.

Viri

- Triglav, J. (2006). GeoDiLib – Slovenska digitalna knjižnica geodezije. Geodetski vestnik, 50 (2), 337–345. http://www.geodetski-vestnik.com/50/2/gv50-2_337-345.pdf, pridobljeno 1. 4. 2018.
- Triglav, J. (2009). Geodetsko-katastrski fond Arhiva Republike Slovenije. Geodetski vestnik, 53 (2), 347–361. http://www.geodetski-vestnik.com/53/2/gv53-2_347-361.pdf, pridobljeno 1. 4. 2018.
- Triglav, J. (2013). »Historia magistra vitae est« (Zgodovina je učiteljica življenja). Geodetski vestnik, 57 (2), 807–814. http://www.geodetski-vestnik.com/images/57/4/gv57-4_mnenja1.pdf, pridobljeno 1. 4. 2018.
- Triglav, J. (2015a). Arhivi – zakladnice spomina. Archives – Treasures of memory. Geodetski vestnik, 59 (2), 380–385. http://www.geodetski-vestnik.com/59/2/gv59-2_triglav2.pdf, pridobljeno 1. 4. 2018.
- Triglav, J. (2015b). Arhivi – skriti zakladi iz Murske Sobotе. Archives – Hidden treasures from Murska Sobota. Geodetski vestnik, 59 (3), 609–618. http://www.geodetski-vestnik.com/59/3/gv59-3_triglav.pdf, pridobljeno 1. 4. 2018.
- Triglav, J. (2016). Večjezični geodetski slovar za digitalno dobo. Multilingual surveying dictionary for digital age. Geodetski vestnik, 60 (4), 745–751. http://www.geodetski-vestnik.com/60/4/gv60-4_triglav.pdf, pridobljeno 1. 4. 2018.
- http://www.izs.si/fileadmin/dokumenti/msgeo/predpisi/_SEZNAM_STARE_KATASTRSKE_ZAKONODAJE_IZ_OBDOBJA_1785-1916.pdf, pridobljeno 1. 4. 2018.
- <http://arsq.gov.si/Query/detail.aspx?ID=25397> SI AS 1102 C. kr. generalna direkcija zemljiško-davčnega katastra, 1819–1914 (7. 4. 2018)

Opomba:

Digitalno posodobljene vsebine predpisov iz preglednice 1 so v obliki pdf-zapisa dostopne na spletni strani Geodetskega vestnika www.geodetski-vestnik.com ob pdf-različici tega članka.

Prav tako so ob pdf-različici tega članka dostopne digitalno posodobljene vsebine izbora katastrskih predpisov iz obdobja 1928–1999, in sicer v obliki združene pdf-datoteke.



Dr. Joc Triglav, univ. dipl. inž. geod.
Območna geodetska uprava Murska Sobota
Lendavska ulica 18, SI-9000 Murska Sobota
e-naslov: joc.triglav@gov.si

UMETNA INTELIGENCA IN AVTOMATSKA IDENTIFIKACIJA STAVB

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND AUTOMATIC BUILDING IDENTIFICATION

Joc Triglav

1 UVOD

V nedavnih člankih v Geodetskem vestniku (Triglav, 2016 in 2017) je bilo predstavljenih nekaj zamisli za »aktiviranje« javnosti in še posebej lastnikov nepremičnin za naročilo geodetskih postopkov za evidentiranje pravilnega in ažurnega dejanskega stanja podatkov v geodetskih evidencah. Dodatno moramo geodeti pri lastnikih spodbujati postopke sprotne evidentiranja novih ali spremenjenih stavb na podlagi podatkov avtomatske identifikacije stavb (v nadaljevanju AIS), ki jih na podlagi vsakokratnih podatkov cikličnega aerosnemanja in snemanja lidar za geodetsko upravo pripravijo na Geodetskem inštitutu Slovenije. Te naloge v zadnjih letih v okviru možnosti z različno intenzivnostjo po posameznih geodetskih pisarnah že potekajo.

2 AIS – »ROKOMATIKA«

Podatke AIS si v geodetski pisarni skopiramo z namenskega zavihka na intranetni strani Geodetske uprave RS (v nadaljevanju: GURS). Podatki so v datotekah .shp po posameznih kartografskih sekcijah in vsebujejo podatke za naslednje kategorije stavb AIS:

- 1 – nove stavbe,
- 2 – spremenjene stavbe,
- 3 – porušene stavbe in
- 4 – stavbe samo s centriidi.

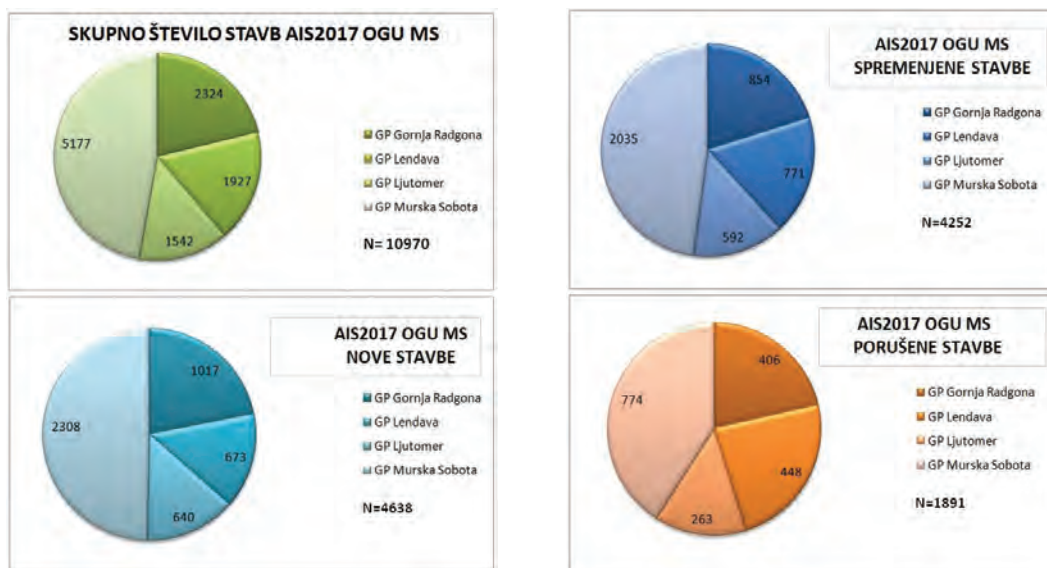
Za nove in spremenjene stavbe AIS so dodani podatki o površini stavbe v kvadratnih metrih in višini stavbe v metrih, za porušene stavbe AIS pa podatek o površini stavbe v kvadratnih metrih.

Te podatke potem uvozimo v svoja programska orodja GeoPro ali Geos in jih kombiniramo z obstoječimi podatki geodetskih evidenc, kot so podatki zemljiškega katastra, katastra stavb, DOF5 in RPE. Gre za celo vrsto korakov, ki jih izvajamo z različnimi stopnjami »rokomatike«, vključujejo pa pripravo izrezov, izvozov in uvozov podatkov iz naših različnih aplikacij in potem vsebinske analize podatkov s primerjavo obstoječih podatkov in podatkov AIS (slika 1). Za nove neevidentirane stavbe pripravljamo pozive po 81. členu ZEN, za spremenjene stavbe pa po 87. členu ZEN. Porušene stavbe AIS brišemo iz REN oziroma KS, če je porušena stavba evidentirana še v zemljiškem katastru, pa jo brišemo tudi iz te evidence. K navedenemu spada še vrsta administrativnih opravil, na primer za spremljanje poslanih pozivov itd.



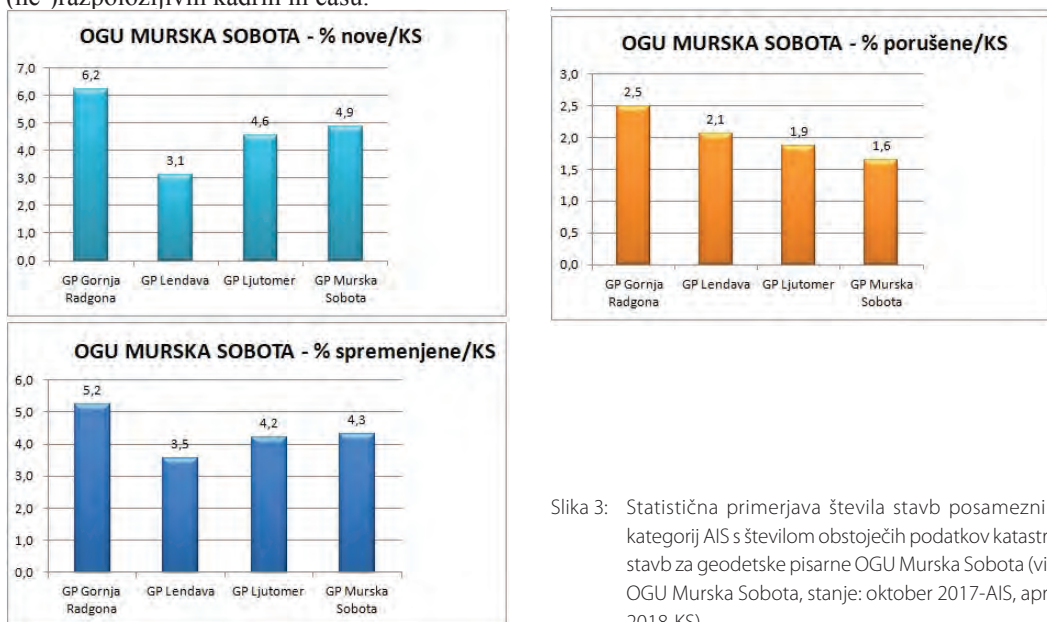
Slika 1: Primer prikaza kombinacije podatkov AIS z obstoječimi podatki geodetskih evidenc v programu GeoPro. V zgornjem delu slike je prikaz stavb, ki so v zemljiškem katastru evidentirane z vrstama rabe 220-ZPS (stavbi 514 in 515) in 221-ZPS* (stavba 303). V spodnjem delu slike so prikazane točkovne oznake analize AIS za nove, spremenjene in porušene stavbe z dodanim slikovnim komentarjem glede ustrezne aktivnosti geodetske uprave. Opisni številčni podatek ob točkovni oznaki AIS v sliki vsebuje površino in višino stavbe – na primer podatek 275.04 na stavbi v desnem delu slike pomeni novo stavbo s površino tlorisa stavbe 275 m² in z višino stavbe 4 metre (vir: OGU Murska Sobota, april 2018).

Težava je, da je teh stavb AIS »malo morje«, številke gredo v tisoče za območje posamezne geodetske pisarne, tako jih je na primer na območju OGU Murska Sobota v vseh štirih zgoraj navedenih kategorijah skupno 10.970, od tega novih 4638, spremenjenih 4252 in porušenih 1891 ter stavb, določenih samo s centriidi 189 (slika 2).



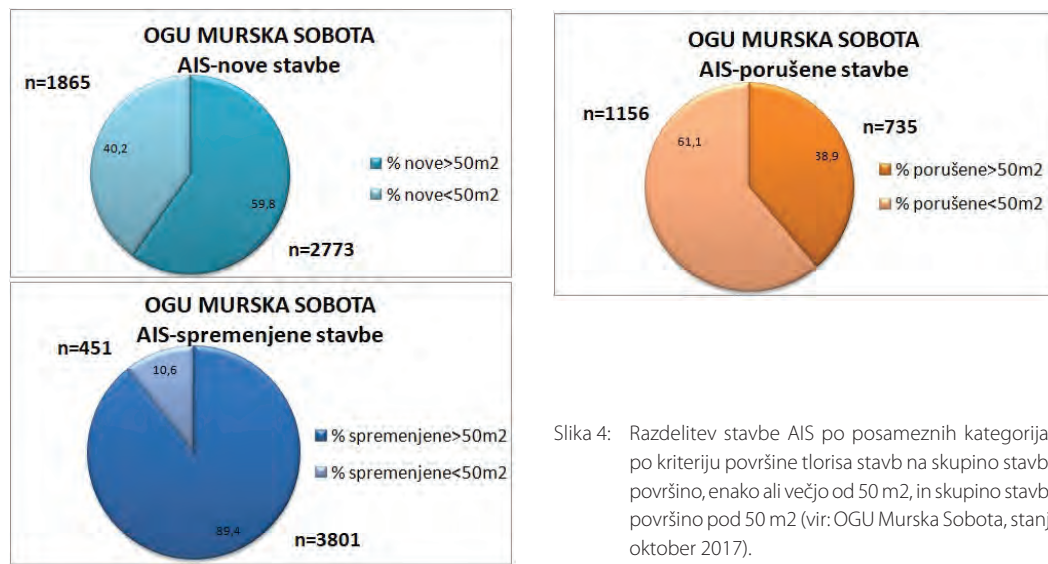
Slika 2: Število stavb AIS na območju OGU Murska Sobota po posameznih geodetskih pisarnah in po posameznih kategorijah – nove, spremenjene in porušene stavbe. Kategorija stavb, določenih samo s centriidi, zaradi majhnega števila ni prikazana (vir: OGU Murska Sobota, stanje oktober 2017).

Ko človek pogleda te količine, se tudi največjemu optimistu krepko brada povesi, predvsem ko se vpraša, kdaj neki nam bo to uspelo spraviti v evidence? Optimizem se sicer rahlo popravi, če v relativni perspektivi pogledamo količine podatkov AIS v primerjavi s številom obstoječih podatkov katastra stavb (slika 3), a absolutne količine stavb AIS so vseeno velike, predvsem ob razmisleku o (ne-)razpoložljivih kadrih in času.



Slika 3: Statistična primerjava števila stavb posameznih kategorij AIS s številom obstoječih podatkov katastra stavb za geodetske pisarne OGU Murska Sobota (vir: OGU Murska Sobota, stanje: oktober 2017-AIS, april 2018-KS).

Ob pristopu k tako obsežni in dolgoročni nalogi je iz več razlogov smiselno obravnavo stavb AIS po posameznih kategorijah razdeliti po kriteriju površine tlorisa stavb, na primer na skupino stavb s površino, enako ali večjo od 50 m², in skupino stavb s površino pod 50 m². V časovno prvo fazo obdelave vključimo stavbe s površino, enako ali večjo od 50 m², v drugo fazo pa stavbe s površino pod 50 m². Primerjalni prikaz razmerja oziroma števila stavb AIS v teh dveh skupinah s površinskim kriterijem 50 m² je za OGU Murska Sobota prikazan na sliki 4.



Slika 4: Razdelitev stavbe AIS po posameznih kategorijah po kriteriju površine tlorisa stavb na skupino stavb s površino, enako ali večjo od 50 m², in skupino stavb s površino pod 50 m² (vir: OGU Murska Sobota, stanje oktober 2017).

Ker sta ob preobilici nalog geodetske uprave oba parametra razpoložljivosti kadra in časa precej blizu ničle, bo za uspešno izvedbo naloge potrebna obsežna, aktivna in neutrudna pomoč »deus ex machina«. Tega se še dodatno zavemo ob upoštevanju dejstva, da je analiza AIS narejena le s primerjavo z obrisi obstoječih stavb v REN/KS, pri tem pa niso upoštevane stavbe, evidentirane v zemljiškem katastru. Skladnost evidentiranja stavb v zemljiškem katastru s stavbami, evidentiranimi v REN/KS, smo na geodetski upravi v ločenem enotnem postopku po enotnih kriterijih skladnosti ugotavljali v preteklem letu v postopkih avtomatiziranega pripisa številke stavb in vrste rabe »221-ZPS*« dose-danjim starim stavbnim vrstam rabe v zemljiškem katastru. Ugotovljena stopnja skladnosti eviden-tiranja se po posameznih katastrskih občinah in geodetskih pisarnah medsebojno precej razlikuje, tudi po več 10 %. V nadaljevanju je potreben sistematičen, temeljit in podroben vsebinski ter precej »izkustveno rokomatski« pregled skladnosti evidentiranja s popravki in dopolnitvami izvedenega avtomatiziranega postopka pripisa vrste rabe »221-ZPS*«, ki bo na območju cele države obsegal več sto tisoč v zemljiškem katastru evidentiranih stavb in bo za ustrezno kakovostno izvedbo zahteval obsežne kadrovske in časovne vire geodetske uprave.

3 AIS – CENTRALIZIRANA PORABA UMETNE INTELIGENCE

Opisane postopke obdelave podatkov AIS kljub precejšnji stopnji »rokomatske« avtomatizacije torej v bistvu še vedno izvajamo ročno. Sliši se mogoče celo malce utopistično, vendar je skoraj celotna zgoraj opisana »rokomatika« zrela za centralizirano uporabo umetne inteligence. Postopek bi se moral avtomatsko

izvesti po vsakem snemanju CAS in posledični izdelavi nove analize AIS. Centralizirana uporaba umetne inteligence je predvsem primerna za na primer naslednje avtomatizirane korake:

- določitev nabora parcel, na katerih ležijo posamezne kategorije stavb AIS,
- določitev nabora (so-)lastnikov parcel s stavbami posameznih kategorij AIS,
- pripravo pozivov k evidentiranju novih oziroma spremenjenih stavb AIS za posamezne lastnike,
- tiskanje in razpošiljanje pozivov lastnikom,
- pripravo in vodenje seznamov lastnikov, ki so jim bili poslani pozivi,
- določitev stavbnih števil stavb AIS in tako imenovani »minimalni vpis« v kataster stavb,
- vpis zaznamov o poslanih pozivih v geodetske evidence,
- elektronsko posredovanje poslanih pozivov posameznim pristojnim občinam,
- označitev parcel s poslanimi pozivi v javnem vpogledu in Preg,
- pripenjanje .pdf datotek s pozivi v aplikacijo REN,
- vodenje rokov za vložitev zahtev za evidentiranje in periodično analizo vloženih zahtev za evidentiranje,
- po pretečenem roku posredovanje seznamov neodzivnih lastnikov geodetski inšpekciji,
- itd.

Vsi ti koraki morajo teči centralizirano, uslužbenci geodetske uprave pa morajo imeti možnost sprotne vpogleda v pripravljene pozive in sezname. Seveda vsaj v začetni fazi ne bo šlo povsem brez vsebinskega sodelovanja uslužbencev geodetskih pisarn. Predvsem bo sodelovanje potrebno in smiselno pri hitrem predpregledu samodejno pripravljenih pozivov. Podatki AIS kljub hitremu tehnološkemu napredku na področju avtomatiziranih klasifikacij podatkov daljinskega zaznavanja še niso v celoti zanesljivi, zato je mogoče s hitrim predpregledom pripravljenih pozivov pred avtomatskim centralnim razpošiljanjem izločiti posamezne očitne napake in s tem med drugim povečati zaupanje javnosti v učinkovitost in kakovost naših postopkov.

4 SKLEP

Navedeni postopki v prejšnjem poglavju komajda narahlo popraskajo po površju vseh možnosti, ki nam jih ponujajo sodobne tehnologije daljinskega zaznavanja, avtomatiziranih digitalnih analiz in avtomatizacije procesov. Dejstvo je, da imamo v geodetski upravi bistveno premalo ljudi za vse naloge, ki jih moramo izvajati. Drugo, nič manj pomembno dejstvo je, da uslužbenci geodetske uprave (praviloma) lastnikom zelo neradi pošiljamo pozive k evidentiranju, saj je to ob odzivih lastnikov za uslužbence tudi psihično obremenjujoče. Razbremenitev uslužbencev z zmanjšanjem rutinskih opravil in psihičnega pritiska je nujna, vsaj delno jo bomo lahko dosegli z vse večjim vključevanjem umetne inteligence v procese našega dela. In, da ne bo pomote, ne govorimo o kakšni znanstveni fantastiki v oddaljeni prihodnosti, temveč o koristni uporabi umetne inteligence tukaj in zdaj. Umetno inteligenco smo v prvem koraku pri določitvi stavb AIS že koristno uporabili, za aktiviranje procesov evidentiranja stavb AIS v geodetskih evidencah pa bomo z uporabo umetne inteligence naredili še naslednji, nujno potreben korak. Sama izdelava geodetskih elaboratov in njihovo evidentiranje v geodetskih evidencah pa bosta sicer še nekaj časa ostala v domeni človeške inteligence, a potrebno bo veliko geodetske inteligence, da bosta tudi v prihodnje ostala v izključni domeni geodetov.

VIRI

Triglav, J. (2016). Geopodatki: javni vpogledi v višji prestavi. *Geodetski vestnik*, 60 (4), 763–768. http://www.geodetski-vestnik.com/60/4/gv60-4_triglav2.pdf (5. 5. 2018).

Triglav, J. (2017). A si ti tud iz(b)risal svojo hišo?! *Geodetski vestnik*, 61 (2), 296–302. http://www.geodetski-vestnik.com/61/2/gv61-2_triglav1.pdf (5. 5. 2018).



Dr. Joc Triglav, univ. dipl. inž. geod.
Območna geodetska uprava Murska Sobota
Lendavska ulica 18, SI-9000 Murska Sobota
e-naslov: joc.triglav@gov.si

NOVOSTI S PODROČJA DELOVANJA GEODETSKE UPRAVE REPUBLIKE SLOVENIJE

Tomaž Petek, Klemen Medved, Martin Smodiš

Delavnica – Geoportal

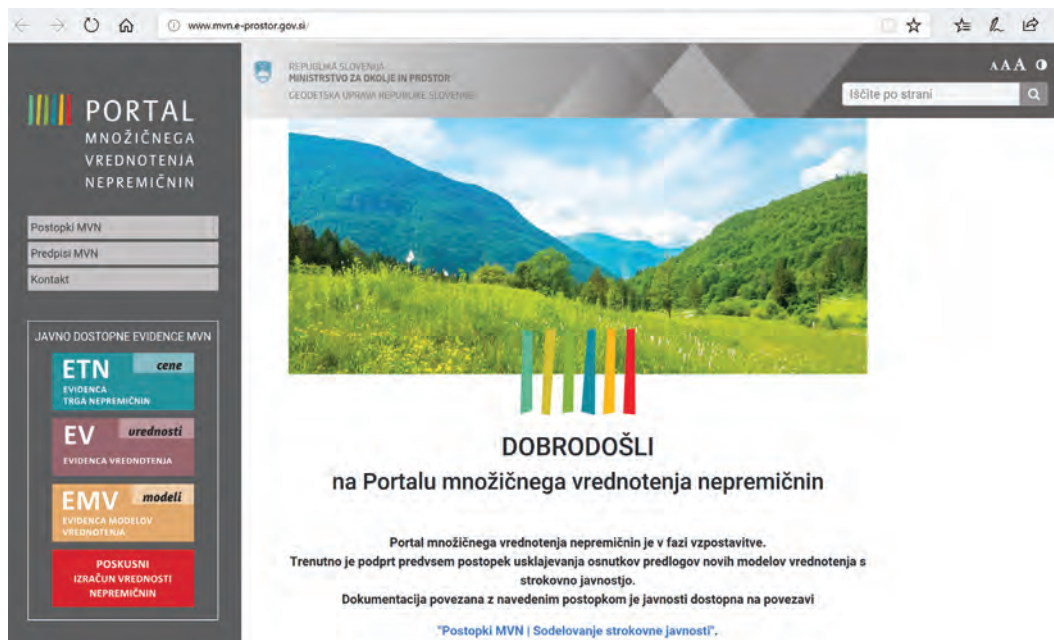
Dne 6. 4. 2018 je Geodetska uprava Republike Slovenije organizirala delavnico na temo geoportala. Dogodek je potekal v okviru projekta Skupna infrastruktura za prostorske informacije, ki ga geodetska uprava izvaja v programu projektov eProstor, usmerjenem v pospeševanje in izboljšanje procesov na področju prostorskega načrtovanja, graditve objektov in upravljanja nepremičnin z uporabo povezljivih, prosto dostopnih in zanesljivih prostorskih podatkov. Na delavnici je sodeloval predstavnik nizozemske geodetske uprave Kadastre g. Martin Salzmann, ki je v nastopu predstavil nizozemsko infrastrukturo za prostorske informacije, delovanje fundacije Geonovum kot osrednje platforme za koordinacijo SDI in njihov nacionalni geoportal, imenovan PDOK. Delavnica je privabila 25 udeležencev iz različnih institucij, ki so upravljalci zbirk prostorskih podatkov. Po predstavitvah so si sodelujoči v razpravi z gostom iz Nizozemske izmenjali izkušnje in primere dobrih praks. Predstave z delavnice so dostopne na spletni strani Geodetske uprave: <http://www.geoportal.gov.si/slo/novice/283/delavnica-geoportal>.

Poročilo o najemnem trgu nepremičnin za leti 2016 in 2017

Dejavnost najemnega trga nepremičnin v Sloveniji, v nasprotju z dejavnostjo kupoprodajnega trga, kaže trend padanja. Število sklenjenih najemov na ravni države se zmanjšuje tako za stanovanjske kot za poslovne nepremičnine. Tržne najemnine za stanovanja in poslovne prostore kažejo trend rahle rasti, vendar še vedno zaostajajo za rastjo tržnih cen. Poročilo je dostopno na spletni povezavi: http://www.e-prostor.gov.si/fileadmin/etn/Porocila/Porocilo_najemni_trg_2017.pdf.

Vzpostavitev Portala množičnega vrednotenja nepremičnin

Geodetska uprava Republike Slovenije je na podlagi novega Zakona o množičnem vrednotenju nepremičnin – ZMVN-1 (Uradni list RS, št. 77/2017) pripravila osnutke predlogov za modele vrednotenja nepremičnin. Naslednji korak določevanja modelov vrednotenja je njihovo usklajevanje s strokovno javnostjo. Zaradi učinkovitejšega informiranja deležnikov o dejavnostih na področju množičnega vrednotenja nepremičnin geodetska uprava vzpostavlja portal množičnega vrednotenja nepremičnin (<http://www.mvn.e-prostor.gov.si/>). Trenutno je podprt predvsem postopek usklajevanja osnutkov predlogov modelov vrednotenja nepremičnin s strokovno javnostjo. Na portalu so objavljena vsa gradiva v povezavi s tem.



Slika 1: Portal množičnega vrednotenja nepremičnin.

Sporazum o sodelovanju med geodetskima upravama Slovenije in Ukrajine

Med uradnim obiskom slovenskega predsednika Boruta Pahorja v Ukrajini sta državna služba za geodezijo, kartografijo in kataster Ukrajine ter Geodetska uprava Republike Slovenije v petek, 11. 5. 2018, podpisali memorandum o znanstvenem in tehničnem sodelovanju na področju geodezije, kartografije, katastra in upravljanja zemljišč. V imenu Slovenije je sporazum podpisal državni sekretar ministrstva za zunanje zadeve Iztok Mirošič, v imenu ukrajinske geodetske uprave pa Liudmyla Shemelynets, namestnica predsednika državne službe za geodezijo, kartografijo in kataster Ukrajine. Ob podpisovanju sta bila prisotna tudi predsednika obeh držav Borut Pahor in Peter Porošenko.

Sporazum je bil sklenjen na pobudo ukrajinske geodetske uprave v želji po krepitvi strokovnega, znanstvenega in tehničnega sodelovanja med državama na področju geodezije, kartografije ter katastrskih in drugih nepremičninskih evidenc. Sporazum predvideva različne oblike sodelovanja, na primer izvedbo študijskih obiskov ter srečanj strokovnjakov, primerjavo zakonskih in drugih pravnih aktov, ki urejajo aktivnosti na področju geodezije, kartografije, katastra in zemljiške administracije, pa tudi izmenjavo strokovnih gradiv na tem področju ter skupno izvedbo seminarjev ali konferenc in druge skupne dejavnosti.



Slika 2: Podpis memoranduma o sodelovanju med geodetskima upravama Slovenije in Ukrajine.

Simpozij EUREF v Amsterdamu

Letno srečanje članic EUREF je bilo med 30. majem in 1. junijem 2018 v Amsterdamu na Nizozemskem. Letošnji organizator je bil poleg Eurefa – podkomisije IAG – še lokalni partner NSGI (nizozemsko partnerstvo za geodetsko infrastrukturo).

Že pred simpozijem so se predstavniki geodetske uprave udeležili sestanka Eurefovega upravnega odbora, ki je organiziran dva- do trikrat letno. Člani upravnega odbora usklajujejo/vodijo tekoče zadeve pri Eurefu, med drugim opravijo validacijo obdelav posameznih kampanj EUREF GNSS, ki jih izvedejo države članice. Preveri se upoštevanje navodil za zgostitve EUREF (angl. *Guidelines for EUREF Densifications*), potek izračuna, vrednotenje rezultatov itd. Slovenski predstavniki so na srečanju (28.–29. 5. 2018) predstavili obdelavo slovenske GNSS-kampanje *EUREF Slovenija 2016*. Poročilo o izračunu je bilo posredovano že mesec dni prej. Rezultati so bili predstavljeni tudi na samem simpoziju, v ločenem prispevku bodo predstavljeni tudi v Geodetskem vestniku.

Glavni namen simpozija je seznanitev s stanjem, novostmi in smernicami za prihodnost na področju geodetskega referenčnega sistema. Glavne teme so bile: evropski prostorski referenčni sistem ESRS (ETRS89 in EVRS), evropska omrežja (EPN, UELN, mreža EUREF-točk), merske tehnike v geodeziji (GNSS, nivelman, gravimetrija ... in njihovo kombiniranje) in uporaba v geo znanostih, nacionalna poročila, razprava s sprejetjem resolucij ter pregled preostalih dejavnosti, povezanih z evropskim referenčnim sistemom. V tem delu smo aktivno sodelovali z letnim nacionalnim poročilom. Več o simpoziju v Amsterdamu je mogoče prebrati na <https://euref2018.eventtouch.eu/>.

11. regionalna konferenca o katastru in infrastrukturi prostorskih podatkov

Dne 30. in 31. maja 2018 je v Budvi v Črni gori potekala 11. regionalna konferenca o katastru in infrastrukturi prostornih podatkov. Osrednja tema je bila vloga geodetskih uprav v procesu razvoja digitalne družbe ter izzivi, ki so povezani z uporabo prostorskih podatkov v državah regije zahodnega Balkana.

Konferenca se je udeležilo več kot 80 predstavnikov geodetskih uprav iz Srbije, Makedonije, Kosova, Federacije Bosne in Hercegovine, Republike Srbske, Slovenije, Hrvaške, Črne gore, Albanije, Bolgarije, Norveške, Nizozemske, Švedske ter predstavniki japonske razvojne agencije JAICA in predstavnik združenja EuroGeographics.

V uvodu so udeležence pozdravili minister za finance Črne gore Darko Radunović, podžupan Budve Veselin Marković in direktor Uprave za registracijo nepremičnin Črne gore Dragan Kovačević. Sledile so predstavitve o rezultatih razvojnih projektov, ki se izvajajo v geodetskih upravah, delujočih na območju regije zahodnega Balkana. Strategijo Geodetske uprave Republike Slovenije do leta 2025 in program projektov eProstor je predstavljala Tomaž Petek.

V drugem delu konference so sledile predstavitve predstavnikov švedske, nizozemske in norveške geodetske uprave ter drugih predstavnikov mednarodnih združenj – EuroGeographics in UN GGIM Europe ter japonske agencije JAICA, ki so bili gostje konference.

Predstavniki geodetskih uprav iz regije zahodnega Balkana so ob koncu konference sprejeli odločitev, da pripravijo in sprejmejo tudi pisni dogovor o sodelovanju med institucijami, s katerim bi še okrepili sodelovanje v regiji, ki ima že 11-letno tradicijo v obliki regionalnih konferenc in delovanju tehnične komisije. Naslednja regionalna konferenca bo organizirana junija 2019 v BiH.



Slika 3: Udeleženci 11. regionalne konference o katastru in infrastrukturi prostorskih podatkov.

Tomaž Petek, mag. Klemen Medved in mag. Martin Smodiš

Geodetska uprava Republike Slovenije

Zemljemerska ulica 12, SI-1000 Ljubljana

e-naslov: tomaz.petek@gov.si, klemen.medved@gov.si, martin.smodis@gov.si

132. ZASEDANJE ZDRUŽENJA EUROSDR V LJUBLJANI

Dalibor Radovan, Tomaž Petek

V dneh od 23. do 25. maja 2018 je v Ljubljani potekalo 132. redno zasedanje delegatov združenja EuroSDR (angl. *European Spatial Data Research*), vseevropske organizacije, v kateri se načrtujejo in uresničujejo raziskovalni interesi evropskih držav na področju prostorskih podatkov. Deluje kot omrežje državnih geodetskih uprav, akademske sfere in raziskovalnih inštitutov. Zasedanja potekajo dvakrat letno že od leta 1953, ko je bilo združenje ustanovljeno v Parizu, takrat še pod imenom OEEPE (angl. *European Organization for Experimental Photogrammetric Research*).

Slovenija je postala članica EuroSDR 23. oktobra 2014 na 125. zasedanju v Leuvnu v Belgiji. Zastopajo jo primarni delegat dr. Dalibor Radovan z Geodetskega inštituta Slovenije, drugi delegat Tomaž Petek z Geodetske uprave RS in doc. dr. Mojca Kosmatin Fras s Fakultete za gradbeništvo in geodezijo. Zasedanja v Ljubljani v skupni organizaciji vseh treh inštitucij se je udeležilo 34 predstavnikov iz 18 držav.

Prvi dan srečanja je bil tradicionalno namenjen državi gostiteljici s predstavitvami inovativnih dejavnosti in inštitucij na področju geoinformatike, podatkov o nepremičninah in drugih prostorskih podatkov v Sloveniji. Zasedanje je potekalo v prostorih Fakultete za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani. Izbrane izjemne dosežke in aktivnosti so predstavile naslednje inštitucije: Geodetska uprava RS, Geodetski inštitut Slovenije, Oddelek za geodezijo UL FGG, Modri planet, UM Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Statistični urad RS, Vesolje.si, Sinergise in Znanstvenoraziskovalni center SAZU.

Drugi in tretji dan zasedanja sta bila, kot običajno, namenjena le pooblaščenim delegatom in sta potekala v konferenčni dvorani Hotela City v Ljubljani. Na dnevnem redu so bili pregled realizacije programa dela, potrditev načrtovanih nalog in finančnega načrta združenja za naslednje šestmesečno obdobje. Sledila je predstavitev rezultatov dela šestih stalnih komisij EuroSDR za naslednja področja geoinformatike: (1) zajem podatkov, (2) modeliranje in procesiranje, (3) vzdrževanje in integracijo, (4) uporabo informacij, (5) poslovne modele in delovanje ter za (6) prenos znanja.

Prva komisija je predstavila aktivnosti, povezane z uporabo tehnologije enofotonskega laserskega skenerja (angl. *single photon lidar*) v procesih registracije prostora in nepremičnin, ter aktivnosti projekta VOLTA (innoVation in geOspatial and 3D daTA), v okviru katerega bo v septembru na Dunaju izvedena tudi poletna šola *Automation in the Context of National Mapping Agency (NMA) Production* (www.geo.tuwien.ac.at/volta/).

Druga komisija je predstavila ugotovitve, povezane z inovacijami in uporabo 3D-podatkov v zbirkah nacionalnih geodetskih uprav (angl. *3D spatial interest group*), ter projekt GeoBIM o vključevanju prostorskih podatkov v BIM (angl. *building information systems*), kar bo v prihodnje lahko vplivalo na način pridobitve gradbenega dovoljenja.

Tretja komisija je povzela rezultate delavnic in internih projektov EuroSDR glede algoritmov za velike digitalne modele reliefa, uporabe laserskega skeniranja za plitvo morje in priprav na uporabo podatkov satelita Sentinel-2 v Evropi.

Četrta komisija je predstavila delo in načrtovanje projektov, povezanih s historičnimi prostorskimi podatki, povezovanjem podatkov s posrednim georeferenciranjem, spremljanjem dinamike spreminjanja rabe in pokrovnosti tal ter kartiranja za »digitalne domorodce«.

Peta komisija je predstavila aktivnosti, povezane z močjo množic (angl. *crowdsourcing*) pri pridobivanju podatkov, ki jih vodijo geodetske uprave v Evropi, o čemer bo EuroSDR organiziral tudi delavnico v Leuvnu 5. in 6. novembra 2018. Končana sta tudi projekta o ekonomski vrednosti 3D-podatkov in pomorski podatkovni infrastrukturi.

Šesta komisija pa je kot vedno poročala o izobraževalnih tečajih EuroSDR, ki so sicer dostopni strokovni javnosti po vsem svetu in se jih udeležujemo tudi Slovenci.

V programu zasedanja so z vabljenimi predavanji sodelovali tudi trije zunanji in ena domača gostja: predsedujoči v mednarodni kartografski zvezi ICA Menno-Jan Kraak in izvršni direktor združenja EuroGeographics Mick Cory, oba s predavanji o povezovanju dejavnosti njunih inštitucij z EuroSDR, Poul Nørgård, predstavnik podjetja Leica Geosystems, ki je predaval o novih snemalnih sistemih v povezavi s tehnologijo lidar, ter izr. prof. dr. Anka Lisec s FGG, ki je predstavila mednarodni projekt SLICE3D o Slovenskem centru odličnosti na področju 3D-prostorskih podatkov.

Na koncu zasedanja je predsedovanje Euro SDR od sedanjega predsednika Erica Bayersa iz Belgije prevzel novi predsednik Paul Kane iz Irske. Potrjeni so bili delovni program, finančno poročilo in višina članarine za leto 2019. Naslednja sestanka odbora delegatov EuroSDR sta načrtovana v terminih od 14. do 16. novembra 2018 v Berlinu in od 22. do 24. maja 2019 na Dunaju.

Prvo srečanje združenja EuroSDR v Ljubljani je uspelo v vseh pogledih, tako vsebinsko kot organizacijsko. Slovenski geoinformatiki smo se predstavili z izjemno paleto aplikacij, med katerimi so tudi takšne, ki so priznane na evropski in svetovni ravni.



Slika 1: Skupinska fotografija delegatov EuroSDR iz 18 držav.



Slika 2: Odprtje srečanja.



Slika 3 Izvršni direktor združenja EuroGeographics Mick Cory.



Slika 4: Predsednik mednarodne kartografske zveze Menno-Jan Kraak.

Dr. Dalibor Radovan
Geodetski inštitut Slovenije
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: dalibor.radovan@gis.si

Tomaž Petek
Geodetska uprava RS
Zemljemerska ulica 12, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: tomaz.petek@gov.si

Fotografije: mag. Igor Karničnik, Geodetski inštitut Slovenije

SEZNAM DIPLOM NA ODDELKU ZA GEODEZIJO UL FGG

OD 1. 2. 2018 DO 30. 4. 2018

Teja Japelj

Malo pred valentinovim smo tudi na naši fakulteti pripravili informativna dneva za dijake zaključnih letnikov srednjih šol in vseh drugih, ki se zanimajo za študij geodezije. Povpraševanje je bilo nekoliko manjše kot v preteklih letih, vendar verjamemo, da se stanje počasi izboljšuje. Študij je po besedah mnogih študentov zelo zanimiv, najpomembneje pa je, kakšno je pridobljeno znanje na koncu. Glede na to, da imamo v tej številki kar nekaj zanimivih zaključnih del, to dejstvo o študiju samo potrjuje.

Na oddelku za geodezijo so od objave zadnje številke doštudirali štiri študenti na visokošolskem študijskem programu prve stopnje tehnično upravljanje nepremičnin, štiri študenti na magistrskem študijskem programu druge stopnje geodezija in geoinformatika ter dva študenta na magistrskem študijskem programu druge stopnje prostorsko načrtovanje.

MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM DRUGE STOPNJE GEODEZIJA IN GEOINFORMATIKA

Katja Benčin Vzpostavitev testne baze za spremljanje konvergenčnih profilov

Mentor: doc. dr. Božo Koler

Somentor: asist. dr. Tilen Urbančič

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=99926>

Vsak zgrajeni objekt je treba po končani gradnji kontrolirati. Za namene geodetskega monitoringa je treba vzpostaviti geodetsko mrežo in stabilizirati kontrolne točke na objektu. Magistrsko delo obravnava vzpostavitev testne baze in izmero horizontalne mreže v Centru za upravljanje z dediščino živega srebra v Idriji za spremljanje konvergenčnih profilov. Delo obravnava postopek vzpostavitve testne baze in različne načine določitve koordinat točk konvergenčnih profilov. Predstavljene so tri osnovne metode izvedbe meritev s klasično terestrično izmero, ki se med seboj razlikujejo glede izbire izhodišča za določitev stojišča (izhajamo iz geodetske mreže, iz točk slepega poligona ali stabilnega profila). Opazovanja smo izravnali na sedem načinov in tako pridobili koordinate točk. V nadaljevanju smo izračunali 1D-, 2D- in 3D-razlike koordinat točk ter preverili, ali so te razlike glede na natančnost statistično značilno različne ali ne. Alternativna možnost določanja premikov je izvedba meritev s terestričnim laserskim skenerjem in določitev parametrov ploskev v okolici posamezne točke na podlagi oblaka točk. Vzpostavitev baze in izmera pomenita izhodiščno, ničelno izmero za vsa kasnejša opazovanja. Rezultati tega dela bodo v nadaljevanju uporabljeni pri vajah predmeta Geodezija v inženirstvu II.

Lavra Borovnik Modeliranje območij delovne mobilnosti v programskem jeziku R

Mentor: doc. dr. Samo Drobne

Somentor: izr. prof. dr. Mitja Lakner

<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=99922>

V magistrskem delu smo v programskem jeziku R modelirali območja delovne mobilnosti. To so območja, v katerih živi in dela večina delovno aktivnega prebivalstva. Uporabili smo metodo TTWA, kjer je treba določiti štiri vhodne parametre (minimalno in ciljno število delovno aktivnega prebivalstva ter minimalno in ciljno samozadostnost). S podatki o delovnih tokovih med občinami smo modelirali lokalna in regionalna območja delovne mobilnosti v Sloveniji za leti 2004 in 2016. Z različnimi nizi vhodnih parametrov smo modelirali skupno 14 nizov rezultatov. Izhodišča za modeliranje območij delovne mobilnosti smo povzeli po Strategiji prostorskega razvoja Slovenije (SPRS, 2004) in predlogu lokalnih zaposlitvenih sistemov projekta RePUS. Primerjava rezultatov med letoma 2004 in 2016 izkaže zmanjševanje števila – in posledično povečevanje – območij delovne mobilnosti v Sloveniji. Hkrati se na območjih delovne mobilnosti povečuje število delovno aktivnega prebivalstva in zmanjšuje samozadostnost.

Jasmina Markovič Izdelava modela površja iz letalskih posnetkov – uporaba novih fotogrametričnih metod in primerjava z lidarskimi podatki

Mentor: prof. dr. Krištof Oštir

Somentor: dr. Žiga Kokalj

<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=100673>

V magistrski nalogi podrobneje preučujemo in primerjamo različne odprtokodne programe za izdelavo digitalnega modela površja. Z izbranimi programskimi paketi želimo izdelati digitalni model površja in ga primerjati z modelom površja iz lidarskih podatkov. S primerjalno analizo ugotavljamo, kakšna je razlika v višinah za območja travnikov, gozda ter stavb, katerih podatke primerjamo še s podatki katastra stavb. Namen naloge je preveriti sposobnost algoritmov za izdelavo digitalnega modela površja in z izbranimi programskimi paketi izdelati visokoločljivi model, primeren za primerjavo z lidarskimi podatki. Za izbrano študijsko območje mesta Slovenj Gradec, ki ga z nekaj okolice prekriva skupaj 39 aerofotografij, je podrobneje opisan potek izdelave digitalnega modela površja in pridobljeni rezultati. Ugotovili smo, da z izbrano programsko opremo ni mogoče izdelati visokokakovostnega digitalnega modela površja. Primerjava višin katastra stavb, lidarskega digitalnega modela površja in že izdelanega digitalnega modela površja je pokazala, da so višine med seboj primerljive, za vsa odstopanja je mogoče določiti razlog, ki je največkrat sprememba v pokrovnosti površja. Na podlagi takšnih primerjav je mogoče določiti pokrovnost območij in spremembe pokrovnosti v različnih časovnih obdobjih.

Ana Potočnik Buhvald Regeneracija gozdov v Zgornji Mežiški dolini – zaznavanje sprememb z daljinskim zaznavanjem

Mentor: prof. dr. Krištof Oštir

Somentorica: Urša Kanjir

<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=101139>

V magistrskem delu je predstavljena uporabnost daljinsko zaznanih posnetkov pri spremljanju regeneracije gozdov na nekdanjem rudniškem območju v Zgornji Mežiški dolini. Vrednotenje temelji na časovni analizi dolge časovne vrste satelitskih posnetkov Landsat, zajetih med junijem 1984 in januarjem 2016. Pri zaznavanju sprememb je uporabljen normiran diferencialni vegetacijski indeks (NDVI) in algoritem BFAST Monitor, ki časovno vrsto razdeli na stabilno/referenčno periodo in periodo odkrivanja sprememb. BFAST Monitor s svojo robustnostjo omogoča

enostavno odkrivanje sprememb, ki se pojavljajo v različnih časovnih intervalih. Spremembe lahko zaznavamo na specifično izbranih rastrskih celicah in tako pridemo do časovnih profilov, ki kažejo večleten dinamičen razvoj gozdov, ali pa izdelamo karte sprememb, iz katerih enostavno razberemo razvojne trende vegetacije na poljubno izbranem območju. Časovni profili v magistrskem delu so izdelani za štiri specifične lokacije, ki ležijo v neposredni bližini vira onesnaževanja v Žerjavu in katerih stanje že vrsto let spremljajo tudi strokovnjaki Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Obe študiji dokazujeta enake razvojne trende – stanje gozdov na analiziranih območjih se skozi opazovano časovno obdobje izboljšuje oziroma gozdovi doživljajo regeneracijo. Končne karte sprememb prikazujejo spremembe, ki so bile zaznane v treh različnih časovnih intervalih, in sicer v 21-letnem (1995–2016), v 16-letnem (2000–2016) in v 11-letnem časovnem obdobju (2005–2016). V vseh treh izbranih časovnih intervalih je prevladovalo število pozitivnih sprememb, kar je dodatno potrdilo dejstvo, da se gozdovi v Zgornji Mežiški dolini in tudi njeni okolici v zadnjih tridesetih letih regenerirajo. Glede na dobljene rezultate, ki so potrdili vse zastavljene delovne hipoteze, se lahko tehnologija daljinskega zaznavanja, ki je stroškovno hitra in učinkovita, uporablja kot pomoč pri nadaljnjem spremljanju zdravstvenega stanja gozdov v Sloveniji.

MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM DRUGE STOPNJE PROSTORSKO NAČRTOVANJE

Vito Križman Študija kakovosti določevanja površin v zemljiškem katastru

Mentorica: izr. prof. dr. Anka Lisec

Somentor: asist. Jernej Tekavec

<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=100580>

Pomemben podatek zemljiškega katastra je površina parcele. Ta je izračunana na podlagi podatkov katastrskih meritev, ki so bile izvedene v različnih časovnih obdobjih. V Sloveniji so lahko uradni podatki o površinah parcel določeni na podlagi podatkov katastrske izmere vse od uvedbe franciscejskega katastra v prvi polovici 19. stoletja do današnjih dni. Namen magistrskega dela je analizirati in podati pregled zahtevane kakovosti določevanja površin parcel v Sloveniji po posameznih obdobjih, kot je bilo določeno v predpisih. V prvem delu naloge smo podrobno predstavili predpise na področju zemljiškega katastra, ki so urejali to področje na slovenskem ozemlju od franciscejskega katastra do danes. Za celotno obravnavano obdobje (1817–2017) smo kronološko predstavili predpisana dopustna odstopanja oziroma zahtevane natančnosti določitve koordinat zemljiškokatastrskih točk, kar smo nadalje uporabili za oceno kakovosti katastrskih podatkov o površinah parcel. Za analizo zahtevane kakovosti katastrskih podatkov o površinah parcel smo izračunali dopustna odstopanja pri grafičnem določevanju za vnaprej izbrane velikosti parcel in za različna merila katastrskih načrtov. Prav tako smo izračunali natančnosti določitve površin na podlagi numeričnih podatkov o poteku meje parcel, to je na podlagi koordinat zemljiškokatastrskih točk, za enake primere izbranih velikosti parcel. Dobljene rezultate smo prikazali kronološko in jih primerjalno ovrednotili.

Ugotovili smo, da so bile zahteve glede kakovosti določitve površin parcel v zemljiškem katastru obširneje predpisane šele v začetku 20. stoletja. Pregled zakonodaje jasno kaže, da podatki grafičnega katastra niso ustrezali kakovosti, ki je bila predpisana v navodilih za prvotno izmero. Še več, vedno znova je ocenjena položajna kakovost katastrskih načrtov kot tudi površine parcel iz predhodnega obdobja ovrednotena slabše v primerjavi z zahtevami zakonodaje iz istega predhodnega obdobja. Presenetljivo je, da se je v obdobju 1930–1970 z jugoslovanskima predpisoma zahtevana kakovost določevanja katastrskih površin postopno zmanjševala v pri-

merjavi z nekdanjimi avstro-ogorskimi kriteriji. Bistven preobrat pri določevanju površin parcel v zemljiškem katastru na Slovenskem je nastal na prelomu v 21. stoletje z zahtevo, da se površine parcel določajo izključno iz numeričnih koordinat, kar je pomembno izboljšanje zahtevane kakovosti določitve površine parcel.

Andraž Miculinič Prostorska ureditev obalnega pasu med Koprom in Izolo na osnovi analize potreb lokalnega prebivalstva

Mentorica: doc. dr. Alma Zavodnik Lamovšek

Somentor: asist. dr. Gašper Mrak

<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=100911>

V magistrskem delu je predstavljena idejna zasnova prostorske ureditve obalnega pasu med Koprom in Izolo. Na podlagi statističnih, geografskih in drugih raziskav posameznih pojavov v prostoru je v nalogi podrobno proučeno dejansko stanje prostora. Izsledki teh raziskav so bili podlaga za odločanje o načrtovanju posegov v prostor. Idejna zasnova, vključno s preveritvijo umestitve umetnega otoka v akvatorij med Koprom in Izolo, je bila z anketo preverjena med lokalnim prebivalstvom. Želje in potrebe lokalnega prebivalstva so bile nato upoštevane v idejni zasnovi prostorske ureditve obalnega pasu med Koprom in Izolo. V zaključku so predstavljeni še predlogi za nadaljnje raziskave in smernice za bodoče prostorsko načrtovanje na obravnavanem območju. V magistrskem delu je posebej poudarjen pomen vključevanja javnosti v proces prostorskega načrtovanja. Povzeti so strokovni pristopi, metodologija, veljavni predpisi ter stanje na področju participacije javnosti v procesu prostorskega načrtovanja v Sloveniji in tujini.

VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE STOPNJE TEHNIČNO UPRAVLJANJE NEPREMIČNIN

Jernej Benčan Vpis stanovanjsko-poslovnega objekta v kataster stavb

Mentor: viš. pred. dr. Miran Ferlan

<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=99943>

Petra Cetin Modeliranje funkcionalnih urbanih območij Slovenije v obdobju 2000–2015

Mentor: doc. dr. Samo Drobne

<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=99944>

Katarina Jamnik Izdelava spletne karte prikaza podzemnih komunalnih vodov

Mentor: doc. dr. Dušan Petrovič

Somentor: asist. dr. Klemen Kozmus Trajkovski

<https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=100882>

Ajda Njegovec Principi inercialne navigacije

Mentor: prof. dr. Bojan Stopar

Somentor: asist. dr. Klemen Kozmus Trajkovski

GEO & IT NOVICE

Aleš Lazar, Klemen Kregar

Boljše določanje lokacije klicev v sili

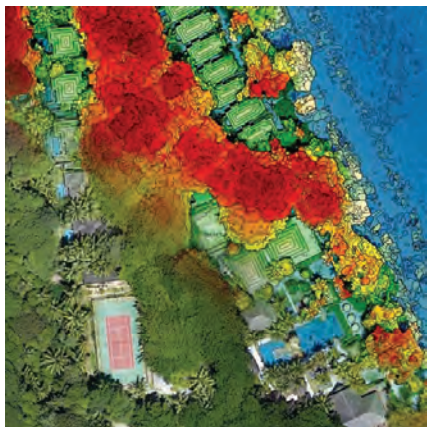
Google preskuša uporabnost nove tehnologije za natančnejše določanje lokacije klicev na pomoč. Test vključuje več deset tisoč klicev v sili v razponu dveh mesecev v številnih zveznih državah v Ameriki. Rezultati so razveseljivi, poroča The Wall Street Journal.

Test izvajajo še s podjetjema West Corp. in RapidSOS, ki imata povezave s centrom za obveščanje. Trenutno so lokacijo klica dolžni sporočiti ponudniki omrežnih storitev, žal pa ta ni preveč natančna. RapidSOS poroča, da lahko z uporabo nove Googlove tehnologije 80 % klicev locirajo z večjo natančnostjo že v prvih 30 sekundah pogovora. Googlovi podatki so tudi močno zmanjšali ocenjeni radij lokacije klica s 160 na 35 metrov, prejmejo pa jih še hitreje kot od ponudnika omrežja.

Revija The Wall Street Journal sklene, da je mogoče s prihranjeno minuto pri odzivnem času rešiti 10.000 življenj na leto. Izboljšan podatek o lokaciji lahko pomaga dispečerjem, če kličeči ne govori aktivno nobenega jezika, v katerem bi se lahko sporazumeli, oziroma zaradi panike blebete ali govori nerazločno. Lahko se zgodi tudi, da navede napačen naslov. Operaterji lahko sedaj hitro preverijo, ali se navedbe ujemajo z dejansko lokacijo klica. »Doslej to ni bilo mogoče, ker so bile lokacije vedno preslabo določene,« je rekel Bob Finney III, odgovorni za komunikacijo v šerifovem uradu okrožja Collier v Južni Floridi. Tehnologija je za zdaj dostopna v 14 državah in upajo, da letos pride v ZDA.

Vir: The Verge, maj 2018 – <https://www.theverge.com>

Pet meril za izbiro brezpilotnika



Brepilotni letalniki se vse pogosteje uporabljajo pri zajemu prostorskih podatkov, zato predstavljamo pet meril, ki so pomembna pri izbiri pravega orodja za vaše delo. Poznamo tri tipe brezpilotnikov: multikopter, ki s svojimi štirimi ali več propelerji najboljše posnema lastnosti helikopterja, brezpilotnik s fiksniimi krili (*fixed wing*) je manjše letalo, ki tudi leti tako kot letalo in hibridni dron – križanec med obema tipoma, ki omogoča navpičen vzlet in pristanek ter križarjenje po zraku na letalski način.

1. merilo: Izberemo dron, s katerim bomo na delovišču lahko brez škode vzletali in pristajali. *Fixed wing* za to potrebuje tako rekoč manjše letališče, medtem ko sta druga dva tipa glede tega nezahtevna.

2. merilo: Glede na razsežnost območja, ki ga moramo posneti, izberemo dron, ki to lahko izvede v doglednem času. Multikopter za vztrajanje v zraku porabi mnogo več energije kot droni s krili. V povprečju *fixed wing* in hibrid snemata desetkrat hitreje kot multikopter.

3. merilo: Nedostopnost območij, ki jih kartiramo, lahko pomeni težavo pri postavljanju talnih oslonilnih točk (džungla, nevarno gradbišče, močvirja ...). V takšnih primerih je rešitev lahko dron z modulom »post-processed kinematic« (PPK), ki omogoča neposredno georeferenciranje posnetkov po naknadni obdelavi navigacijskih podatkov in ne v realnem času.

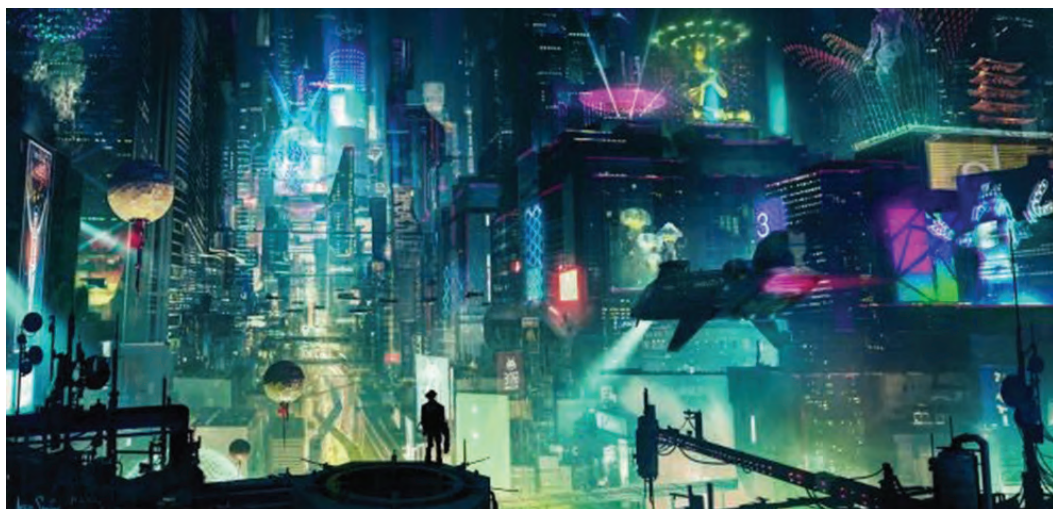
4. merilo: Prenosljivost drona je ključnega pomena, če želimo z njim posneti celotno površino večjih območij. Še najboljše je, če se da letalnik zložiti v škatlo, ki jo je enostavno prenašati naokrog in blaži tresljaje pri transportiranju.

5. merilo: Odpornost proti vetru. Pomemben vidik uporabnosti drona je njegova odpornost proti vetru. Multikopterji lahko relativno dobro kljubujejo vetru med vzleti in pristanki, pri letanju samem pa jih lahko močno upočasnjuje veter. Ravno nasprotno letalniki s fiksnimi krili dobro letijo tudi v vetru, težave pa lahko nastanejo pri vzletanju in pristajanju, saj morajo pri tem vedno leteti proti vetru, česar okoliščine pogosto ne omogočajo. Hibridni letalniki do neke stopnje odpravljajo obe težavi, vendar imajo zaradi tega druge slabosti.

Vir: GIM, maj 2018 – <https://www.gim-international.com>

Film Iztrebljevalec 2049 izdelan z Esri Cityengine

Podjetje Esri in njihov distributer Esri Canada sporočata, da je studio za vizualno umetnost Framestore iz Montreala nominiran za nagrado *Ameriško filmske akademije za leto 2018*, in sicer za najboljše vizualne učinke. Oblikovalci iz Framestorea so pri izdelavi filma *Iztrebljevalec 2049* (*Blade runner 2049*) uporabljali Esrijevo aplikacijo *CityEngine* in z njo poustvarjali Las Vegas, kakršen naj bi bil čez 21 let.



»Dobili smo nalogo, da ustvarimo Las Vegas iz prihodnosti. Morali smo preleteti in posneti glavne predele mesta,« je povedal Didier Muanza iz Framestorea. »CityEngine se nam je zdel še najboljše izbira za modeliranje današnjega Vegasa. Na podlagi tega modela smo nato izdelali futuristično različico.«

CityEngine je tehnološko dovršena programska oprema za 3D-modeliranje na področjih urbanističnega planiranja, arhitekture, pa tudi filmske in zabavne industrije. Oblikovalci pri Framestoreu so CityEngine uporabljali komaj mesec dni in z njim izdelali model, ki predstavlja 6759 kilometrov dolgo in 4 kilometre široko območje ter vključuje več kot 1400 stavb. Stavbe so pobarvane z realističnimi fotografijami, ki so bile posnete iz zraka in s tal.

Vir: GEO Informatics, maj 2018 – geoinformatics.com, Esri, maj 2018 – <https://www.esri.com>

„Zaplesalo“ rekordnih 1374 brezpilotnih letalnikov

Kitajci so postavili nov Guinnessov rekord, ko so v zrak hkrati poslali več kot 1300 brezpilotnih letalnikov, opremljenih z raznobarnimi lučkami, ter tako priredili pravo svetlobno pašo za oči. Nenavadno predstavo je pripravilo podjetje EHang, ki je hkrati upravljalo natanko 1374 „plesočih“ brezpilotnih letalnikov, s čimer so podrli rekord v največjem številu zračnih plovil brez človeške posadke. Celoten dogodek je trajal 13 minut, letalniki pa so bili razporejeni na več kot kilometru zračne razdalje, poroča Deutsche Welle.

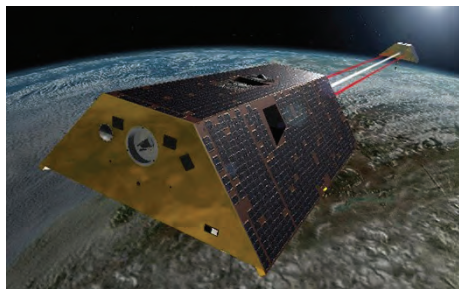
Pravo umetniško predstavo so lahko občudovali prebivalci mesta Šjan. Letalniki so uprizorili 16 različnih tridimenzionalnih formacij, od kamele, Bude in hitrega vlaka, ustvarjalci pa so se poklonili tudi zunanjepolitični strategiji kitajskega predsednika Ši Džinpinga *En pas – ena cesta*, s katero želi Peking znova obuditi trgovinske povezave po nekdanji Svilni cesti.

Do zdaj je rekord v najbolj množičnem letu brezpilotnih letalnikov imelo ameriško podjetje Intel, ki je med zimskimi olimpijskimi igrami v Pjongčangu v Južni Koreji februarja letos v zrak istočasno poslalo 1218 teh vse bolj razširjenih zračnih plovil.

Vir: MMC RTV Slovenija, maj 2018 – <http://www.rtvsl.si/znanost/zanimivosti>

V vesolju nova satelita Grace za merjenje zemeljske gravitacije

Kot so sporočili uradni ameriški viri, sta 600-kilogramska satelita, poimenovana Grace-Fo, na hrbtu rakete Falcon 9 (SpaceX) poletela v vesolje po načrtu in le nekaj trenutkov pozneje poslala v bazo prve komunikacijske signale. Tudi tokrat je podlaga za poimenovanje Grace (Gravity Recovery and Climate Experiment), Fo pa označuje nadaljevanje (Follow On).



Kot v prvem projektu med letoma 2002 in 2017 bosta tri metre dolga satelita letela 220 kilometrov nad zemeljsko oblo in merila medsebojno razdaljo. Enkrat na mesec bo na podlagi podatkov nastala karta s pomembnimi

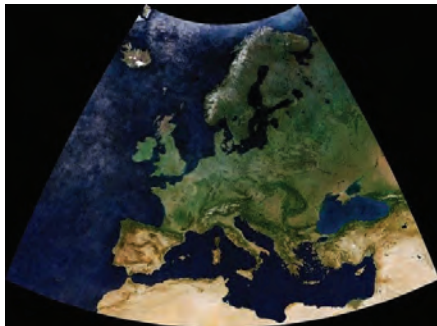
žarišči, ki bo razkrivala podnebne spremembe in spremembe morske gladine.

Prva misija je denimo pokazala, da je Grenlandija med letoma 2002 in 2016 izgubila 270 milijard ton ledu. Tokrat bodo podatki še kakovostnejši, saj je na krovu nov laserski merilnik, ki medsebojno oddaljenost satelitov meri še natančneje. Spremembe v gravitacijskem polju Zemlje vplivajo na razdaljo med satelitoma, ki se spreminja zaradi vpliva večje ali manjše mase (denimo gorovja) pod njima. Skupaj bo podatke prejemale 5000 naročnikov, med njimi številni hidrologi in oceanologi.

Vir: MMC RTV Slovenija, maj 2018 – <http://www.rtvsl.si/znanost-in-tehnologija/>

Brezoblačni mozaik Evrope iz posnetkov satelita Sentinel-3

Spomladi letos je ESA v vesolje izstrelila še satelit Sentinel-3B in s tem dokončala prvi niz izstrelitev satelitov Sentinel. Zdaj je v orbitah skupno že sedem Esinih satelitov iz programa Copernicus; ob že omenjenem Sentinelu-3B še njegov ‚dvojnik‘ 3A, Sentinela-2A in B, Sentinela-1A in B ter Sentinel-5P.



Vsak od satelitov Sentinel 3 ima na krovu po štiri različne senzorje, ki zajemajo podatke v različnih delih elektromagnetnega spektra ter pri različnih prostorskih ločljivostih (300–500 metrov). Podatki se uporabljajo za spremljanje sprememb temperature in barve oceanov, merjenje višine vodne gladine in debeline ledu ter spremljanje večjih požarov in oceno škode po njih. Kot zanimivost povejmo, da je na podlagi posnetkov mogoče določiti temperaturo površja kar z natančnostjo 0,3 °C. Podatki so – kakor vsi, zajeti s

sateliti Sentinel – dostopni brezplačno. Do njih je verjetno najlažje dostopati prek spletne aplikacije EO Browser, ki jo je za Eso razvilo slovensko podjetje Sinergise.

V Sinergisu so po Esinem naročilu izdelali tudi brezoblačni mozaik Evrope, s katerim ESA predstavlja podatke Sentinel 3 širši javnosti ([1]). Za izdelavo mozaika so uporabili posnetke iz obdobja štirih mesecev leta 2017. Najprej so iz nadaljnje obdelave odstranili piksele, ki so predstavljali oblake ali sence, na preostalih pa s statistično analizo določili vrednost za vsak piksel posebej, tako da so izračunali vrednost prvega kvartila ([2]). Rezultat je na fotografiji prikazana slika Evrope skoraj brez oblakov. Sliko je mogoče dobiti v izvorni velikosti (4 GB), za kar je treba poslati elektronsko sporočilo na info@sentinel-hub.com.

Vir: Sinergise, maj 2018 – <https://www.sinergise.com/>, ESA, maj 2018 – <http://www.esa.int/spaceimágenes/>

Nagrajena risba »Zemljevid življenja«

V okviru mednarodne kartografske konference, ki jo organizira mednarodno kartografsko združenje



ICA, je vsaki dve leti razpisan natečaj likovnih izdelkov otrok s kartografsko tematiko. V letu 2017 je konferenca potekala v Washingtonu v ZDA in takrat petletna Taja Koša iz Vrtca Lendava je na njej prejela drugo nagrado v kategoriji otrok, starih do pet let. Taja je izdelala risbo pod vodstvom mentorice Romane Lebar.

V štirih kategorijah je pod sloganom Radi imamo karte na natečaj prispelo 193 risb iz 34 držav. Slovenija je bila zastopana s šestimi najboljšimi risbami, ki so bile predhodno izbrane na državni ravni. Za promocijo natečaja med slovenskimi šolami in vrtci, organizacijo zbiranja in izbor risb na nacionalni ravni že vrsto let skrbi Krešimir Keresteš. Natečaj se sicer organizira od leta 1993 in po prvi nagradi osemletnega Andraža Umka v letu 2015 je bila sedaj drugič nagrajena predstavnica iz Slovenije.

Vir: ICA – <https://icaci.org/>

Morda niste vedeli:

Vsi ljudje nimamo enako razvitih prostorskih predstav. Do nekaterih ključnih odkritij, kako si živali in ljudje s posebnim sistemom nevronov v možganih ustvarijo predstavo prostora, so raziskovalci prišli šele pred dobrim desetletjem. Pred tem je angleški nevroznanstvenik **John O'Keefe** v šestdesetih letih dvajsetega stoletja ugotovil, da v možganih obstajajo posebni nevroni, ki so občutljivi za položaj v prostoru. Poimenoval jih je prostorski ali lokacijski nevroni. Na podlagi spoznanj v sredini sedemdesetih let je O'Keefe postavil hipotezo, da je le določen del možganov pomemben za ustvarjanje prostorske predstave. Ker ima ta del možganov obliko morskega konjička, je dobil ime hipokampus. Znanstvenik je sklepal, da se v hipokampusu z lokacijskimi nevroni ustvarja nekakšen miselni zemljevid prostora. Na podlagi takšnega zemljevida se lahko orientiramo, hkrati pa beležimo lokacijske podatke posameznih spominov.

Drugi raziskovalci so pozneje ugotovili, da poleg lokacijskih obstajajo nevroni, ki se aktivirajo, ko pridemo v bližino stene ali druge ovire, in pa nevroni, ki kot nekakšen kompas spremljajo položaj glave oziroma smer pogleda. Tako se je pokazalo, da je v možganih več različnih vrst prostorsko občutljivih celic, s katerimi se ustvari predstava prostora in orientacija v njem. Izkazalo se je tudi, da je lahko isti lokacijski nevron aktiven za več različnih krajev v prostoru. Takšnih prostorsko občutljivih nevronov je v možganih veliko, zato si lahko ob njihovem proženju ustvarimo subjektivni občutek, kje v prostoru smo.

Do naslednjega odkritja nevronov, ki so odgovorni za nekoliko drugačno zaznavanje prostora, sta leta 2005 prišla zakonca **Edvard in May-Britt Moser**, ki imata laboratorij v Trondheimu na Norveškem. Odkrila sta celice blizu hipokampusa, ki se ne vzbudijo zgolj na točno določenih krajih v prostoru, ampak se sistematično prižigajo in ugašajo, ko se gibljemo po navidezni prostorski mreži. Njihovo proženje je sorazmerno s hitrostjo gibanja. Hitreje, ko se premikamo, aktivnejše so te celice. Odkritje nove vrste prostorsko občutljivih nevronov sta znanstvenika razložila kot del možganskega sistema, ki skrbi za sledenje premikom v prostoru, tudi ko ni nobenih zunanjih opornih referenčnih predmetov, prek katerih bi se lahko orientirali.

Podatki za nevrone prostorske mreže ne prihajajo iz čutil, ampak iz celic, ki se odzivajo na smer in hitrost gibanja, kar pomeni, da podobno kot GNSS-naprava tudi možgani sproti izračunavajo položaj telesa v prostoru. Nevroni prostorske mreže ležijo v predelu, od koder prihajajo signali v hipokampus, zato domnevajo, da pomagajo pri prostorskem urejanju podatkov, ki nato sestavljajo miselne zemljevide oziroma prostorske predstave okolice. V enakem okolju se vsakič vzpostavijo enake celice prostorske mreže. Tvorijo se tudi v popolni temi, tako da gre za sistem, ki črpa podatke iz različnih virov. Novejši poskusi kažejo, da posamezni nevroni morda niso specializirani zgolj za eno samo funkcijo, denimo za označbo lokacije, meje, smeri ali mreže, ampak se lahko prožijo tudi pri več različnih funkcijah. John O'Keefe ter zakonca May-Britt in Edvard I. Moser so za svoje odkritje prostorsko občutljivih celic in raziskave možganskih mehanizmov zaznavanja prostora leta 2014 prejeli Nobelovo nagrado za medicino. (Vir: Outsider št. 13; Kvarkadabra, april 2018)

Aleš Lazar, univ. dipl. inž. geod.
Geoservis, d.o.o.
Litijska cesta 45, SI-1000 Ljubljana
e-pošta: lazarales@gmail.com

dr. Klemen Kregar, univ. dipl. inž. geod.
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: Klemen.Kregar@fgg.uni-lj.si

SLAVNOSTNA AKADEMIJA IN PRIZNANJA ZVEZE GEODETOV SLOVENIJE 2018

Jožica Marinko

Vsakoletni dogodek geodetov, ki je letos potekal 15. marca 2018 v Mariboru, je bil posvečen 7. evropskemu dnevu geodetov in informatikov. Dogodek, podnaslovljen *Geodet inženir*, je organizirala Zveza geodetov Slovenije (ZGS) pod pokroviteljstvom ministrstva za okolje in prostor Republike Slovenije ter v sodelovanju z Društvom geodetov severovzhodne Slovenije in širšo geodetsko strokovno javnostjo.

Četrtek popoldan je bil v okviru spremljevalnega programa rezerviran za simbolično odprtje razstavnega prostora, na katerem so se predstavljala podjetja, ki se ukvarjajo z geodezijo oziroma so z njo kakorkoli povezana. V nadaljevanju smo prisluhnili predstavitvi in programu generalnega sponzorja dogodka, podjetja Geoservis d.o.o., ob priložnostni 25-letnici poslovanja. Več o delovanju podjetja in novostih so nam povedali vodilni v podjetju, zanimiv del pa je prispeval g. Laszlo Gombas, regionalni zastopnik za Leica-Geosystems za srednjo, vzhodno in južno Evropo.

Večer je bil namenjen slavnostni prireditvi, kjer so nas s prisotnostjo počastili tudi širše prepoznavni domači in ugledni gostje iz tujine.



Slika1: Predstavniki ZGS z nagrajenci in gosti.

Uvodoma je spregovorila ministrica za okolje in prostor gospa Irena Majcen, ki je v nagovoru orisala pozitivno sodelovanje z geodeti še v njenih prejšnjih službah, ki je bilo intenzivno še v množičnih postopkih komasacij idr. Prav tako nam je dala potrditev glede dela, ki ga opravljamo, ter zagotovila podporo in izrazila razumevanje za ureditev nerešenih vprašanj na prostorski ravni.

Sledil je nagovor predsednika Zveze geodetov Slovenije mag. Blaža Mozetiča, ki je poudaril, da geodet inženir ni zgolj geodet v inženirju ali inženir v geodetu, ampak je pokončen človek, ki odlično opravlja poslanstvo obeh hkrati. Dejal je, da je na eni strani tudi popotnik in športnik, na drugi strani pa strasten ljubitelj sodobne tehnologije in nepopoljšljiv sanjač o vizijah prihodnosti.

Program so polepšale čudovite melodije glasbenih spremljevalcev, ki so nanizali nekaj priljubljenih skladb tujih in domačih avtorjev (The Beatles, Louisa Armstronga in drugih).

Kot poseben gost iz tujine, ki se je v preteklosti že večkrat odzval na vabila organizatorjev, je bil navzoč prof. dr. Rudolf Staiger, takrat še podpredsednik mednarodne zveze geodetov, od maja 2018 pa predsednik te organizacije. Predstavil je pomembnost naše stroke, njeno delovanje v smeri napredka, kakovosti podatkov, etike delovanja v našem poklicu in vrednot, za katere si je treba nenehno prizadevati. Letos je za nas posebno leto, saj je evropsko združenje pooblaščenih inženirjev geodezije CLGE skupaj z mednarodno zvezo geodetov FIG prvič organiziralo svetovni dan geodeta, ki je potekal v Washingtonu 21. marca 2018.



Slika 2: Prof. dr Rudolf Staiger.

Slovesnost, na kateri smo bili zbrani stanovski kolegi geodetske stroke, je bila kot vsako leto tudi priložnost, da smo predstavili požrtvovalno delo nekaterih, ki so bil z nami. Predsednik Zveze geodetov

Slovenije mag. Blaž Mozetič je podelil plakete svojim članom za njihov prispevek h geodetski stroki in izredne zasluge pri njihovem delovanju. Plaketo Zveze geodetov Slovenije so za neprecenljive zasluge in prizadevanja na področju svojega dela prejeli **Geodetski inštitut Slovenije**, podjetje **Geoservis d.o.o.** in g. **Iztok Slatinšek**.



Slika 3: Prof. dr. Rudolf Staiger (FIG), Andrej Bilban (Geoservis d.o.o.), mag. Blaž Mozetič ter moderator dogodka.

V četrtkovem večeru je nagrado iz rok predsednika Zveze geodetov Slovenije prejela tudi posebna mlada nagrajenka – Taja Koša, ki obiskuje vrtec Lendava. Na mednarodnem natečaju otroških risb s kartografsko tematiko na temo *Radi imamo karte*, ki je bil organiziran ob konferenci Mednarodnega kartografskega združenja v Washingtonu, prestolnici ZDA, in na katerega je prispelo 193 risb iz 34 držav, je njena risba z naslovom *Zemljevid življenja* prejela drugo nagrado ocenjevalne žirije v kategoriji do vključno 5 let.

Prireditve smo nadaljevali v sproščenem ozračju, ob zanimivih pogovorih in temah. Mogoče se je v večeru utrnila še marsikatera zamisel, pogovor kot povod za sodelovanje, poslovno partnerstvo ali tesnejše osebno prijateljstvo.

Jožica Marinko, za Zvezo geodetov Slovenije
e-naslov: jozica.marinko@gov.si

46. GEODETSKI DAN: GEODET INŽENIR

Jože Dajnko

V Mariboru je 26. marca 2018 potekal 46. Geodetski dan, ki je bil tematsko naravnani v pojem geodet inženir. Dogodek je organizirala Zveza geodetov Slovenije z Društvom geodetov severovzhodne Slovenije ter v sodelovanju z Ministrstvom za okolje in prostor RS, Geodetsko upravo RS, Geodetskim inštitutom Slovenije, Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo pri Univerzi v Ljubljani, Inženirsko zbornico Slovenije ter združenjem geodetskih izvajalcev GIZ-GI.

Tematika niti tokrat ni bila izbrana naključno, saj je sovpadala z uveljavitvijo kar treh zakonov, ki urejajo področje delovanja geodetske stroke.



Slika 1: Pozdravni nagovor mag. Blaža Mozetiča, predsednika Zveze geodetov Slovenije.



Slika 2: Pozdravni nagovor Antona Kupica, generalnega direktorja Geodetske uprave RS.



Slika 3: Pozdravni nagovor Jožeta Dajnka.



Slika 4: Uvodno predavanje prof. dr. Rudolfa Staigerja, Mednarodna zveza geodetov FIG.

Četrtekovega odprtju razstave o planinskih pohodih Društva geodetov severovzhodne Slovenije in razstavnega prostora ob 25-letnici delovanja Geoservisa ter slavnostni akademiji je v petek sledil še strokovni simpozij.

V uvodnem delu so polno dvorano nagovorili mag. Blaž Mozetič, predsednik Zveze geodetov Slovenije, Jože Dajnko, predsednik Društva geodetov severovzhodne Slovenije, Anton Kupic, generalni direktor Geodetske uprave RS, ter dr. Tilen Urbančič, podpredsednik programskega odbora.

Sledil je strokovni del s plenarnimi predavanji, na katerem je uvodne besede prof. dr. Rudolf Staiger namenil *Trendom in izzivom v inženirski geodeziji*. Sledilo je predavanje Markusa Zeireisa (iz Hexagona) z naslovom *Sodobne tehnologije za monitoring naravnih in grajenih objektov*.

Strategijo državne geodetske službe in strateške projekte je prikazal Tomaž Petek.



Slika 5: Markus Zeires, Hexagon.



Slika 6: Tomaž Petek, Geodetska uprava RS.

Sledilo je več zanimivih predavanj različnih avtorjev na temo geodeta inženirja, zato je bil tudi prostor, v katerem so potekala, polno zaseden.



Slika 7: Pogled na simpozij z ene strani.



Slika 8: Pogled na simpozij z druge strani.

V sklepnem delu plenarnih predavanj sta nam Jure Podbevšek in Andraž Muhič prikazala *Priprave letalnice bratov Gorišek in kontrola doskočišča* z vidika uporabe geodetskega znanja pri tako obsežnem projektu.

Spremljajoča razstava

Ob dogodku je bil v sosednjem prostoru pripravljen razstavni prostor Društva geodetov severovzhodne Slovenije s prikazom vsakoletnih srečanj geodetov na Uršlji gori ter kasneje na posameznih vrhovih širom severovzhodne Slovenije. Prisotni so bili tudi posamezni razstavljalci geodetskih instrumentov in

tehnologij, med katerimi bi izpostavil letošnjega slavljenca, podjetje Geoservis, v katerem zaznamujejo 25-letnico delovanja. Podjetje se ukvarja s prodajo in servisiranjem geodetskega instrumentarija ter programskih rešitev podjetja Leica oziroma sedaj Hexagon.

Zaključek je pripadal predstavniku društva, ki je bilo soorganizator dogodka, ter Boštjanu Puclju, predsedniku Društva geodetov Dolenjske, ki bo organiziralo naslednji Geodetski dan.



Slika 9: Pogled na razstavi prostor.



Slika 10: Predaja štafetne palice soorganizatorjev.

Gradiva Geodetskega dneva so na voljo na spletnih straneh dogodka, in sicer tako povzetki člankov (<http://www.drustvogeodetov-svs.si/search/label/ZBORNIK>) kot same predstavitve (<http://www.drustvogeodetov-svs.si/search/label/GRADIVO>), več o dogodku pa lahko najdete na spletni strani Zveze geodetov Slovenije (<http://www.zveza-geodetov.si>) in uradni strani Geodetskega dneva (<http://www.geodetskidan.si/>).

DUŠAN MRAVLJE, DEVETDESETLETNIK

Dalibor Radovan



Leta 1979, ko sem začel hoditi na fakulteto, mi je padel v oči uglajen in miren sivolas gospod v beli halji, ki je že na pogled deloval kot velik strokovnjak. V drugem letniku je bil prav on na vajah moj prvi stik s fotogrametrijo, ki jo je resnično obvladal do potankosti. Vedno je bil skromen in tih, čeprav je imel na Inštitutu za geodezijo in fotogrametrijo FGG (danes Geodetski inštitut Slovenije) za seboj že takrat bogato strokovno zgodovino, ki ji skorajda ni bilo para med slovenskimi fotogrametri.

Z njim sem delal vse od svoje zaposlitve leta 1984 do njegove upokojitve. Ko sem prvi dan prišel v službo, je položil predme debel izpis računalniškega programa za aerotriangulacijo. Bilo je komaj nekaj let po iznajdbi osebnega računalnika, vendar je Duško, kot so ga klicali starejši sodelavci, obvladal tudi programiranje, čeprav so v petdesetih letih prejšnjega stoletja, ko je diplomiral, za računanje uporabljali le mehanične »mlinčke«. Kupil si je knjige, podčrtal in preizkusil vse, od A do Ž, ter se v poznih popoldanskih urah naučil računalništva. Zaradi te študijske upornosti se je samostojno lotil še tako zahtevnih strokovnih problemov, pri katerih je večkrat oral ledino. Spominjam se, da je fotogrametrično snemal in obdeloval posnetke vsega mogočega, med drugim notranjosti človeškega želodca, štrleče čeljusti pacienta in deformirane hrbtenice na Meblovi vzmetnici.

Bil mi je mentor tudi pri naslednjem projektu, naročilu Evropske vesoljske agencije (ESA) za raziskavo primernosti kartiranja metričnih posnetkov ameriškega Space Laba. Moja prva službena pot je prav tako povezana z Duškom, ko sva v Nišu terestrično snemala ogromne rotorje za kopanje rudniških rogov. Na desetinko milimetra natančno – kot je bilo vse njegovo delo, ki ga je večkrat opravljal tudi ob sobotah. Ko je bila svetovna digitalna fotogrametrija še v povojih, je klasični analogni stereometrograf dal opremiti z elektronskimi senzorji za merjenje koordinat. Na njem je nadaljeval svoja številna izrednotenja posnetkov za objekte kulturne dediščine, od ljubljanske stolnice in Robbovega vodnjaka naprej, pa tudi za kontrolo deformacij gradbenih konstrukcij. V mladih letih je bil košarkar, zato je bil prav gotovo vesel tudi projekta, v katerem mu je bil zaupan nadzor postavitve jeklene konstrukcije Hale Tivoli leta 1964.

Vstop v njegov kabinet na inštitutu je bil vedno nekaj posebnega. Ogromni kupi knjig in projektnih elaboratov kar po tleh, stoli in mizi. Prostora je bilo le za odpiranje vrat, vendar je bilo vse na svojem mestu. Če si ga prosil za literaturo, jo je v tej navidezni zmešnjavi našel v nekaj sekundah. Skratka, zak-

ladnica znanja. Legendarne pa so bile njegove geodetsko-fotogrametrične ekspedicije v rudnike Alžirije in kanjone Črne gore sredi šestdesetih let, ko potovanje po teh krajih ni bilo niti enostavno niti varno. Zaradi tega so Dušku za na pot kupili tudi pravo pištolo, ki smo jo še pred nekaj leti vso zarjavelo hranili v trezorju inštituta kot spomin na pretekle geodetske pustolovščine.

Dušan Mravlje je bil rojen 8. aprila 1928 v Ljubljani. Že dolgo po zaposlitvi sem presenečen ugotovil, da je bil pravzaprav v mladih letih skoraj sosed mojega očeta in da sta se tudi poznala. Kljub vojni in odvedbi njegovega očeta v internacijo je šolanje končal z odličnim uspehom ter se leta 1946 vpisal na fakulteto, na kateri je diplomiral leta 1954 z nalogo *Uporaba fotogrametrije za revizijo katastrskih načrtov*. Inštitutu je bil zvest od 1. oktobra 1955 pa do upokojitve 30. septembra 1995 na položaju vodje oddelka za fotogrametrijo. Vmes je med letoma 1971 in 1995 dopolnilno služboval tudi na geodetskem oddelku UL FGG kot asistent za fotogrametrijo. Geodeziji in strokovnemu delu je bil vedno predan z vsem srcem. Pred kratkim je praznoval devetdeset let. Želimo mu veliko zdravja in mu čestitamo!



Slika 1: Na sindikalnem izletu z najožjimi sodelavci (z leve: Dušan Mravlje, Albina Pregl, Marjan Smrekar, Irena Schiffrer).



Slika 2: Geodetska ekspedicija v Alžirijo.

GENERALNA SKUPŠČINA MEDNARODNE ZVEZE GEODETOV 2018

ISTANBUL, 6. IN 11. MAJ 2018

Erna Flogie Dolinar

Letošnja generalna skupščina mednarodne zveze geodetov FIG je potekala v okviru mednarodnega kongresa FIG v kongresnem centru v Istanbulu. Tokratna skupščina je bila volilna in je bila izvedena v dveh delih, in sicer v ponedeljek, 6. maja 2018, ter petek, 11. maja 2018. Na uvodnem delu generalne skupščine, kjer je bilo prisotnih 58 delegatov, je dosedanja predsednica FIG Chryssyja Potsiouja predstavila poročilo o svojem delu in delu ožjega upravnega odbora. V nadaljevanju so se predstavili vsi kandidati, ki so kandidirali za različne položaje novega vodstva FIG v obdobju 2019–2022.



Slika 1: Mag. Erna Flogie Dolinar, Chryssyja Potsiouja (dosedanja predsednica FIG) in mag. Blaž Mozetič.

V petek, 11. maja 2018, je pred drugim delom generalne skupščine potekalo tradicionalno srečanje predsednice FIG s predsedniki oziroma vodji delegacij združenj članic FIG. Na srečanju se je razpravljalo o dobrih praksah v posameznih državah in o predlogih posamezne države glede razvoja FIG.

Petkovega dela generalne skupščine se je udeležilo rekordno število delegatov, in sicer 71. Glavni razlog za tako številčno udeležbo je bil vsekakor v tem, da so potekale volitve za novega predsednika FIG, za dva podpredsednika in predsednike delovnih komisij. Za Zvezo geodetov Slovenije oziroma Slovenijo je volilne lističe oddal mag. Blaž Mozetič, predstavnik ZGS.



Slika 2: Mag. Blaž Mozetič, predstavnik ZGS na volilni generalni skupščini FIG 2018.



Slika 3: Srečanje slovenske delegacije v sestavi mag. Alenka Grabner Marjetič, mag. Erna Flogie Dolinar, Marjana Duhovnik in mag. Blaž Mozetič z novim predsednikom FIG prof. dr. Rudolfom Staigerjem (v sredini).

Novoizvoljeno vodstvo mednarodne zveze geodetov za obdobje 2019–2022:

- predsednik FIG: prof. dr. Rudolf Staiger, DVW Nemčija;
- podpredsednika: Diane Dumashie, RICS, Velika Britanija, Jixian Zhang, CSSMG, Kitajska;
- predsedniki komisij: Winnie Shiu (komisija 1), David Mitchell (komisija 2), Hartmut Müller (komisija 3), Dan Roman (komisija 5), Maria João Henriques (komisija 6), Marije Louwsma (komisija 8), Melissa Harrington (Young Surveyors), Ben Elder (komisija 9).

Za slovenko delegacijo je bila najzanimivejša izvolitev novega predsednika FIG prof. dr. Rudolfa Staigerja, ki je kot podpredsednik FIG že dvakrat obiskal Slovenijo, in sicer kot slavnostni govornik na koncertu ob 60-letnici Geodetskega vestnika v Cankarjevem domu ter na letošnjem 46. Geodetskem dnevu v Mariboru.

Generalna skupščina je ob koncu kongresa odločila, da bo kongres FIG 2022 v Cape Townu v Južni Afriki.

Prihodnje leto bo delovni teden FIG od 22. do 26. aprila 2019 v Hanoju v Vietnamu. Več informacij lahko najdete na spletnih straneh zveze FIG: <http://www.fig.net/fig2019/>.

Mag. Erna Flogie Dolinar, za Zvezo geodetov Slovenije
e-naslov: erna.flogie-dolinar@gov.si

KONGRES MEDNARODNE ZVEZE GEODETOV 2018

ISTANBUL, 6. IN 10. MAJ 2018

Erna Flogie Dolinar

Od 6. do 10. maja 2018 je v Istanbulu v Turčiji potekal kongres mednarodne zveze geodetov FIG (fr. *Fédération Internationale des Géomètres*). Obiskalo ga je več kot 2300 udeležencev iz stotih držav. V štirih dneh je bilo izvedenih sto sklopov predavanj z več kot štiristo predstavljenimi dokumenti, vzporedno je potekalo 15 delavnic FIG, 10 sestankov tehničnih komisij, 11 srečanj s partnerji Svetovne banke, UN-Habitat/GLTN in FAO, 63 tehničnih sej, organizirani so bili tudi 3 preddogodki. Na kongresu je bilo mogoče prisluhniti zanimivim dosežkom in razpravam na širokem področju geodezije, katastrov, upravljanja prostora in geoinformatike. Predavanja so se izvajala v okviru tehničnih komisij in so bila vsebinsko zaokrožena.



Slika 1: Mag. Erna Flogie Dolinar (namestnica generalnega direktorja GURS) in mag. Blaž Mozetič (predsednik ZGS).

Cilj kongresa je bil delitev znanja in izkušenj v geodetski stroki med različnimi kulturami ter družbami ter povečanje zmožnosti ljudi in vlad za pravilno uporabo informacij in orodij za optimizacijo dejavnosti, ki so

zahtevane za doseg ciljev trajnostnega razvoja. Na kongresu je bilo poudarjeno, da je dogodek kraj srečanja mednarodne skupnosti geodezije – od raziskovalnih podjetij, strokovnih organizacij, akademskih krogov, geoprostorske programske opreme do ponudnikov storitev, vlad, inženirskih podjetij in zainteresiranih strani. Tema razburljive tedenske konference je bila *Sprejemanje pametnega sveta, na katerem se povezujejo celine: povečanje geoprostorske zrelosti družb*. Znanstveniki, strokovnjaki, menedžerji, oblikovalci politik in nosilci odločanja, zainteresirane strani in študentje z vsega sveta se danes in v prihodnje vključujejo v razprave o vprašanjih, ki zadevajo mednarodno geodetsko, geoinformaicjsko in prostorsko skupnost.

Šele pred nekaj leti je bila opredeljena potreba po zagotavljanju zanesljivih dokazov na podlagi odprtih in/ali nizkocenovnih podatkov, ki bodo opisali »prostorsko omogočeno« družbo. Toda danes se že zavedamo dodatne naloge: zagotoviti moramo, da družba in vlade te podatke in orodja uporabljajo inteligentno. Izziv za poklic geodeta je, da se ustrezno razvije nadaljnje veščine za povečanje uporabnosti takšnih prostorskih podatkov, da se obdelajo razpoložljive informacije in razvijejo ustrezna orodja, ki bodo družbam omogočila, da »odkrijejo« manjkajoče informacije in zmanjšajo neenakosti.



Slika 2: Slovenska delegacija na kongresu FIG v Istanbulu: mag. Erna Flogie Dolinar, Marjana Duhovnik, mag. Blaž Mozetič in mag. Alenka Grabner Marjetič.

Na kongresu je bilo poudarjeno, da je družbo mogoče šteti za prostorsko, kadar so državi, državljanom in podjetjem na voljo lokacijske in prostorske informacije za spodbujanje ustvarjalnosti in razvoja ter sprejemanje pravih odločitev. Če želimo povečati vrednost geoprostorskih podatkov, moramo zagotoviti več koristi, več varnosti, večjo okoljsko kakovost, večjo rast, večjo pravičnost, večjo izobrazbo, večjo enakost spolov in večjo učinkovitost pri upravljanju mestnih in podeželskih območij. Potreben je

prehod od »prostorsko omogočene« družbe do »prostorsko zrele« družbe za odločanje. Ta prehod zahteva množično ustvarjanje in uporabo podatkov, razširjeno uporabo cenovno dostopnih pametnih naprav, vse večje hitrosti prenosa podatkov, zagotavljanje kakovosti, kognitivno računalništvo za izboljšanje odločanja ljudi in zagotavljanje informacij.

Velik poudarek je tudi na področju BIM (angl. *building information modeling*), s katerim se spreminja način delovanja geodetov. Predstavljena so bila teoretična ozadja metode BIM (koncepti, potek dela in standardov), izkušnje iz najboljših praks velikih projektov ter malih in srednje velikih podjetij (z vidika geodetov), podane informacije o inovativni BIM-programski opremi (geodetska raziskava, integracija in sodelovanje z BIM, CAD, GIS).

Med predavanji velja izpostaviti plenarna predavanja vrhunskih strokovnjakov iz akademske sfere, javne uprave in zasebnega sektorja. V okviru kongresa je bila organizirana tudi razstava, na kateri so se predstavljala svetovna podjetja s področja geodezije in geoinformatike.

11. DELAVNICA KOMISIJE ZA PLANINSKO KARTOGRAFIJO PRI MEDNARODNEM KARTOGRAFSKEM ZDRUŽENJU ICA

HVAR, HRVAŠKA, 21.–25. 5. 2018

Dušan Petrovič

11. bienalna delavnica komisije za planinsko kartografijo pri mednarodnem kartografskem združenju ICA je letos potekala konec maja v mestu Hvar na istoimenskem dalmatinskem otoku. Delavnice vedno organiziramo v predelih različnih gorstev po svetu in ker so dalmatinski otoki sestavni del (sicer delno potopljenih) Dinaridov, nismo prav nič odstopali od tradicije, pri tem pa delavnici za spremembo dodali morski pridih.

Dogodek je pritegnil 44 udeležencev, ki smo prišli iz 13 držav iz Evrope, Severne Amerike, Azije in Nove Zelandije. Med njimi smo bili trije predstavniki Slovenije, ob čemer sva imela sam kot vodja komisije in dr. Klemen Kozmus Trajkovski kot urednik spletne strani poleg strokovnih predstavitev tudi nekaj dodatnega organizacijskega dela. Štirim mlajšim kolegom je udeležbo s finančnim prispevkom omogočila ICA, ena od prejemnic je bila tudi Maša Arnež, študentka Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani.



Slika 1: Udeleženci delavnice.



Slika 2: Zbrani na vrhu Hvara – Sv. Nikola, 626 metrov.

V skladu z uveljavljeno tradicijo je večina udeležencev delavnice predstavila svoje dosežke, projekte in izdelke z različnih področij, bolj ali manj povezanih s kartografskim uporabljanjem gorskega sveta. Izmenjavali smo si izkušnje in mnenja o novostih in idejah pri pridobivanju podatkov, kartografskem oblikovanju in upodabljanju gorskih območij.

Zadnji dan delavnice smo se povzpeli na najvišji vrh Hvara, 626 metrov visoki Sv. Nikola. Po dveh zaporednih srečanjih v Evropi bo naslednja delavnica leta 2020 najverjetneje v Severni Ameriki.

Dušan Petrovič

*Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
e-naslov: dusan.petrovic@fgg.uni-lj.si*

KONEC PRVE SEZONE GEODEV MEETUPOV

Anja Vrečko, Nejc Dougan

Tematski večeri GeoDev meetup so srečanja, namenjena izmenjavi izkušenj vseh, ki se kakorkoli ukvarjajo s prostorskimi podatki. Podrobneje smo jih predstavili že v prvi številki letošnjega Geodetskega vestnika. V prvi sezoni smo načrtovali in izvedli štiri srečanja. Dobro je, da se na tej prelomni točki spomnimo preteklih dogodkov ter podamo nekaj opažanj in orisov za nadaljnje delo.

Dogajanje na prvih dveh meetupih je že bilo predstavljeno, začnimo torej s kratkim poročilom s tretjega dogodka. Potekal je 13. marca 2018, osrednja tematika večera je bila obdelava in uporaba satelitskih posnetkov. Svoje delo sta predstavila:

- 1) Marko Repše, Sinergise: brezoblačni mozaiki satelitskih posnetkov s Sentinel Hubom;
- 2) Anže Zupanc, Sinergise: spremljanje površine vode jezov in jezer s kavča.

Četrty GeoDev meetup, ki se je zgodil 22. maja 2018, pa je postregel s temama:

- 1) Klemen Lovenjak, FGG: avtomatska izdelava digitalnega modela reliefa na podlagi podatkov s portala eVode;
- 2) Matej Račič, FRI: dosežki in aplikacije nevronske mreže.



Slika 1: Utrinek z zadnjega tematskega večera.

Obeh srečanj se je po ocenah organizatorjev udeležilo približno 60 posameznikov. Že med predavanji je bilo nekaj vprašanj iz občinstva, kar priča o zanimivosti tem in/ali angažiranosti občinstva. Najzanimivejši pogovori so se po navadi razvili ob druženju, ki je sledilo uradnem delu. Vsi dogodki so potekali v Poligonu in so, seveda, brez vstopnine. Prav sproščeno ozračje, aktualnost tem in odprtost/dostopnost za vse so po najinem mnenju glavne prednosti GeoDev meetupov, ki jih želiva ohranjati tudi v prihodnje.

Z enim očesom tako že pogledujeva v novo sezono. Načrti za v prihodnje so, da bi nekaj srečanj izvedli v obliki delavnic. Udeleženci so dali tudi pobudo, da bi predavanja posneli in objavili na spletu. Želiva si tudi še bolj spodbujati izmenjavo izkušenj in znanj med udeleženci tako na samih srečanjih kot prek socialnih omrežij (platforma Meetup: <https://www.meetup.com/GeoDev-Meetup-Slovenia/>, facebook: <https://www.facebook.com/geodevslovenia/>).

Tu bi se želela zahvaliti vsem, ki podpirajo projekt: Ljubljanskemu geodetskemu društvu, podjetjem Flycom, Sinergise in DFG. Vsem, ki so predstavljali svoje delo, in še posebej vsem, ki so se dogodkov udeležili.

Vsi pa ste v jeseni lepo vabljeni na naslednji niz dogodkov.

DGD NA OBISKU V OBMEJNIH KRAJIH MED SLOVENIJO IN ITALIJO

Melita Rataj

Člani DGD smo se letos podali na strokovno ekskurzijo v bližnje kraje, in sicer smo obiskali zahodni del Slovenije ter čezmejno območje v Italiji. Na pot smo se podali v zgodnjih jutranjih urah ter se mimo Kranjske Gore in Rateč zapeljali do Belopeških jezer na italijanski strani. Tam smo imeli prvi postanek in se podkrepili z zajtrkom iz prtljažnika. Nadaljevali smo vožnjo skozi Trbiž, mimo naselij Žabnica, Ukve, Naborjet, Tablje in Bila v Rezijo, kjer se v prelepi dolini trudijo ohranjati slovenske korenine. Osrednje naselje je Ravenca (Preto di Resia).

Tam smo se nekoliko dlje zadržali v kulturnem domu, kjer nam je prijeten domačin predstavil kraje, njihovo zgodovino, govorico in običaje. Predvsem nas je očaral njihov trud za ohranjanje slovenstva na tem koščku Italije – vse to kljub bližini domače domovine, od katere pa so vendar marsikdaj odmaknjeni oziroma iz različnih razlogov pozabljeni. Ogledali smo si tudi Solbico, ki še ohranja arhitekturno podobo stare rezijanske vasi. V kraju je tudi muzej brusačev, ki so nekoč hodili po vsem svetu. V prenovljeni rezijanski hiši smo seveda prisluhnilli rezijanskim pravljam. Z velikim navdušenjem se trudi vsaj del teh Slovencev ohranjati svojo zgodovino.



Slika 1: Službeno vozilo rezijanskih brusačev.

Naslednji postanek je bil v mestu Čedad. Kratek sprehod po glavnem trgu do bazilike in prek znamenitega Hudičevega mostu. Nadaljevali smo vožnjo do Sežane, kjer smo v osrčju Krasa obiskali vinsko klet Vinakrasa Sežana, ki ima s trto zasajenih več kot 50 hektarjev vinogradov. Poskusili smo njihova odlična vina, med katerimi seveda izstopa teran PTP. V Sežani smo tudi prenočili.



Slika 2: Nasmejani v vinski kleti.

Po zajtrku je sledila vožnja proti Trstu. Na poti smo si ogledali Briško jamo (Grotta Gigante), ogromno kraško jamo ob slovensko-italijanski meji. Osrednja dvorana je visoka 107 metrov, široka 65 metrov



Slika 3: Nihali v jami.

in dolga 130 metrov. Vanjo vodi približno petsto stopnic. Velika višina in stalna temperatura sta spodbudili namestitev dveh geodetskih nihal, dolgih po približno 100 metrov, ki sta zaščiteni s plastičnima cevema, in merita tudi zelo majhne tektonske premike. Nihali sta največji na svetu. Poleg njiju so v jami nameščeni drugi znanstveni instrumenti, med njimi seizmometer, seizmograf, klinometer in instrument za merjenje vsebnosti radioaktivnega radona. Vsi so povezani z Univerzo v Trstu.

Nadaljevali smo pot do Trsta, kjer smo se sprehodili po središču (Piazza Unita d'Italia, vladna palača, občinska palača, kip Karla VI. ...) ter občutili pravi utrip tržaškega življenja in tudi dežno ploho. Kot v starih časih, ko smo hodili v Trst po kavbojke, smo se seveda tudi tokrat razgledali po njihovih trgovinah in iskali ugodne nakupe, seveda ne vsi. Sledil je obisk romantičnega gradu Miramare. Ogledali smo si snežno bel grad, obdan s čudovitim parkom. Bogata opremljenost dvorca še danes priča o načinu življenja znanih kraljevih rodbin v 19. stoletju.

Nadaljevali smo vožnjo v Koper, med katero smo se seznanili s krajšo zgodovino višinske mreže na Slovenskem in dejavnostmi na mareografski postaji Koper. Postajo smo si potem tudi ogledali. Sledil



Slika 4: Udeleženci pri mareografski postaji v Kopru.

je sprehod po ulicah Kopra ali pa končno spet kakšno pivo. Nadaljevali smo vožnjo proti Senožečam, kjer smo imeli zaključno večerjo. Med potjo smo nazdravili še okroglemu jubileju našega predanega in skrbnega »kletarja« Mirana.

Zopet smo ugotavljali, da – kamor koli gremo – se imamo fajn.

Melita Rataj, za Dolenjsko geodetsko društvo DGD
e-naslov: melita.rataj@gov.si

Fotografije: Janko Novak, za Dolenjsko geodetsko društvo DGD

STROKOVNA EKSURZIJA ŠTUDENTOV GEODEZIJE V CELJE

Mateja Krivic, Jernej Tekavec, Anka Lisec

Na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo pri Univerzi v Ljubljani v skladu s cilji študijskih programov v vsebine dodiplomskih študijev vključujemo tudi predavanja strokovnjakov iz prakse in strokovne obiske. Študenti 3. letnika dodiplomskega študijskega programa *geodezija in geoinformatika* ter 1. letnika magistrskega študija *prostorsko načrtovanje* so tako v okviru rednih študijskih obveznosti obiskali Celje.

Mestna občina Celje je pripravila zanimiv program, v katerem so njeni predstavniki orisali aktualne evropske projekte. Pri tem so izpostavili projekt *Interreg Central Europe – Greener Sites*, v okviru katerega ima mestna občina zagotovljenih skoraj 50 % sredstev za izvajanje okoljskih raziskav na pilotnem območju



Slika 1: Udeleženci ekskurzije pred Pokrajinskim muzejem v Celju.

stare Cinkarne. V okviru navedenega projekta bo občina pridobila dodatne informacije o potencialni globinski onesnaženosti celotne zemljine ter začela monitoring značilnosti in kakovosti podtalne vode na območju. Testirali bodo najustreznejše okoljske metode za odpravo onesnaženosti zemljine ter pridobili variantne študije možnih okoljskih in ekonomskih revitalizacij celotnega območja.

Predstavniki oddelka za okolje in prostor ter komunalo so predstavili zanimive urbanistične rešitve za izbrane dele mesta Celje, pri čemer so poudarili tudi pomen kakovosti podatkov, vključno z geodetskimi podlagami, za načrtovanje in projektiranje ter umeščanje rešitev v prostor. Izredno velik izziv mestne občine Celje je povezan z zagotavljanjem poplavne varnosti, kjer smo posebej razpravljali tudi o pomenu kakovostnih višinskih podatkov o obstoječih in načrtovanih elementih v prostoru. Vsekakor pa velja izpostaviti prostorski portal mestne občine Celje, na katerem imajo občani zagotovljen dostop do pomembnih informacij o prostoru, lahko pa tudi participirajo s posredovanjem pomembnih informacij za mestno občino, kot so na primer napake ali poškodbe na javni infrastrukturi (<https://prostor.celje.si/>). Po besedah predstavnikov mestne občine Celje je postala prostorska podatkovna infrastruktura s kakovostnim geografskim informacijskim sistemom temelj za delovanje lokalne skupnosti, zato občina tudi vplaga v razvoj sodobnih geoinformacijskih rešitev.

Strokovni obisk smo sklenili z vodenima ogledoma starega dela mesta Celje ter *razstave Celeia – mesto pod mestom*. Arheološko razstavišče Pokrajinskega muzeja v kleti Knežjega dvora je največja predstavitev ostankov rimske Celeie »in situ«. Tudi bogata arheološka najdišča so velik izziv za upravljanje mesta ter prostorsko načrtovanje.

V imenu udeležencev ekskurzije in UL FGG bi se ob tej priložnosti želeli zahvaliti predvsem mestni občini Celje za pripravo in izvedbo izredno zanimivega programa ter strokovne razprave. Prav tako hvala Pokrajinskemu muzeju Celje za strokovno prilagojeno predstavitev »mesta pod mestom« inženirjem in prostorskim načrtovalcem.

Mateja Krivic, Jernej Tekavec in Anka Lisec

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

e-naslov: mateja.krivic@fgg.uni-lj.si, jernej.tekavec@fgg.uni-lj.si, anka.lisec@fgg.uni-lj.si

IN MEMORIAM JANEZU SAŠKU



(1940–2018)

V sredo, 9. maja 2018, popoldne smo se na pokopališču na Otočcu ob Krki poslovili od stanovskega kolega – geometra Janeza Saška (1940–2018). Zbralo se je kakšnih 80 ljudi, pretežno geodetov in gozdarjev. Pred mrliško vežico je prisotne najprej nagovoril Saškov stanovski kolega geometer in prvi župan (1994–1998) mestne občine Novo mesto Franci Koncilija. Uvodoma je izpostavil minljivost človeškega življenja, na kar ne opozarjajo samo literati v svojih delih, omenil je pesnika Franceta Prešerna (Memento mori) in Otona Župančiča, ampak tudi knjiga vseh knjig, ki še posebej opozarja na pomen človeške eshatološke razsežnosti.

Janez Sašek se je rodil 27. decembra 1940 na Zajčjem Vrhju ob vznožju slikovitih Gorjancev, območju, ki je bilo kmalu po drugi svetovni vojni prava zibelka geodetskih poklicev. Med njegovim odraščanjem je bilo v Sloveniji veliko povpraševanja po operativnih strokovnih poklicih, kot so bili gradbeni tehniki in geometri, saj brez njih ni bilo mogoče graditi šol, cest, hiš, stanovanjskih blokov itd. Nadobudni Janez je tako kmalu začutil, kaj bo njegov poklic, zato je po rednem šolanju na Dolžu in v Stopičah odšel na Srednjo gradbeno tehniško šolo v Ljubljano, geodetski odsek, kjer je po štirih letih šolanja postal geometer.

Še kot pastir je na vaški gmajni občudoval lepoto narave, kasneje pa je z zaposlitvijo na takratnem novomeškem gozdnem gospodarstvu od 1. maja 1971 nadgrajeval svoje znanje o geodeziji z delom v širnih gorjanskih in drugih gozdovih na Dolenjskem. Pri delu na gozdnem gospodarstvu se je specializiral za načrtovanje gozdnih cest, pred upokojitvijo pa je nekaj časa delal tudi kot samostojni geodetski izvajalec. Janez Sašek je bil tudi aktivni soustvarjalec številnih dogodkov v okviru Dolenjskega geodetskega društva (DGD), ki ga je kot predsednik uspešno vodil med letoma 1983 in 1986.

V nadaljevanju poslovnega govora je bilo še povedano, da sta takrat na Dolenjskem dominirala dva, po stroki zelo prepoznavna geometra: na področju urejanja kmetijskih zemljišč je bil to pokojni Alojz Pucelj, na področju urejanja gozdnih zemljišč pa Janez Sašek. Skrajni čas je že, da bi nekdo, v zahvalo Alojzu in Janezu, pa tudi za večjo prepoznavnost geodezije na Dolenjskem, obdelal tudi ti pionirski področji zemljemerstva na Dolenjskem.

Na koncu je govornik Franci Koncilija izpostavil človeške vrline pokojnega Janeza Saška, saj je bil vesele

narave in je s svojim prešernim smehom osvajal sogovornike. Čeprav so bila srečanja starih kolegov v Novem mestu zadnje čase zaradi Saškove hude bolezni vse redkejša, ga bodo vsi pogrešali, še posebej njegovi najbližji ...

Vsi, ki so pobliže poznali Janeza, so vedeli, da so bili širni dolenski gozdovi njegov drugi dom. Samo on ve, kako jih je doživljal, predvsem njihovo pomirjajočo tišino, v katero se je tako rad zatekal, saj ga je vedno osrečevala in pomirjala, tišino, ki jo sedaj na poseben način neprestano uživa skupaj s svojim Stvarnikom. Vsi prisotni na slovesu ob Janezovem grobu so bili enotnega mnenja, da je bil geometer Janez Sašek najprej dober človek, ki je rad pomagal ljudem, hkrati pa odličen strokovnjak z bogatimi delovnimi izkušnjami.

Dragi Janez, počivaj v miru.

KOLENDAR STROKOVNIH SIMPOZIJEV

V OBDOBJU JULIJ–SEPTEMBER 2018

Aleš Lazar

V SLOVENIJI

-
- | | |
|--------------------|--|
| 26. september 2018 | Simpozij GIS v Sloveniji
Ljubljana, Slovenija
Spletna stran: http://giss.zrc-sazu.si/ |
| 26. september 2018 | Lokacijska izboljšava podatkov zemljiškega katastra
Ljubljana, Slovenija
Spletna stran: http://www.izs.si/izobrazevanja/ |
-

V TUJINI

-
- | | |
|-------------------|---|
| 3.–6. julij 2018 | GI_Forum 2018
Salzburg, Avstrija
Spletna stran: http://www.gi-forum.org/ |
| 3.–6. julij 2018 | Data Analytics & Visualization Summer School
Toronto, Kanada
Spletna stran: http://www.lassondecreatedav.ca/ |
| 4. julij 2018 | AGIT 2018
Salzburg, Avstrija
Spletna stran: http://www.agit.at/ |
| 7.–10. julij 2018 | National Security and Public Safety Summit
San Diego, ZDA
Spletna stran: https://www.esri.com/ |
| 9.–12. julij 2018 | 38th EARSeL Symposium 2018
Chania, Kreta, Grčija
Spletna stran: http://symposium.earsel.org/38th-symposium-Chania/ |
-

-
- 12. julij–1. avgust 2018** **Laboratory of Places 2018 History, Survey, Evolution**
Domodossola, Italija
Spletna stran: <http://www2.isprs.org/commissions/comm2/wg8/events/laboratory-of-the-place-2018.html>
-
- 16.–19. avgust 2018** **3rd BIRDS International workshop & The 8th International Workshop for application of satellite data for Mongolian Environment**
Ulan Bator, Mongolija
Spletna stran: <http://sas.num.edu.mn/birds2018/>
-
- 19.–20. avgust 2018** **10th IAPR Workshop on Pattern Recognition in Remote Sensing**
Peking, Kitajska
Spletna stran: <http://www.pf.bgu.tum.de/isprs/prs18/>
-
- 19.–23. avgust 2018** **SPIE Optics + Photonics 2018**
San Diego, ZDA
Spletna stran: http://spie.org/conferences-and-exhibitions/optics-and-photonics?wt.mc_id=ropcaw&utm_id=ropcaw&SSO=1
-
- 27. avgust–2. september 2018** **ISPRS WG IV/4 & FOSS4G 2018**
Dar es Salaam, Tanzanija
Spletna stran: <https://2018.foss4g.org/>
-
- 3.–5. september 2018** **International Conference on Geomatic and Geospatial Technology 2018**
Kuala Lumpur, Malezija
Spletna stran: <http://www.geoinfo.utm.my/ggt2018>
-
- 4.–7. september 2018** **Eurasian GIS 2018**
Baku, Azerbajdžan
Spletna stran: <http://eurasiangis2018.selcuk.edu.tr/>
-
- 5. september 2018** **International Conference on 3D Vision**
Verona, Italija
Spletna stran: <http://3dv18.uniud.it/>
-
- 5.–7. september 2018** **1st EARSeL Workshop UAS**
Varšava, Poljska
Spletna stran: <http://uas.earsel.org/workshop/1st-uas-ws/>
-

10.–14. september 2018 15th International Circumpolar Remote Sensing Symposium

Potsdam, Nemčija

Spletna stran: <https://alaska.usgs.gov/science/geography/CRSS2018/index.php>

10.–14. september 2018 15th International Circumpolar Remote Sensing Symposium

Potsdam, Nemčija

Spletna stran: <https://alaska.usgs.gov/science/geography/CRSS2018/index.php>

12.–16. september 2018 The International Symposium on Cultural Heritage Conservation and Digitization

Peking, Kitajska

Spletna stran: <http://www.chcds.org>

13.–14. september 2018 10th Summit on Earth Observation Business

Pariz, Francija

Spletna stran: <http://www.earth-observation-business.com/en>

18.–20. september 2018 International Symposium on the Use of Space Technologies to Support Natural and Cultural Heritage Sites

City of Campeche, Mehika

Spletna stran: <http://www.isprs.org>

18.–21. september 2018 INSPIRE Conference 2018

Antwerpen, Belgija

Spletna stran: <https://inspire.ec.europa.eu/events/inspire-conference-2018>

24.–26. september 2018 5th Joint Workshop "Urban Remote Sensing – Challenges & Solutions"

Bochum, Nemčija

Spletna stran: <http://urs.earsel.org/workshop/2018-urs-ws/home/>

24.–26. september 2018 The International Symposium and Workshops on "A Smart Sustainable Future for All 2018"

Melbourne, Avstralija

Spletna stran: <http://ssf2018.com/>

24.–27. september 2018 18th International Scientific and Technical Conference

Hersonissos, Kreta, Grčija

Spletna stran: <http://conf.racurs.ru/conf2018/eng/>

24.–28. september 2018 FIG Commission 7 Annual Meeting and International Seminar on "Cadastre in a digital world - Nordic and Global Perspectives"

Bergen, Norveška

Spletna stran: <http://com7fig.wixsite.com/fig-commission7-2018>

26.–28. september 2018 2nd TeanGeo 2018

Tunis, Tunizija

Spletna stran: <http://www.teangeo.org/En/>

Spletna stran: <http://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/unispaceplus50/index.html>

Sporočila s podatki o nacionalnih in mednarodnih kongresih, simpozijih in srečanjih s področja geodezije, upravljanja zemljišč in na splošno geoinformatike v Sloveniji ali tujini pošiljajte na e-naslov: **lazarales@gmail.com**.

Aleš Lazar, univ. dipl. inž. geod.

Geoservis, d.o.o.

Litijska cesta 45, SI-1000 Ljubljana

e-naslov: lazarales@gmail.com



 **hidroinženiring d.o.o.**

Projektiranje in inženiring hidrotehničnih objektov,
čistilnih naprav in drugih nizkih gradenj
Slovenčeva 95, 1000 Ljubljana, Slovenija



■ Authorized **Leica Geosystems** Distributor

1993 - 2018



Svetovanje in storitve s področja nepremičnin, infrastrukture in prostora

- **Slovenija**
- **Hrvaška**
- **Srbija**
- **Makedonija**

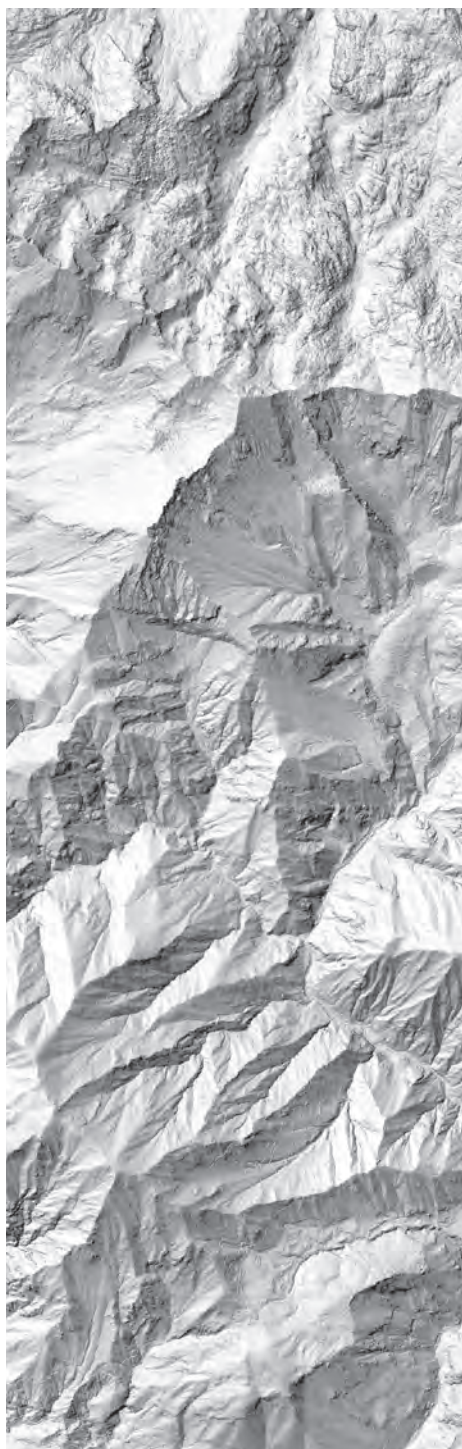
Real estate and spatial management

- **Slovenia**
- **Croatia**
- **Serbia**
- **Macedonia**

Upravlajmo s prostorom - SKUPAJ

Let's manage e-spatially - TOGETHER

www.igea.si



Podoba analitičnega senčenja DMR1
Laserskega skeniranja Slovenije 2014–2015

GEODETSKI INŠTITUT SLOVENIJE

- Geodetski referenčni sistem, SIGNAL
- Prostorski podatki, statistike in analize
- Nepremičninske evidence in upravljanje z nepremičninami
- Daljinsko zaznavanje, fotogrametrija in lasersko skeniranje
- Hidrografija
- Kartografija
- Geografski informacijski sistemi (GIS)
- Lokacijske storitve in navigacija
- Izdelki za orientacijo in mobilnost ranljivih skupin
- Razvoj kazalnikov in večrazsežna vizualizacija
- Priprava in vodenje mednarodnih projektov
- Izobraževanje
- Izdelava prostorskih maket
- Grafične storitve

Geodetski inštitut Slovenije, Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana
tel.: 01 200 29 00, faks: 01 425 06 77, e-pošta: info@gis.si
medmrežje: www.gis.si



PRIHODNOST JE TREBA ŠE ZGRADITI

TE ZANIMA ZNANSTVENORAZISKOVALNO DELO NA PODROČJU GRADBENIŠTVA, GEODEZIJE, NAČRTOVANJA IN UREJANJA PROSTORA, GEOLOGIJE ALI VARSTVA OKOLJA? SPREJMI IZZIV IN SE VPIŠI NA DOKTORSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRAJENO OKOLJE ALI VARSTVO OKOLJA.

BOŠ ZRAVEN, KO SE BO GRADILA PRIHODNOST?

30 razpisnih mest za Grajeno okolje

15 razpisnih mest za Varstvo okolja

<https://www.fgg.uni-lj.si/navodila-za-vpis-na-3-stopnjo-studija>

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo



