



GEODETSKI

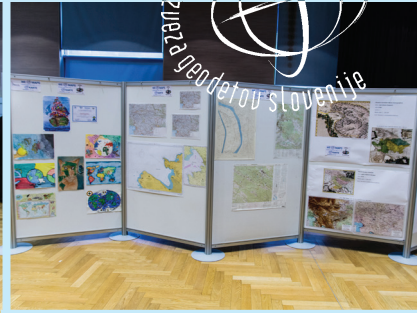
2016

V E S T N I K

ISSN 0351-0271

Letn. 60 | št. 1

Vol. 60 | No. 1





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, DOAJ, 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 indexed and abstracted in Social Sciences Citation Index (SSCI), Social Scisearch (SSCI) 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, DOAJ, 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 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.

GEODETSKI VESTNIK

UDK 528=863
ISSN 0351-0271
EISSN 1581-1328



Letnik 60, št. 1, str. 1–184, Ljubljana, marec 2016. Izidejo štiri številke na leto. Naklada te številke: 1200 izvodov.

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

IZDAJATELJ

Zveza geodetov Slovenije

Zemljemerska ulica 12, SI-1000 Ljubljana

E-naslov: info@geodetski-vestnik.com

MEDNARODNI UREDNIŠKI ODBOR

Dr. Ivan Aleksić (Beograd, Srbija)
Dr. Branislav Bajat (Beograd, Srbija)
Dr. Tomislav Bašić (Zagreb, Hrvaška)
Dr. Øystein Jakob Bjerva (Ås, Norveška)
Dr. Giuseppe Borruso (Trst, Italija)
Dr. Raffaella Cefalo (Trst, Italija)
Dr. Urška Demšar (St Andrews, Velika Britanija)
Dr. Henrik Harder (Aalborg, Danska)
Dr. Thomas Kalbro (Stockholm, Švedska)
Dr. Reinfried Mansberger (Dunaj, Avstrija)
Leiv Bjarte Mjøes (Bergen, Norveška)
Dr. Gerhard Navratil (Dunaj, Avstrija)
Dr. Kristof Oštir (Ljubljana, Slovenija)
Dr. Andrea Pódör (Székesfehérvár, Madžarska)
Dr. Alenka Poplin (Iowa, ZDA)
Dr. Anton Prosen (Ljubljana, Slovenija)
Dr. Miodrag Roić (Zagreb, Hrvaška)
Dr. Balázs Székely (Freiburg, Nemčija)
Dr. Joc Triglav (Murska Sobota, Slovenija)
Dr. Arvo Vitikainen (Aalto, Finska)
Dr. John Weber (Michigan, ZDA)
Dr. Klemen Zakšek (Hamburg, Nemčija)

IZDAJATELJSKI SVET

Mag. Blaž Mozetič, *predsednik Zveze geodetov Slovenije*
Mag. Erna Flogie Dolinar, *generalna sekretarka Zveze geodetov Slovenije*
Dr. Anka Lisec, *glavna in odgovorna urednica*
Sandi Berk, *urejanje rubrike Strokovne razprave*
Erik Karbič
Mag. Mojca Foški, *tehnično urejanje in oblikovanje*

TEHNIČNO UREJANJE IN OBLIKOVANJE

Mag. 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*

GLAVNA IN ODGOVORNA UREDNICA

Dr. Anka Lisec

Tel: +386 1 4768 560

E-naslov: urednik@geodetski-vestnik.com

PODROČNI IN PODPODROČNI UREDNIKI

Dr. Bojan Stopar, *področni urednik za geodezijo*
Dr. Radoš Šumrada, *področni urednik za geoinformatiko*
Dr. Božena Lipej, *področna urednica za upravljanje in evidentiranje nepremičnin*
Dr. Alma Zavodnik Lamovšek, *področna urednica za načrtovanje in urejanje prostora*
Tomaž Petek, *upravno področje, Geodetska uprava Republike Slovenije*
Miran Brumec
Dr. Marjan Čeh
Mag. Samo Drobne
Mag. Erna Flogie Dolinar
Dr. Dušan Kogoj
Dr. Božo Koler
Dr. Mojca Kosmatin Fras
Dr. Miran Kuhar
Dr. Dušan Petrovič
Dr. Dalibor Radovan
Dr. Maruška Šubic Kovač

LEKTORIRANJE

 Manica Baša

UREJANJE SPLETNIH STRANI

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

TISK

 Geodetski inštitut Slovenije

DISTRIBUCIJA

 Janez Goršič

TRŽENJE (OGLASNO TRŽENJE)

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

GEODETSKI VESTNIK

UDK 528=863
ISSN 0351-0271
e-ISSN 1581-1328



Vol. 60, No. 1, pp. 1–184, Ljubljana, Slovenia, March 2016. Issued four times a year. Circulation: 1,200 copies.
Free on-line access to the colour version at <http://www.geodetski-vestnik.com>.

PUBLISHER

Association of Surveyors of Slovenia
Zemljemerska ulica 12, SI-1000 Ljubljana, Slovenia
E-mail: info@geodetski-vestnik.com

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

Ivan Aleksić, Ph.D. (Belgrade, Serbia)
Branislav Bajat, Ph.D. (Belgrade, Serbia)
Tomislav Bašić, Ph.D. (Zagreb, Croatia)
Øystein Jakob Bjerva, Ph.D. (Ås, Norway)
Giuseppe Borruso, Ph.D. (Trieste, Italy)
Rafaela Cefalo, Ph.D. (Trieste, Italy)
Urška Demšar, Ph.D. (St. Andrews, Great Britain)
Henrik Harder, Ph.D. (Aalborg, Denmark)
Thomas Kalbro, Ph.D. (Stockholm, Sweden)
Reinfried Mansberger, Ph.D. (Vienna, Austria)
Leiv Bjarte Mjøs (Bergen, Norway)
Gerhard Navratil, Ph.D. (Vienna, Austria)
Krištof Oštir, Ph.D. (Ljubljana, Slovenia)
Alenka Poplin, Ph.D. (Iowa, USA)
Andrea Pödör, Ph.D. (Székesfehérvár, Hungary)
Anton Prosen, Ph.D. (Ljubljana, Slovenia)
Miodrag Roić, Ph.D. (Zagreb, Croatia)
Balázs Székely, Ph.D. (Freiburg, Germany)
Joc Triglav, Ph.D. (Murska Sobota, Slovenia)
Arvo Vitikainen, Ph.D. (Aalto, Finland)
John Weber, Ph.D. (Michigan, USA)
Klemen Zakšek, Ph.D. (Hamburg, Germany)

PUBLISHING COUNCIL

Blaž Mozetič, M.Sc., *president of The Association of Surveyors of Slovenia*
Erna Flogie Dolinar, M.Sc., *general secretary of The Association of Surveyors of Slovenia*
Anka Lisec, Ph.D., *editor-in-chief*
Sandi Berk, *Editor of the section Professional Discussion*
Erik Karbič
Mojca Foški, M.Sc., *Technical Editor and Design*

TECHNICAL EDITOR AND DESIGN

Mojca Foški, M.Sc., 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

EDITOR-IN-CHIEF

Anka Lisec, Ph.D. (Ljubljana, Slovenia)
Phone: +386 1 4768 560
E-mail: editor@geodetski-vestnik.com

FIELD AND SUB-FIELD EDITORS

Bojan Stopar, Ph.D., *field editor for Geodesy*
Radoš Šumrada, Ph.D., *field editor for Geoinformatics*
Božena Lipej, Ph.D., *field editor for Real Estate Management and Evidencing*
Alma Zavodnik Lamovšek, Ph.D., *field editor for Spatial Planning*
Tomaž Petek, *Administrative Field (Surveying and Mapping Authority of Republic of Slovenia)*
Miran Brumec
Marjan Čeh, Ph.D.
Samo Drobne, M.Sc.
Erna Flogie Dolinar, M.Sc.
Dušan Kogoj, Ph.D.
Božo Koler, Ph.D.
Mojca Kosmatin Fras, Ph.D.
Miran Kuhar, Ph.D.
Dušan Petrovič, Ph.D.
Dalibor Radovan, Ph.D.
Maruška Šubic Kovač, Ph.D.

PROOFREADING

 Manica Baša

WEB PAGE EDITING

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

PRINT

 Geodetski inštitut Slovenije

DISTRIBUTION

 Janez Goršič

MARKETING (ADVERTISING)

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

VSEBINA CONTENTS

UVODNIK | EDITORIAL

<i>Anka Lisec</i> VSE NAJBOLJŠE, GEODETSKI VESTNIK	9
<i>Blaž Mozetič</i> LAHKOTNA BREZBRIŽNOST	11

RECENZIRANI ČLANKI | PEER-REVIEWED ARTICLES

<i>Dejan Grigillo, Jure Snoj, Matjaž Dolšek</i>	13
^{SI} FOTOGRAMETRIČNO MERJENJE DEFORMACIJ PRI PREIZKUSIH MEHANSKE ODORNOSTI KONSTRUKCIJSKIH ELEMENTOV PHOTOGRAMMETRIC MEASUREMENT OF DEFORMATIONS IN TESTS OF MECHANICAL RESISTANCE OF STRUCTURAL ELEMENTS	
<i>Admir Mulabusić, Nedim Tuno, Jusuf Topoljak, Džemaila Balić</i>	28
^{SI} IZDELAVA 3D-MODELA KOMPLEKSNEGA KULTURNOZGODOVISNKEGA SPOMENIKA Z UPORABO DIGITALNE FOTOGRAMETRIČNE POSTAJE USING AN IMAGING STATION IN MAKING A 3D MODEL OF A COMPLEX CULTURAL AND HISTORICAL HERITAGE OBJECT	
<i>Klemen Kozmus Trajkovski, Oskar Sterle, Bojan Stopar</i>	42
^{SI} ROBUSTNE STATISTIČNE METODE, DOPPLERJEVA OPAZOVANJA IN VPLIV VEČPOTJA PRI OPAZOVANJIH GNSS V OTEŽENIH RAZMERAH ROBUST STATISTICS, DOPPLER OBSERVATIONS AND MULTIPATH EFFECT IN GNSS IN ADVERSE CONDITIONS	
<i>Blanka Grajfoner, Franci Steinman</i>	53
^{SI} IZVAJANJE POPLAVNE DIREKTIVE NA MEDDRŽAVNEM ODSEKU MURE IMPLEMENTATION OF THE FLOODS DIRECTIVE ON INTERSTATE STRETCH OF MURA RIVER	
<i>Tilen Urbančič, Anja Vrečko, Klemen Kregar</i>	69
^{SI} ZANESLJIVOST METODE RANSAC PRI OCENI PARAMETROV GEOMETRIJSKIH OBLIK ^{EN} THE RELIABILITY OF RANSAC METHOD WHEN ESTIMATING THE PARAMETERS OF GEOMETRIC OBJECT	

<i>Milena Dinić, Petar Mitković</i>	98
NAČRTOVANJE PRIMESTNIH OBMOČIJ: OD SPALNIH NASELIJ DO TRAJNOSTNIH SOSESK	
EN SUBURBAN DESIGN: FROM "BEDROOM COMMUNITIES" TO SUSTAINABLE NEIGHBORHOODS	

STROKOVNE RAZPRAVE | PROFESSIONAL DISCUSSIONS

<i>Jurij Režek, Kristina Perko, Niko Fabiani</i>	114
NOVE STORITVE OMREŽJA STALNIH GNSS-POSTAJ SIGNAL	
NEW SERVICES OF THE SIGNAL PERMANENT GNSS NETWORK	
<i>Sandi Berk</i>	121
ZGOLJ IME NE ZADOŠČA: MEHANIZMI ZA ISTOVETENJE AVTORJA V BIBLIOGRAFSKIH ZBIRKAH	
A NAME IS NOT ENOUGH: MECHANISMS FOR AUTHOR IDENTIFICATION IN BIBLIOGRAPHIC DATABASES	
<i>Blaž Mozetič</i>	127
ODZIV ZVEZE GEODETOV SLOVENIJE (ZGS) NA PREDLOG PROSTORSKE IN GRADBENE ZAKONODAJE	
RESPONSE OF THE SLOVENIAN SURVEYING ASSOCIATION (ZGS) AT THE SPATIAL AND CONSTRUCTION LEGISLATIVE PROPOSAL	
<i>Matjaž Mikoš s sodelavci</i>	131
STALIŠČE FAKULTETE ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO PRI UNIVERZI V LJUBLJANI O PREDLOGU NOVE PROSTORSKE IN GRADBENE ZAKONODAJE	
OBSERVATIONS OF THE FACULTY OF CIVIL AND GEODETIC ENGINEERING AT THE UNIVERSITY OF LJUBLJANA ON THE NEW SPATIAL AND CONSTRUCTION LEGISLATIVE PROPOSAL	
<i>Tomaž Černe</i>	139
PUBLIKACIJA KULTURA PROSTORA IN GRADITVE ZDAJ!	
PUBLICATION »KULTURA PROSTORA IN GRADITVE ZDAJ!«	

NOVICE | NEWS

<i>Teja Japelj</i> SEZNAM DIPLOM NA ODDELKU ZA GEODEZIJO UL FGG, OD 1. 11. 2015 DO 31. 1. 2016	144
<i>Aleš Lazar, Klemen Kregar</i> GEO & IT NOVICE	146

DRUŠTVENE DEJAVNOSTI | ACTIVITIES OF THE PROFESSIONAL SOCIETY

<i>Jožica Marinko, Bojana Kelbel</i> SLAVNOSTNA AKADEMIJA Z NASLOVOM ZEMLJOVID ZA DOBRO ODLOČANJE	152
<i>Dušan Petrovič, Rafael Bohak</i> 44. GEODETSKI DAN – ZEMLJOVID ZA DOBRO ODLOČANJE, STROKOVNI POSVET	157
<i>Matej Kovačič</i> NAGRADA IZS ZA ŽIVLJENSKO DELO DR. JOCU TRIGLAVU	161
<i>Damjan Kvas</i> MAKS KOZJAK – PRVI ČASTNI ČLAN DRUŠTVA SODNIH IZVEDENCEV IN CENILCEV GEODETSKE STROKE	162
<i>Marija Brnot</i> 21. ZASEDANJE VZHODNOSREDNJEEVROPSKEGA IN JUGOVZHODNOEVROPSKEGA JEZIKOVNO-ZEMLJEPISNEGA ODDELKA PRI UNGEGN	164
<i>Uroš Rijavec, Peter Golob</i> OBČNI ZBOR LJUBLJANSKEGA GEODETSKEGA DRUŠTVA 2016	165
<i>Valentina Ambrožič</i> STROKOVNA ESKURZIJA ŠTUDENTOV GEODEZIJE V NOVO MESTO	169
<i>Meta Možina</i> GEODETSKI DAN Z DRUŠTVOM ŠTUDENTOV GEODEZIJE SLOVENIJE	171
<i>In memoriam</i> ODŠEL JE PRIJATELJ IN PROFESOR, KI JE ZAZNAMOVAL PREBOJ SLOVENIJE NA EVROPSKI GEODETSKI ZEMLJEVID	173

NAPOVED DOGODKOV | ANNOUNCEMENTS OF EVENTS

<i>Aleš Lazar</i> KOLEDAR STROKOVNIH SIMPOZIJEV V OBDOBJU APRIL–JUNIJ 2016	175
<i>Janez Slak, Boštjan Pucelj</i> TEODOLIT F. W. BREITHAUPT & SOHN, KASSEL	178

Slika na naslovnici:

Na letošnji akademiji v počastitev 5. Evropskega dneva geodetov in geoinformatikov ter 44. Geodetskem dnevu z naslovom »Zemljovid za dobro odločanje« nas je z obiskom in predavanji počastil predsednik Mednarodnega kartografskega združenja prof. dr. Menno-Jan Kraak in Nizozemske, ki je podelil priznanje združenja devetletnemu učencu za nagrajeno kartografsko risbo; tudi sicer je bilo dogajanje ob Mednarodnem letu kart obarvano bolj kartografsko, udeleženci so si lahko ogledali razstavo kart in se preizkusili v praktični uporabi – orientaciji s pomočjo karte na papirju ali aplikacije na pametnem telefonu.

Avtor fotografije z razstave je Klemen Kozmus Trajkovski, vseh ostalih pa Mladen Stanojević.

VSE NAJBOLJŠE, GEODETSKI VESTNIK!

Anka Lisec

glavna in odgovorna urednica Geodetskega vestnika

Na vrata je potrkala pomlad, ki jo pogosto v prenesenem pomenu povezujemo z novostmi, spremembami, soncem in pozitivno energijo. Ta se čuti tudi v geodetski stroki, kar je mogoče med drugim ugotoviti ob prebiranju prispevkov prve številke jubilejnega, 60. letnika Geodetskega vestnika. Za nami je uspešen 44. Geodetski dan, ki je bil v znamenju mednarodnega leta kart. Popestrila ga je slavnostna akademija z uglednimi domačimi in tujimi gosti. Veselje se je ozreti nazaj na dogodek, ki ga je poleg kakovostnega programa in pestrega nabora razstavljalcev zaznamovala predvsem izredno lepa udeležba. Upam, da občutek ne vara in da je naša stroka resnično začela gledati v prihodnost bolj optimistično.

Slednje se vidi tudi v vse glasnejših pobudah posameznikov in institucij, da se oblikujejo ugodni pogoji za razvoj stroke. Med drugim smo člani Zveze geodetov Slovenije v sodelovanju z institucijam, ki delujejo na področju geodezije, gradnje in prostorskega načrtovanja, dejavno sodelovali pri odzivi na predloge nove »prostorske« zakonodaje ministrstva za okolje in prostor. Zakonski predlogi namreč močno posegajo na področje našega delovanja. Odzivi geodetov (in tudi drugih inženirjev) so bili glasni in jasni – skupni imenovalci je bilo opozarjanje, da se zaradi na videz prijaznejših in hitrejših rešitev v prostorskem načrtovanju in gradnji objektov nekoliko zapostavi strokovnost, kakovost in odgovornost. Zakonodajalcu so bili posredovani zaskrbljeni odzivi s konstruktivnimi predlogi za spremembe predlogov novih zakonov v upanju, da se v iskanju kakovostnih rešitev razvije dialog s stroko.

Vzporedno z odzivi na predlog nove prostorske zakonodaje je luč sveta zagledala zanimiva publikacija *Kultura prostora in graditve zdaj!* Interdisciplinarnost in sodelovanje med strokami morda le ni tak tabu, kot se prepegosto predstavlja v laični in strokovni javnosti. Publikacija je zagotovo lep zgled sodelovanja različnih strok v okviru skupine *Odgovorno do prostora!* in kaže na prednosti takega sodelovanja v dobiti celotne družbe. Podobno kot se vse bolj priznavajo prednosti interdisciplinarnega dela, postajajo prepoznavne tudi koristi delovanja stroke v mednarodnem okolju. Tu velja omeniti nove storitve v okviru omrežja SIGNAL kot rezultat mednarodnega projekta Geodetske uprave RS, ki pri tem sodeluje s sorodnima institucijama iz Norveške in Islandije.

Po mojem smo lahko vse bolj prepričani, da se naša stroka pripravlja na začetek pisanja novega poglavja v svoji zgodovini ...

Mejnik v razvoju stroke nekoliko simbolično ponazarja letošnji 60. letnik Geodetskega vestnika. Ta je

postal pomemben medij za objavo znanstvenih in strokovnih razprav, novosti iz stroke in znanosti, pa tudi za poročanje o aktualnih dogodkih v stroki in društvenih dejavnostih. S šestdesetim letnikom se Geodetski vestnik uvršča ob bok slovenskih strokovnih revij z najdaljšo tradicijo. Izid prve številke revije, takrat imenovane *Vestnik Geodetskega društva LRS*, sega sicer v leto 1953. Leta 1957 se je revija preimenovala v *Vestnik Društva geodetskih inženirjev in geometrov SR Slovenije*, po krajšem premoru med letoma 1965 in 1967 pa je spet začela izhajati pod imenom *Bilten Zveze geodetskih inženirjev in geometrov SR Slovenije*. Veliko prelomnico pomeni leto 1973, ko se je revija preimenovala v *Geodetski vestnik*, v istem letu je tudi naše strokovno združenje pridobilo ime *Zveza geodetov Slovenije*. Od prvotnega društvenega glasila se je Geodetski vestnik razvil v nacionalno in mednarodno prepoznavno strokovno revijo, ki objavlja recenzirane znanstvene in strokovne prispevke s širših področij geodezije, geoinformatike in prostorskega načrtovanja. Za tak uspeh imajo zasluge tako uredniki in člani uredniškega odbora, ki so na svoje rame prevzemali breme in odgovornost za izdajanje revije, kot številni avtorji prispevkov, brez katerih ne bi bilo niti vsebine niti revije. Hvala vsem!

Ob jubilejih se radi ozremo nazaj, a verjamem, da je to priložnost tudi za pogled naprej. Veseli bomo, če se boste oglašali s prispevki in soustvarjali revijo. Le tako bo lahko zanimiva in všečna za širši krog bralcev. Vsekakor pa se spodobi, da obletnico primerno zaznamujemo, zato že sedaj vabljeni na slavnostno akademijo ob šestdesetem jubileju, ki bo v začetku septembra.

LAHKOTNA BREZBRIŽNOST

Blaž Mozetič

predsednik Zveze geodetov Slovenije

Pred kratkim sem stanovskega kolega geodeta vprašal, kaj meni o stanju na področju geodetske stroke. Odgovor me je presenetil, kajti dejal je: »Ovladljivo.« Razumljivo je sledilo še nekaj dodatnih vprašanj z moje strani, da sva poenotila pomen uporabljenega termina, ki je bil seveda pozitiven. Ne glede na najino pozitivnost, vpetost geodetske stroke v širše strokovno in družbeno dogajanje ne zagotavlja lagodnega »cehovskega« življenja, kajti v našem družbenem sistemu je prva norma prosti trg. Ne sme pa to biti razlog za brezbržnost do geodetske stroke kot take.

Lahkotnost spreminjanja prostorske in gradbene zakonodaje ni več ovladljiva s stališča geodetov in najbrž nismo edini, ki menimo tako. Vse skupaj po svoje kaže na ravnodušnost do predlogov geodetske stroke in s tem tudi do nje same, ko se s skrivanjem za sodobnimi geoinformacijskimi tehnologijami, ki naj bi jih kar naenkrat razumeli in znali uporabljali vsi, geodetom ne dopusti opravljati nalog, ali za nekatere naloge sploh nismo več predvideni, čeprav smo po mojem strokovno poklicani zanje.

In da ne bo pomote. Nimamo samo zunanjih tegob, čeprav so te zelo priročen izgovor za našo pasivnost. Najprej bomo morali, kot pravijo, pomesti pred svojim pragom. Naivno je pričakovati, da bodo naše težave nam v korist rešili drugi. Rešiti jih bomo morali sami, kar bo od nas zahtevalo veliko zanimanja, energije, strokovnosti, potrpežljivosti in modrosti, da bo naš »zemljovid« dokončno postal nepogrešljiva in prvovrstna podlaga za sprejemanje dobrih odločitev. Prepričan sem, da imamo prave metle in da znamo dobro pometati.

Geodetski dan 2016, tako slavnostna akademija kot strokovni posvet, nam je postregel s spoznanjem, da je mogoče tudi večplastno in zapleteno temo, ki smo jo postavili v ospredje – Zemljovid za dobro odločanje – predstaviti lahkotno za naša čutila, vendar ne brezbržno za naš um. Hvala vsem, ki ste kakor koli pripomogli k organizaciji in izvedbi Geodetskega dneva 2016. Hvala tudi vsem udeležencem za izkazano zaupanje in zanimanje.

Srečno in dobro odločanje!

FOTOGRAMETRIČNO MERJENJE DEFORMACIJ PRI PREIZKUSIH MEHANSKE ODPORNOSTI KONSTRUKCIJSKIH ELEMENTOV

PHOTOGRAMMETRIC MEASUREMENT OF DEFORMATIONS IN TESTS OF MECHANICAL RESISTANCE OF STRUCTURAL ELEMENTS

Dejan Grigillo, Jure Snoj, Matjaž Dolšek

UDK: 528.7:624.014.1/7:539.4
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01
Prispelo: 6. 1. 2016
Sprejeto: 26. 2. 2016

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2016.01.13-27
SCIENTIFIC ARTICLE
Received: 6. 1. 2016
Accepted: 26. 2. 2016

IZVLEČEK

V članku so predstavljene metode bližnjepisne fotogrametrije, ki učinkovito dopolnjujejo klasične meritve pomikov pri preiskavah mehanske odpornosti konstrukcijskih elementov. Najprej so opisani fotogrametrični postopki, ki s samodejnimi meritvami na posnetkih omogočajo pridobitev merskih podatkov v realnem času. Poudarek je na enoslikovnih fotogrametričnih metodah, s katerimi določamo deformacije materiala v ravnini preizkušanca iz zaporednih posnetkov, narejenih z enim fotoaparatom. Sledi opis fotogrametričnega postopka za zagotavljanje natančnosti meritev deformacij in demonstracija predlaganega postopka na primeru armiranobetonske stene, ki je bila obremenjena s predpisanimi cikli horizontalnih pomikov ob vzdrževanju konstantne tlačne sile. Z rezultati meritev pokažemo polje pomikov v detajlnih točkah ter izračunamo deformacije na podlagi enoslikovne fotogrametrične metode z uporabo projekтивne transformacije. Pokažemo, da se vzorec deformacij dobro ujema s poškodovanostjo preizkušanca.

ABSTRACT

Methods of close-range photogrammetry, which can be efficiently used to supplement the conventional measurements of displacements during the investigation of the mechanical capacity of structural elements, are presented. In the first part of the paper, an overview of photogrammetric procedures employing automatic measurements that enable the acquisition of measuring data in real time is given. The focus is placed on the single-image photogrammetric methods that use successive images taken with a camera for deformation measurements in the object plane. A description of the photogrammetric workflow follows, which assures precise measurements of deformations, as well as a demonstration of the proposed procedure by means of the cyclic test of the reinforced concrete wall, which was loaded with the prescribed cycles of the horizontal displacements and a constant axial force. The results of the measurements are the displacement field of the measuring points and the deformations, which are calculated on the basis of the single-image photogrammetric method applying projective transformation. We have demonstrated that the pattern of calculated deformations fits very well with the damage observed in the wall.

KLJUČNE BESEDE

kalibracija fotoaparata, slikovna korelacija, slikovno ujemanje po metodi najmanjših kvadratov, projekтивna transformacija, ciklični preizkus šibko armirane betonske stene, deformacije

KEY WORDS

camera calibration, image correlation, least squares matching, projective transformation, cyclic test of lightly reinforced concrete wall, deformations

1 UVOD

Projektiranje konstrukcij postane dovolj zanesljivo, če temelji na eksperimentalnih preiskavah mehanskih lastnosti konstrukcijskih elementov. Na podlagi tega je mogoče razviti in ovrednotiti inženirske modele za oceno nosilnosti, ki se potem uporabljajo pri projektiranju. V potresnem inženirstvu se običajno izvajajo ciklični preizkusi, s katerimi merimo razmerje med silo v preizkušancu in pomikom v izbrani točki, kar določa histerezno zanko preizkušanca. V zadnjem času postaja vse bolj zanimivo napovedovanje poškodovanosti (razvoj razpok in njihova velikost, odpadanje betona, pretrg armature) v odvisnosti od doseženih pomikov. Takšne informacije so zelo pomembne pri napovedovanju finančnega tveganja zaradi potresov (Snoj, 2014; Snoj in Dolšek, 2015a). Klasične metode za merjenje pomikov in deformacij v eksperimentalnih raziskavah v gradbeništvu običajno obsegajo merjenje pomikov v izbranih točkah preizkušanca z induktivnimi merilniki pomikov (angl. *linear variable differential transformer* – LVDT) in merjenje osnih deformacij armature z merilnimi lističi (angl. *strain gauges*). Tako izmerjeni pomiki/deformacije so precej natančni, vendar lahko merimo pomike in deformacije zgolj v eni smeri in še to na zelo omejenem številu merskih mest, zato ne moremo zajeti deformacij na celotni površini preizkušanca. Pri velikih deformacijah obstaja nevarnost poškodbe merilnih senzorjev. Poleg tega je treba lokacijo merilne opreme določiti vnaprej, kar pomeni, da med eksperimentom včasih sploh ne zajamemo želenih meritev, poznejše prilagajanje merilne opreme pa je zelo zamudno, če ne celo nemogoče.

Zaradi opisanih izzivov in težav pri meritvah pomikov s kontaktnimi metodami so se razvile različne brezkontaktno metode, s katerimi lahko meritve izvajamo na velikem številu točk, enakomerno ali slučajno razporejenih po preizkušancu (Barazzetti in Scaioni, 2010). Mednje spadajo klasične geodetske metode, pri katerih se lahko uporablja samodejno sledenje točkam, vendar imajo omejeno uporabo pri dinamičnih preskusih materiala, metode bližnjelikovne fotogrametrije, terestrično lasersko skeniranje in optične interferometrične metode (Chunta in Ioannidis, 2012). V članku se omejimo na metodo bližnjelikovne fotogrametrije, ki rešuje zgoraj navedene pomanjkljivosti klasičnih metod. Takšen pristop omogoča spremljanje deformacij v veliko točkah z dobro prostorsko razporeditvijo po preizkušancu in obenem spremljanje razpok, razvoj poškodovanosti in pomikov tudi pri velikih vsiljenih deformacijah oziroma blizu porušitve.

Bližnjelikovna fotogrametrija omogoča natančna slikovna merjenja in določanje objektnih koordinat. Fotogrametrični zajem podatkov je hiter in brezkontakten, število merskih točk ne vpliva na čas za zajem podatkov, samodejne slikovne meritve zagotavljajo visoko in homogeno točnost rezultatov (Fraser in Gustafson, 1986), poleg tega fotogrametrija omogoča 3D-zajem podatkov in vizualni zapis preizkusa (Whiteman, Lichti in Chandler, 2002). V kombinaciji z računalniškim vidom in uporabo metod samodejne obdelave slik omogoča pridobitev merskih rezultatov v tako rekoč realnem času (El-Hakim, 1986). Meritve s klasičnimi merskimi instrumenti za merjenje deformacij lahko dopolnimo s fotogrametričnimi metodami, ki omogočajo sočasno merjenje poljubnega števila točk na preizkušancu tudi pri dinamičnih preizkusih. Natančnost fotogrametričnih meritev je običajno linearno odvisna od dimenzij preizkušanca. Standardni odkloni meritev dosega vrednosti v razmerju 1 : 100.000 glede na velikost preizkušanca (Maas in Hampel, 2006). Fotogrametrične metode delimo na enoslikovne (merjenje 2D-koordinat) ali večslikovne (merjenje 3D-koordinat). Med laboratorijskimi preizkusi materialov največkrat uporabljamo sisteme stereofotoaparatur in obravnavamo po dve sočasno posneti fotografiji. Stereofotogrametrične

metode so povsem ustrezne za izračun prostorskih deformacij, vendar so priporočljivejše postavitve več konvergentno usmerjenih fotoaparatorov, kar zagotavlja boljše konfiguracijo mreže, točnejše rezultate in omogoča iskanje grobih pogreškov v podatkih (Barazzetti in Scaioni, 2011). Uporabljeni fotoaparati morajo biti kalibrirani (Remondino in Fraser, 2006), predvsem je treba iz posnetkov odstraniti sistematične pogreške, kot je geometrična distorzija objektiv. Razvoj digitalnih fotoaparatorov omogoča uporabo nemerskih fotoaparatorov, ki nimajo stalne notranje orientacije. V teh primerih je nujna izvedba kalibracije med samim projektom. Med fotografiranjem izklopimo vso avtomatiko (na primer samodejno ostrenje), ki lahko spremeni parametre notranje orientacije fotoaparata.

S fotogrametričnimi metodami za spremljanje deformacij se običajno dokumentirajo pomiki točk, ki jih s tarčami signaliziramo na preizkušancu. Pomembno je, da uporabljamo tarče, ki imajo visok kontrast glede na preizkušane, kar omogoča učinkovito samodejno prepoznavanje tarč na posnetkih (Fraser in Riedl, 2000). Tarče so lahko kodirane, kar omogoča enolično in samodejno prepoznavanje iste točke na seriji več posnetkov (Niederöst in Maas, 1997). Pomembna je enakomerna osvetlitev objekta med celotnim preizkusom, kar zagotavlja skladne rezultate in hitro ter zanesljivo obdelavo podatkov (Maas in Hampel, 2006). Ko je signaliziranje točk onemogočeno, na primer pri majhnih objektih ali vzorcih tekočin, lahko kot merske točke uporabimo teksturo objekta (Scaioni in sod., 2015).

Merjenje absolutnih koordinat in pomikov signaliziranih tarč na objektih lahko izvajamo s številnimi komercialnimi fotogrametričnimi sistemi. Eden takih je ARAMIS (Yu in Dehmer, 2010), ki vsebuje fotogrametrično programsko opremo za obdelavo stereoparov, narejenih z dvema fotoaparatom hkrati. Fotoaparata kalibrira na podlagi več posnetkov kalibracijske plošče, rezultati kalibracije so zunanja in notranja orientacija fotoaparatorov. Za spremljanje deformacij je treba objekt opremiti s tarčami, ki so lahko na objekt tudi naslikane z vzorcem ali nanesene s sprejem. Podobno delujejo tudi drugi komercialni sistemi, na primer Linearis3D (<http://www.linearis3d.de>) ali VIC-3D™ System (<http://www.correlatedsolutions.com>). Stereofotogrametrični sistem so Tomažević, Gams in Berset (2015) uporabili za spremljanje deformacij med cikličnim preizkusom kamnitega zida. Kljub razvoju komercialnih sistemov za določanje absolutnih koordinat in pomikov signaliziranih tarč, v praksi še vedno obstaja vrsta nestandardnih primerov uporabe, ki zahteva razvoj prilagojenih sistemov za opazovanje deformacij (Maas in Hampel, 2006).

Za določanje deformacij ravnih objektov se velikokrat uporabljajo enoslikovne fotogrametrične metode, s katerimi pridobimo 2D-koordinate v ravnini objekta. Pomike točk in deformacije objekta izračunamo s primerjavo ravninskih koordinat točk na objektu iz zaporednih posnetkov, narejenih med preizkusom. Pregled postopkov, ki delujejo na podlagi 2D-slikovne korelacije in se uporabljajo za spremljanje deformacij ravnih objektov, so povzeli Pan in sod. (2009). Za izvajanje meritev s slikovno korelacijo moramo imeti na objekt nanesen naključen, največkrat točkast vzorec, ki se deformira skupaj z objektom. Razen signaliziranih točk se lahko pri slikovni korelaciji za meritve učinkovito uporablja tudi naravna tekstura površine objekta ali vzorec, ki ga sami nanesimo na objekt, na primer z naključnim nanosom črne in/ali bele barve. Teorijo in zasnovo postopkov za izvajanje korelacijskih meritev so opisali Sutton, Orteu in Schreier (2009). Primerjalno študijo naključnih vzorcev za slikovno korelacijo so naredili Stoilov, Kavardzhikov in Pashkouleva (2012). Wattrisse in sod. (2001) so uporabili korelacijske meritve za pridobitev 2D-vektorjev pomikov na tankih jeklenih listih med nateznim preskusom in na podlagi predpostavk o plastični nestisljivosti materiala ocenili deformacije tudi v tretji razsežnosti. Z uporabo slikovne ko-

relacije so bile analizirane tudi lastnosti plastičnih materialov (Xiang in sod., 2007), aluminijastih folij (Bastawros, Bart-Smith in Evans, 2000), polimerov (Chevalier in sod., 2001). Périé in sod. (2002) so za izračun korelacije uporabili hitro Fourierovo transformacijo, s čimer se je pospešil čas računanja. Hampel in Maas (2003) sta med preizkusom dinamičnih obremenitev vzorce pločnikov opremila s tarčami, na katerih sta spremljala ravninske deformacije. Calderini in sod. (2015) so fotogrametrične meritve združili s klasičnimi meritvami (LVDT), georadarjem in IR-termografijo za oceno odstopanja plasti in spremljanja razpok med preizkusom večslojnih kamnitih zidov.

V članku predstavljamo fotogrametrične postopke, ki jih izvajamo med eksperimentalnimi preiskavami mehanskih lastnosti na ravni materiala, elementa ali cele konstrukcije, pri čemer predlagamo enostaven in cenovno ugoden postopek za določanje deformacij v ravnini preizkušanca, kar nato demonstriramo na cikličnem preizkusu šibko armirane betonske stene. Uporabljena je enoslikovna fotogrametrična metoda, ki sloni na enačbah projekтивne geometrije. V članku je opisana izvedba preizkusa, kalibracija fotoaparata in orientacija fotografij, samodejne meritve točk in izračun deformacij na površini preizkušanca.

2 OBIČAJNI FOTOGAMETRIČNI POSTOPEK ZA LABORATORIJSKO MERJENJE DEFORMACIJ

Fotogrametrični postopek za laboratorijsko merjenje deformacij sestavljajo priprava okolja na fotografiranje, fotografiranje, kalibracija in obdelava posnetkov, ki vključuje merjenje točk, orientacijo posnetkov in izračun deformacij ali razpok.

Priprava na fotografiranje zajema namestitev tarč, načrtovanje stojišč za fotoaparata(e), vzpostavitev stalnih (predvsem svetlobnih) razmer za fotografiranje, vzpostavitev povezave fotoaparata(ov) z računalnikom, pri uporabi več fotoaparata za hkratno fotografiranje tudi njihovo sinhronizacijo. Običajno uporabimo dve vrsti tarč. Oslonilne točke, ki jih bomo uporabili za izračun zunanje orientacije posnetkov in s tem zagotovili enoten referenčni koordinatni sistem, običajno signaliziramo z reflektivnimi tarčami. Namestimo jih na stabilno območje v okolici preizkušanca, ki ni podvrženo pomikom (Barazzetti in Scaioni, 2011). Oslonilnim točkam z eno od geodetskih metod določimo prostorske koordinate. Poleg izračuna zunanje orientacije lahko te točke uporabimo tudi za preskus stabilnosti sistema fotoaparata med izvajanjem preskusa (Chunta in Ioannidis, 2012). Pri uporabi večslikovnih metod za določanje 3D-koordinat točk lahko z dobro prostorsko razporeditvijo oslonilnih točk izboljšamo geometrijo mreže in s tem rezultate blokovne izravnave snopov, s katero izračunamo zunanjo orientacijo posnetkov (Fraser in Riedl, 2000; Whiteman, Lichti in Chandler, 2002). Druga vrsta tarč so detajlne točke, na katerih bomo izvajali meritve in ki jih čim bolj enakomerno razporedimo po preizkušancu.

Fotografiranje izvajamo s stabilnih stativov, kar zagotavlja enoten referenčni sistem med celotnim snemanjem. Pred fotografiranjem (priporočljivo je tudi po njem) moramo poskrbeti za kalibracijske posnetke. Pomembno je, da se nastavitve fotoaparata med fotografiranjem preizkušanca in kalibracijskim fotografiranjem ne spreminjajo.

Kalibracija fotoaparata je bistvena sestavina fotogrametričnega postopka. Z njo izračunamo elemente notranje orientacije fotoaparata (goriščno razdaljo c in položaj glavne točke x_0, y_0) ter geometrično distorzijo fotoaparata. Kalibracijo izvajamo samostojno ali jo vključimo v fotogrametrično triangulacijo, v kateri se na

podlagi prostorsko razporejenih oslonilnih točk hkrati izračunajo parametri notranje in zunanje orientacije posnetkov. Pri uporabi nemerskih fotoaparatorov v bližnjelikovni fotogrametriji je bolj priporočljiva samostojna kalibracija, saj je velikokrat težko zagotoviti geometrijo slikovne mreže, ki bi omogočala zanesljivo določitev parametrov notranje orientacije (Remondino in Fraser, 2006). Samostojno kalibracijo lahko naredimo pred izvajanjem projekta na podlagi posnetkov ravninske kalibracijske plošče (Tsai, 1987; Zhang, 2000; Bouguet, 2015). Kalibracija na podlagi blokovne izravnave snopov več stereoposnetkov kalibracijske plošče se veliko uporablja v komercialnih sistemih za merjenje deformacij objektov (Yu in Dehmer, 2010), saj lahko s tovrstno kalibracijo določimo tudi relativni medsebojni položaj fotoaparatorov. Če fotografiramo preizkušane z enako razporeditvijo fotoaparatorov kot takrat, ko fotografiramo kalibracijsko ploščo, potem poleg elementov notranje orientacije zagotovimo tudi zunanjo orientacijo posnetkov (Furukawa, Ponce, 2009). V tem primeru fotoaparatorov ne smemo več premikati. Poznani parametri notranje orientacije omogočajo prevzorčenje posnetkov, s katerim odpravimo distorzijo, in nadaljnje meritve opravljamo na posnetkih, ki niso več obremenjeni s sistematičnimi napakami objektiva fotoaparata. Če želimo merjenje deformacij opravljati v realnem času, prevzorčenje posnetkov ni priporočljivo in izmerjene koordinate točk popravimo analitično. Popravljenе koordinate (x', y') zaradi geometrične distorzije lahko izračunamo po Brownu (1971):

$$\begin{aligned} x' &= x + (x - x_0)(k_1 r^2 + k_2 r^4 + k_3 r^6) + p_1(r^2 + 2(x - x_0)^2) + 2p_2(x - x_0)(y - y_0), \\ y' &= y + (y - y_0)(k_1 r^2 + k_2 r^4 + k_3 r^6) + 2p_1(x - x_0)(y - y_0) + p_2(r^2 + 2(y - y_0)^2), \end{aligned} \tag{1}$$

kjer je $r = ((x - x_0)^2 + (y - y_0)^2)^{1/2}$ radialna oddaljenost točke od glavne točke, (k_1, k_2, k_3) so koeficienti radialne distorzije in (p_1, p_2) koeficienta tangencialne distorzije.

Eden od najbolj razširjenih postopkov za merjenje signaliziranih točk ali točkastih vzorcev je slikovno ujemanje z metodo korelacije, ki jo za subpikselsko natančnost meritev dopolnimo s slikovnim ujemanjem na podlagi metode najmanjših kvadratov (angl. *least squares matching*, LSM). Za izračun korelacije potrebujemo sintetično tarčo (angl. *template*), ki opisuje obliko merjene točke in jo piksel za pikselom premikamo prek celotnega posnetka. Za izračun korelacije barvne posnetke pretvorimo v sivinsko sliko. Za vsak položaj sintetične tarče t v sliki g izračunamo korelacijski koeficient ρ (Luhman in sod, 2014):

$$\rho = \frac{\sigma_{tg}}{\sigma_t \sigma_g} = \frac{\sum [(t_i - \bar{t})(g_i - \bar{g})]}{\sqrt{\sum (t_i - \bar{t})^2 \sum (g_i - \bar{g})^2}}, \tag{2}$$

kjer sta \bar{t} in \bar{g} povprečni vrednosti sivin tarče in dela slike, ki ga prekriva tarča. Položaj iskane točke na sliki je tam, kjer ima ρ največjo vrednost. Ker je premikanje sintetične tarče po celotni sliki časovno potratno, običajno določimo položaj točk v sliki in korelacijo računamo le v predvideni okolici točk. Kandidate točk lahko poiščemo s histogramom slike, ki jo predhodno pretvorimo v binarni raster (Chunta in Ioannidis, 2012), ali z uporabo slikovne piramide (opis v poglavju 3). Korelacijski koeficient se običajno uporablja v povezavi s pragom, ki ga postavimo glede na vsebino in kakovost posnetkov. Primerne vrednosti praga so med 0,5 in 0,7 (Luhman in sod, 2014). Če kandidat za točko preseže postavljeni prag za korelacijski koeficient, lahko potrdimo, da smo s postopkom dejansko odkrili pravo točko.

S korelacijo izračunamo položaj točke na sliki le s pikselsko natančnostjo. Subpikselsko natančnost lahko dobimo na primer z razširitvijo enačbe (2) v gradientno navzkrižno korelacijo, ki združuje radiometrično in geometrično korekcijo slike (Campbell in Wu, 2008), ali različnimi subpikselskimi interpolacijami

(Pan in sod. 2009; Scaioni in sod., 2015). Načeloma lahko s korelacijo ocenimo le dva premika med sintetično tarčo in točko na sliki, ne moremo pa upoštevati geometričnih transformacij, kot so merilo, rotacija in perspektivno popačenje oblik, ki nastanejo, kadar slikovna ravnina in ravnina objekta nista vzporedni. Za subpikselsko natančnost meritev lahko uporabimo metodo LSM, s katero se med seboj primerjata sintetična tarča in okolica točke na sliki, ki smo jo izločili na podlagi izračuna korelacije. V idealnem primeru se tarča t in slika g povsem ujemata: Pri metodi LSM se upošteva tudi šum v radiometričnih vrednostih posnetka in geometrična transformacija med tarčo t in merjeno točko, kar je v enačbi (3) predstavljeno z vektorjem napak:

$$t(x, y) - e(x, y) = g(x, y). \quad (3)$$

Metodo je predlagal Gruen (1985), v njegovem delu je razložena tudi linearizacija in rešitev sistema enačb po metodi najmanjših kvadratov. S predlaganimi samodejnimi metodami za merjenje točk lahko izmerimo tako detajlne točke na preizkušancu kot geodetske točke, ki se uporabljajo za vzpostavitev referenčnega koordinatnega sistema. Če so geodetske točke signalizirane z reflektivnimi tarčami, se priporoča ročna meritev slednjih, saj reflektivne tarče niso najprimernejše za samodejne meritve (Chunta in Ioannidis, 2012). Če je fotogrametrični merski sistem med izvajanjem preizkusa stabilen, lahko meritve geodetskih točk opravimo le na prvi seriji posnetkov in za vse druge posnetke uporabimo iste parametre zunanje orientacije. V tem primeru je treba meritve vsekakor ponoviti vsaj še na zadnji seriji posnetkov, da se prepričamo, ali se fotoaparati med izvajanjem preizkusa niso premaknili.

Zunanjo orientacijo posnetkov zagotovimo z merjenjem oslonilnih točk, ki smo jim določili koordinate v prostoru z eno od geodetskih metod. Pri uporabi več fotoaparatorov in prostorsko razporejenih oslonilnih točk uporabimo kot matematični model enačbe centralne projekcije (4), ki povezujejo slikovne koordinate (x, y) in objektne koordinate (X, Y, Z) opazovane točke (Kraus, 1993):

$$x = x_0 - c \frac{r_{11}(X - X_0) + r_{21}(Y - Y_0) + r_{31}(Z - Z_0)}{r_{13}(X - X_0) + r_{23}(Y - Y_0) + r_{33}(Z - Z_0)}, y = y_0 - c \frac{r_{12}(X - X_0) + r_{22}(Y - Y_0) + r_{32}(Z - Z_0)}{r_{13}(X - X_0) + r_{23}(Y - Y_0) + r_{33}(Z - Z_0)}. \quad (4)$$

Z rešitvijo enačb (4) v postopku blokovne izravnave snopov izračunamo zunanjo orientacijo posnetkov, ki jo sestavljajo koordinate projekcijskih centrov fotoaparatorov (X_0, Y_0, Z_0) in zasuki fotoaparatorov v prostoru, ki sestavljajo rotacijsko matriko r_{ij} .

Pri opazovanju deformacij ravnih objektov vse točke ležijo na ravnini, zato lahko kot matematični model za povezavo med slikovnimi in objektnimi koordinatami uporabimo enačbe projektivne transformacije (Kraus, 1993):

$$X = \frac{a_1x + a_2y + a_3}{c_1x + c_2y + c_3}, Y = \frac{b_1x + b_2y + b_3}{c_1x + c_2y + c_3}. \quad (5)$$

Enačbe projektivne transformacije lahko uporabimo tudi za rektifikacijo, s katero iz posnetkov odpravimo perspektivni učinek (Barrazzeti in Scaioni, 2010). Tako izdelamo ortofoto, na katerem izvajamo meritve v objektnem prostoru ali ga upodobimo za učinkovito upodobitev rezultatov meritev.

Po orientaciji iz izmerjenih slikovnih koordinat točk izračunamo objektne koordinate točk. S primerjavo objektnih koordinat, izračunanih iz zaporednih posnetkov, dobimo informacijo o spreminjanju površine

preizkušanca oziroma izračunamo deformacije na preizkušancu. Deformacije ε ocenimo glede na razdalje med sosednjimi točkami:

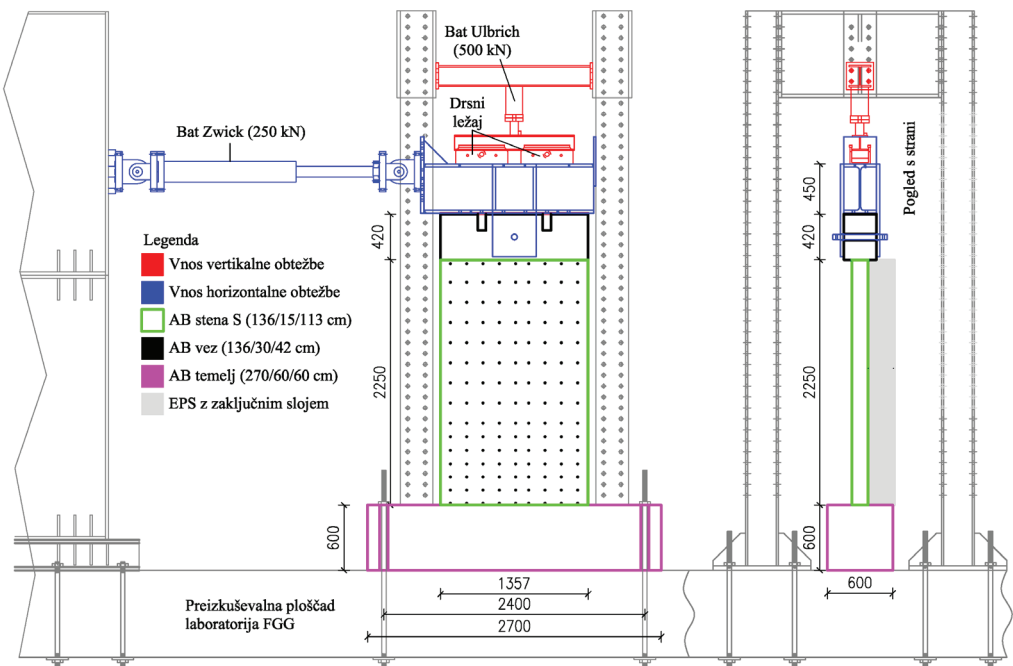
$$\varepsilon = \frac{l - l_0}{l_0}, \tag{6}$$

kjer je l_0 razdalja med točkama na začetku preizkusa in l razdalja med istima točkama v posamezni fazi preskusa.

3 OPIS POSTOPKA MERJENJA DEFORMACIJ PRI PREISKAVAH MEHANSKE ODPORNOSTI ŠIBKO ARMIRANIH BETONSKIH STEN

Fotogrametrično merjenje deformacij smo demonstrirali pri preiskavah mehanske odpornosti armirano-betonskih sten, ki so bile izvedene v konstrukcijsko-prometnem laboratoriju Fakultete za gradbeništvo in geodezijo (Snoj in Dolšek, 2016). Preizkušanci so ustrezali šibko armiranim betonskim stenam JUBHome WALL, ki jih je razvilo slovensko podjetje JUB d. o. o.

Preizkuševališče v laboratoriju FGG in preizkušanec, za katerega smo merili deformacije, sta shematično prikazana na sliki 1. Preizkušanci so bili obremenjeni ciklično, na podlagi predpostavljenih pomikov, ki so bili vodeni s hidravličnim batom znamke Zwick zmogljivosti 250 kN. Amplitudo vsiljenih pomikov smo povečevali po vnaprej predpisanih fazah, skladno s priporočili FEMA 461 (FEMA, 2007), vse dokler v temeljnem sklopu ni prišlo do porušitve. Preizkušanec je bil obremenjen tudi s tlačno silo, ki smo jo nadzorovali z batom znamke Ulbrich zmogljivosti 500 kN. Navpično silo v batu smo med preiskavo krmilili tako, da je bila med celotnim preizkusom konstantna.

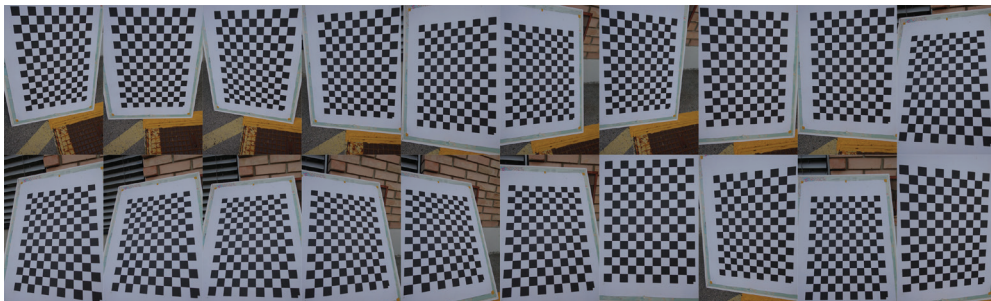


Slika 1: Shema preizkuševališča in preizkušanca s prikazom rastra točk za fotogrametrične meritve.

Poleg konvencionalnih meritev sil, pomikov in deformacij smo s fotogrametričnimi metodami merili deformacije na površini preizkušanca. Za določitev referenčnega koordinatnega sistema za meritev točk smo na stabilno ogrodje postavili štiri reflektivne geodetske tarče, ki so se uporabljale kot oslonilne točke. Oslonilne točke so na sliki 4 označene z identifikatorji. Pozorni smo bili, da so nameščene v ravnini preizkušanca in da njihov obod pokriva čim večjo površino preizkušanca, da pri izračunu objektnih koordinat detajlnih točk ne bi prihajalo do ekstrapolacije. Oslonilne točke smo pomerili z elektronskim tahimetrom Leica TS30. Koordinate oslonilnih točk smo izračunali iz merjenih dolžin in kotov, opazovanih v petih girusih. Ocenjena natančnost koordinat oslonilnih točk σ_{OT} je 0,2 milimetra. Za opazovanje deformacij smo na preizkušanelec nalepili 133 detajlnih točk, ki so bile signalizirane s tarčami enake oblike: črni krogi s premerom 7 milimetrov, natisnjeni na bel papir. Velikosti točk na posnetkih, narejenih med preizkusom, je približno 13 x 13 pikslov.

Fotografiranje smo izvedli s kompaktnim fotoaparatom Sony DSC-RX100M2 (Sony, 2015), nameščenim na stativ. Fotoaparat prek aplikacije PlayMemories omogoča povezavo s pametnim telefonom, s katerim smo prožili posnetke, kar je zagotovilo večjo stabilnost fotoaparata in nespremenjeno zunanjo orientacijo med fotografiranjem. Potrudili smo se, da je bil fotoaparat postavljen čim bolj pravokotno na preizkušanelec, s čimer smo dosegli, da so okrogle tarče na posnetkih ohranile svojo obliko. V vsaki fazi preizkusa smo naredili več zaporednih posnetkov. Število posnetkov v fazi smo priredili amplitudi vsiljenih pomikov. V vsaki fazi smo naredili začetni in končni posnetek stene, vmesne posnetke smo prožili glede na horizontalne pomike na vrhu stene, ki smo jih merili z induktivnim merilnikom. Pri manjših amplitudah (do 7,37 milimetra) smo poleg skrajnih položajev fotografirali še na sredini amplitude. Pri večjih amplitudah smo vmesne posnetke prožili na vsakih 5 milimetrov glede na pomik na vrhu stene.

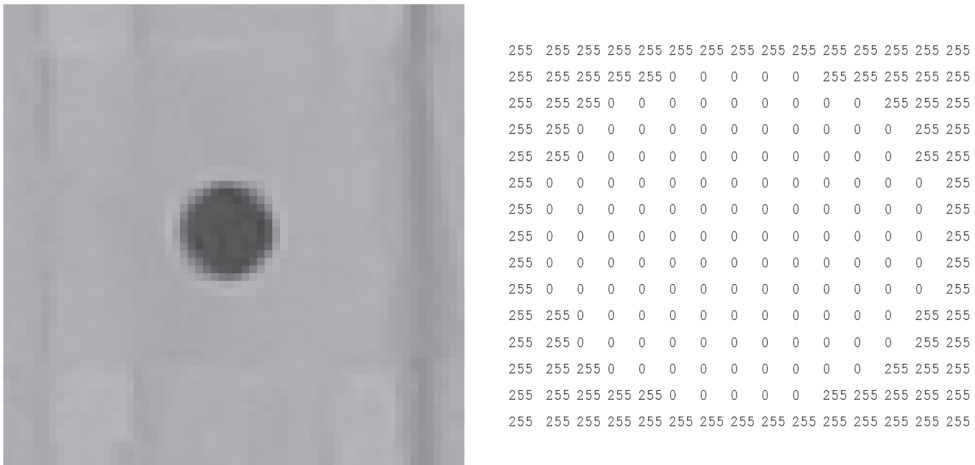
Pred vsakokratno namestitvijo fotoaparata na stativ in med menjavo baterij v fotoaparatu smo opravili kalibracijo fotoaparata s slikanjem testnega polja. Primer fotografiranja testnega polja prikazuje slika 2. Pomembno je, da imamo s testnim poljem pokrite vse robove posnetkov, saj je na robovih in vogalih posnetkov geometrična distorzija največja. Notranjo orientacijo smo izračunali z Matlabovim orodjem za kalibracijo fotoaparata (Bouguet, 2015). Izračunane elemente notranje orientacije (c , x_0 , y_0 , k_1 , k_2 , k_3 , p_1 , p_2) smo uporabili za prevzorčenje vseh posnetkov. To smo izvedli v lastnem Matlabovem programu, ki deluje hitreje od modula, vključenega v orodje za kalibracijo. Vse nadaljnje meritve smo tako opravili na posnetkih, iz katerih je že bila odpravljena geometrična distorzija objektivna. Točnost pikselskih koordinat na posnetkih po opravljeni kalibraciji je bila $\sigma_{kal} = 0,74$ piksla.



Slika 2: Posnetki testnega polja za kalibracijo fotoaparata.

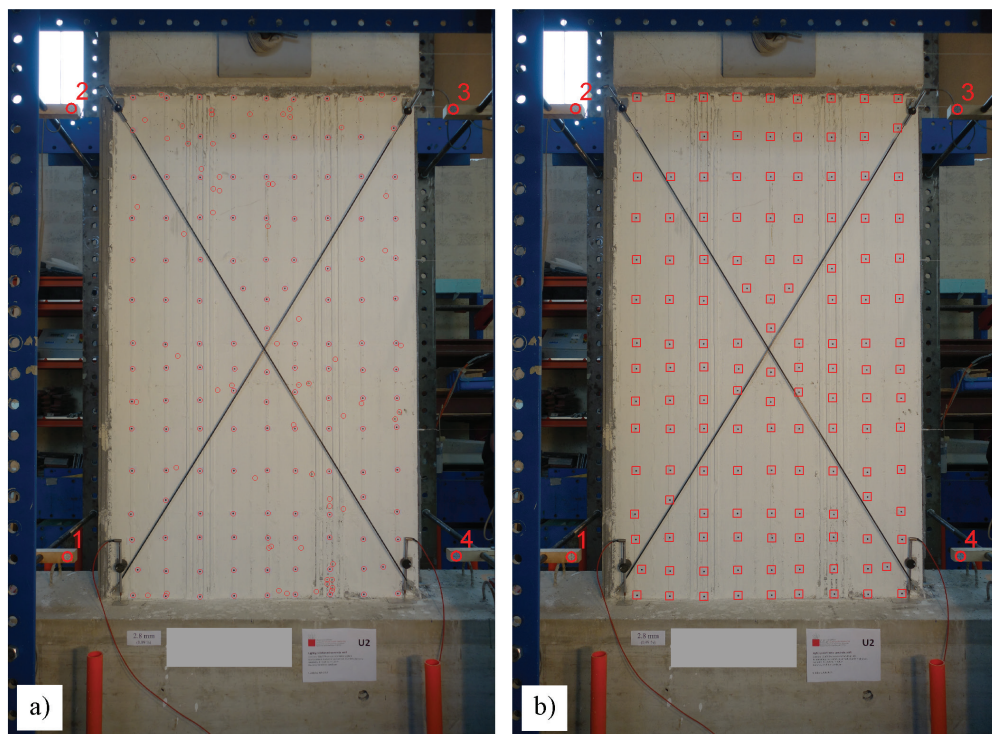
Meritve štirih oslonilnih točk smo opravili ročno na posnetkih z začetka posamezne faze. Ročne meritve oslonilnih točk smo ponovili tudi po končani fazi in se s tem prepričali, da je referenčni sistem ostal nespremenjen in da se fotoaparatus med fotografranjem ni premaknil. Z razmerjem prostorskih razdalj med oslonilnimi točkami d_p v milimetrih in razdalj med istimi oslonilnimi točkami, izmerjenimi na posnetkih d_s v pikslih, izračunamo prostorsko ločljivost posnetkov $GSD = 1 [pix] d_p [mm] / d_s [pix]$, ki je v našem primeru znašala 0,6 milimetra (GSD , angl. *ground sampling distance* ustreza projekciji velikosti piksla na fotografrani objekt).

Za korelacijsko meritev detajlnih točk na vseh posnetkih smo izdelali sintetično tarčo, ki je dobro opisovala slike točk na posnetkih. Slika 3 prikazuje točko na posnetku z njeno okolico (levo) in sintetično tarčo (desno).



Slika 3: Okolice detajlne točke na posnetku (levo) in sintetična tarča (desno).

Korelacijske meritve detajlnih točk so časovno potraten postopek, če jih opravljamo po celotnem posnetku in pri njegovi izvorni ločljivosti. Na posnetku z začetka preizkusa smo zato določili približno okolico točk z uporabo slikovne piramide. Piramidi posnetka in tarče smo naredili z njunim prevzorčenjem na polovično velikost. Z izračunom korelacijskih koeficientov (enačba 2) na piramidi smo poiskali začetne kandidate za točke. Prag korelacijskega koeficienta za sprejetje kandidata smo postavili na 0,75. Kandidati za točke so prikazani na sliki 4 a). Meritve detajlnih točk s korelacijo na izvornih posnetkih smo tako izvajali le v okolici začetnih točk. Kot začetne točke za meritev smo potrdili kandidate, ki so tudi na sliki v izvorni ločljivosti dosegli isti prag. Z uporabo slikovne piramide so bili začetni položaji točk določeni štirikrat hitreje. Okolico točk smo določili kot del izvornega posnetka, ki se za dve dimenziji tarče razteza v vse smeri začetnega položaja točke. Kot začetne točke na posameznem posnetku smo vsakokrat privzeli izmerjene koordinate točk na predhodnem posnetku. Okolice začetnih točk na prvem posnetku prikazuje slika 4 b).



Slika 4: a) kandidati za točke, pridobljeni s slikovno piramido; b) okolica začetnih točk, potrjenih na sliki izvirne ločljivosti. Z identifikatorji so označene oslonilne točke, signalizirane z reflektivnimi tarčami.

Med fotografiranjem sta bili ravnina preizkušanca in slikovna ravnina fotoaparata vzporedni, zato so okrogle točke na sliki obdržale svojo obliko in velikost. Za določitev subpikselskih položajev točk na sliki smo zato uporabili enostavnejšo metodo slikovnega ujemanja, kot je podana v enačbi (3). Uporabili smo enačbe popravkov (7) in jih razrešili po metodi najmanjših kvadratov:

$$v_i + g(u, v) = b \cdot t(u + a_1, v + a_2) + c, \quad (7)$$

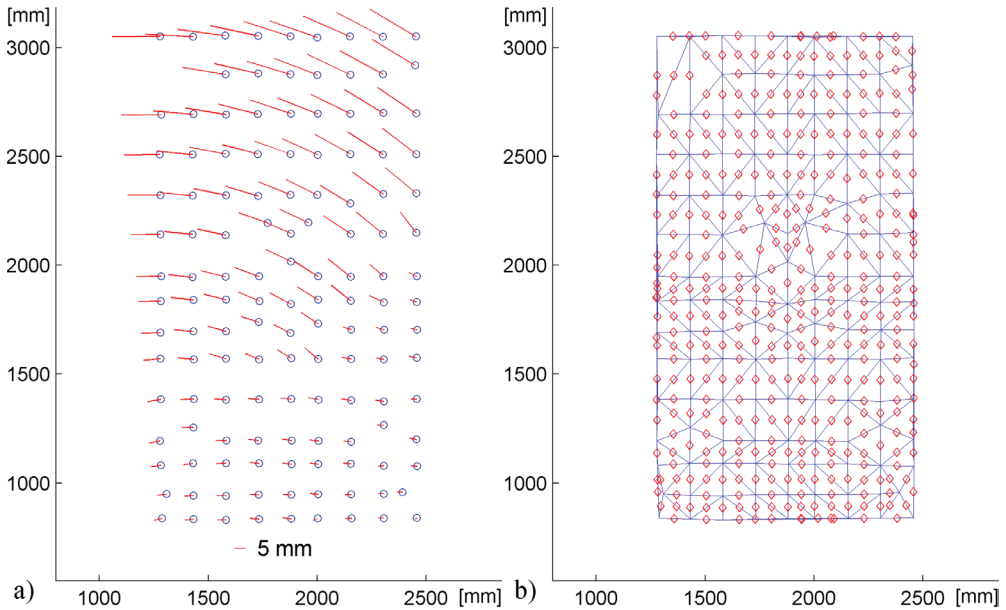
kjer sta b in c merilo in premik sivin slike glede na tarčo in a_1, a_2 popravka pikselskih koordinat točke po izračunu korelacije. Linearizacija in rešitev sistema enačb popravkov (7) z metodo najmanjših kvadratov je opisana v Höhle (1997). Navedena metoda se sicer v fotogrametriji uporablja za samodejno merjenje robnih mark in križev plošče *resseau* na skeniranih analognih posnetkih (Kraus, 1993). Enačbe (7) omogočajo oceno natančnosti samodejnih meritev točk, ki je bila v našem primeru $\sigma_m = 0,09$ piksla.

Koordinate točk v ravnini stene smo izračunali s projektivno transformacijo (enačba 5). Deformacije na površini stene smo izračunali iz razdalj med sosednimi točkami z enačbo (6). Sosednje točke smo prepoznali z Delaunayev triangulacijo (Lee in Schachter, 1980), ki raztresene točke poveže v trikotniško nepravilno mrežo. Izračunani velikosti deformacije smo pripisali položaj sredine stranice, ki povezuje točki, iz katerih je bila deformacija izračunana. Položaji izračunanih deformacij so na sliki 5 b) prikazani s karom. Deformacije po celotni površini stene smo interpolirali z metodo naravnih sosedov (Sibson, 1981).

4 REZULTATI

Že pri zelo majhnih vsiljenih pomikih na vrhu stene ($u_{HI} = 1,3 \text{ mm}$) je bilo mogoče vizualno opaziti majhne horizontalne lasaste razpoke na spodnji tretjini stene. Pri večjih vsiljenih pomikih so se višje na nateznem robu pojavile nove horizontalne razpoke, ki so se širile proti sredini stene. Pri pomiku $u_{HI} = 20 \text{ mm}$ je bila dosežena maksimalna prečna sila v steni $F_{max} = 201 \text{ kN}$. Poškodovanost v betonu je bila že kar precejšnja, saj se nekatere razpoke niso več zapirale in so postale trajne. Pri pomikih, večjih od 20 milimetrov, sta se začeli močno odpirati diagonalni razpoki, ki sta potekali od levega oziroma desnega robu malo nad sredino višine stene in sta potekali prek zgornjega delovnega stika približno na sredini višine stene. Od tega pomika dalje se je večina deformacij vršila v zgornji polovici stene. Sila v batu je pri pomiku $u_{HI} = 35 \text{ milimetrov}$ močno padla, saj je prišlo do tečenja vzdolžne armature nad delovnim stikom in do odpadanja krovnega sloja betona. Porušitev stene smo določili pri pomiku na $u_{HI} = 57 \text{ milimetrov}$, ko je počilo že več armaturnih palic in je tudi sila v steni upadla za več kot 50 % glede na njeno nosilnost.

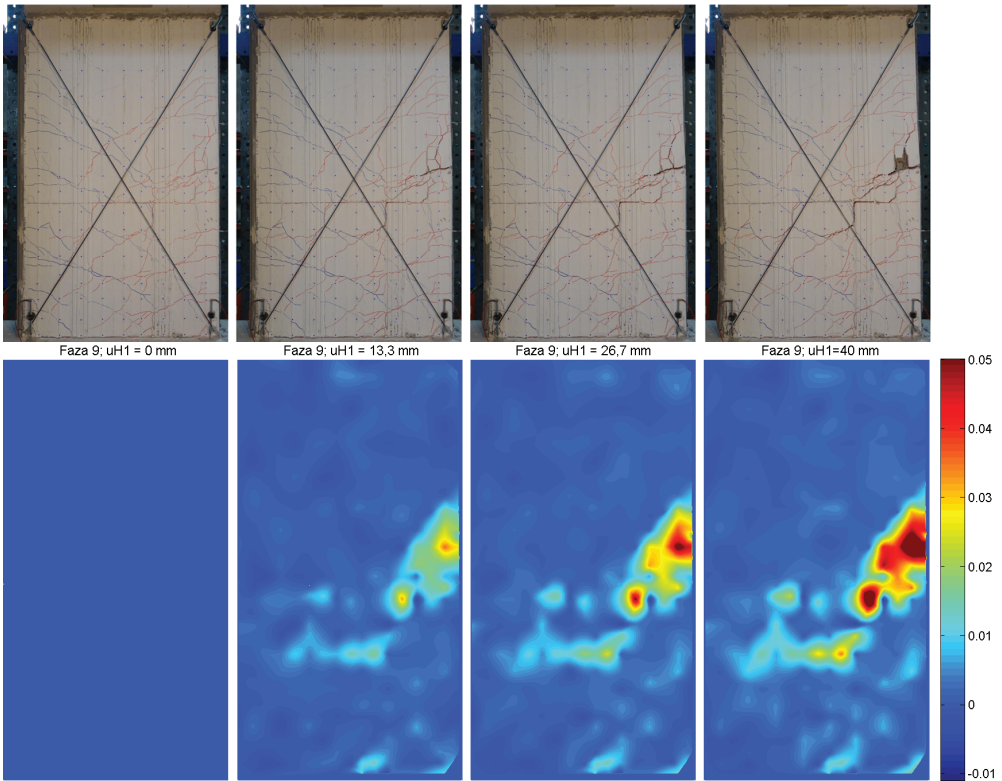
Pridobljene rezultate fotogrametričnih meritev uporabimo na različne načine. Lahko spremljamo pomike točk na površini stene v posameznih fazah, spremljamo deformacije, dolžino razpok ali iz posnetkov izdelamo ortofote, na katerih izvajamo različne meritve. Uporabno orodje so animacije, izdelane z razvrstitvijo zaporednih posnetkov, izračunanih pomikov ali deformacij, na katerih vizualno spremljamo obnašanje preizkušanca med izvedbo preizkusa in razvoj poškodb. Slika 5 a) prikazuje velikosti in smeri pomikov detajlnih točk v eni izmed faz. S krogi so prikazani položaji točk na začetku faze.



Slika 5: a) primer spremljanja pomikov točk znotraj faze; b) trikotniška nepravilna mreža; karo označuje sredine stranic, kamor smo pripisali velikosti deformacij.

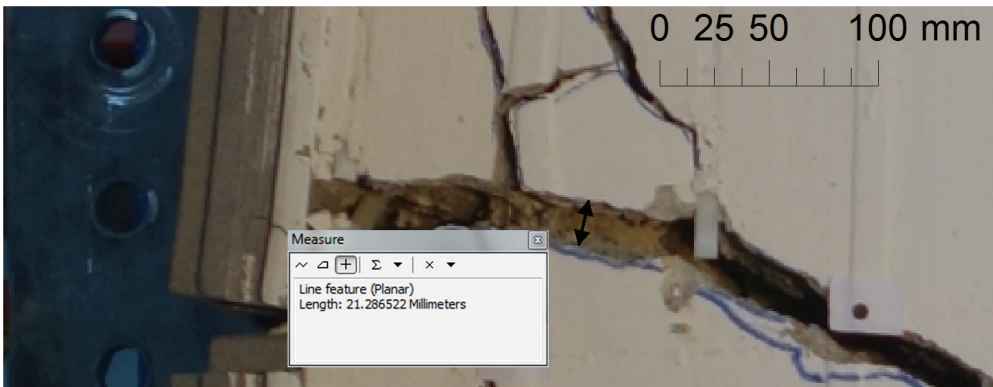
Slika 6 v zgornji vrsti prikazuje štiri obrezane posnetke stene v posameznem delu faze. Levo je prikazan začetni posnetek v fazi. V spodnji vrsti so ustrezne slike deformacij, interpoliranih na celotno površino stene. Opazimo, da izračunane deformacije dejansko opisujejo razpoke v steni, vendar slika razpok ni povsem

zvezna. To je posledica interpolacije in jo lahko izboljšamo z gostejšo razporeditvijo detajlnih točk. Ker smo za preizkus uporabili redkejšo mrežo detajlnih točk, velikosti razpok nismo določevali neposredno iz meritev detajlnih točk. Kot možnost za naknadno merjenje velikosti razpok omenjamo izdelavo ortofota (slika 7).



Slika 6: Izračun deformacij stene znotraj faze.

Slika 7 prikazuje ortofoto s prostorsko ločljivostjo 1 mm, izdelan s prevzorčenjem posnetka s projektivno transformacijo. Primer prikazuje merjenje širine razpoke v ravnini stene, ki je opredeljena z oslonilnimi točkami.



Slika 7: Merjenje razpok na ortofotu.

Preglejmo še natančnost dobljenih objektnih koordinat točk. Povsem analitično oceno natančnosti žal nismo mogli izpeljati, saj smo za projektivno transformacijo uporabili le 4 oslonilne točke, kar je potrebno število skupnih točk za izračun parametrov v enačbah (5). Teoretično natančnost koordinat objektnih točk lahko ocenimo z enačbo (Barrazzeti in Scaioni, 2010):

$$\sigma_{XY} = \pm \frac{d}{c} \sigma_{xy}, \tag{8}$$

kjer je d razdalja fotografiranja, c goriščna razdalja in σ_{xy} natančnost slikovnih koordinat točk. Temeljna predpostavka v enačbi (8) je, da sta slikovna in objektna ravnina vzporedni, kar velja za naš preizkus. Na σ_{xy} vplivata točnost pikselskih koordinat po opravljeni kalibraciji σ_{kal} in natančnost samodejnih meritev točk σ_m . Natančnost slikovnih koordinat tako ocenimo $\sigma_{xy} = \sqrt{\sigma_{kal}^2 + \sigma_m^2} = 0,74$ piksla. Razmerje $\frac{d}{c}$ v

enačbi (8) predstavlja modul merila posnetkov, ki ga prav tako izraža razmerje med GSD in velikostjo piksla. Teoretično natančnost objektnih koordinat točk izračunamo $\sigma_{XY} = \frac{GSD}{1[\text{pix}]} \cdot \sigma_{xy} = 0,4$ milimetra.

Z upoštevanjem natančnosti koordinat oslonilnih točk σ_{OT} izračunamo natančnost koordinat objektnih točk $\overline{\sigma}_{xy} = \sqrt{\sigma_{XY}^2 + \sigma_{OT}^2} = 0,5$ milimetra. Če bi k temu dodali še natančnost merjenja oslonilnih točk na posnetkih, bi se natančnost koordinat objektnih točk povsem približala velikosti GSD (0,6 milimetra), kar sta s kontrolnimi meritvami potrdila tudi Barrazzeti in Scaioni (2010).

5 SKLEP

V članku smo predstavili fotogrametrične metode, ki omogočajo meritve pomikov in deformacij po celotni površini preizkušanca in na poljubnem številu merskih mest. Opisani so postopki, ki jih izvajamo za pridobivanje natančnih merskih podatkov s fotogrametričnimi metodami. V praktičnem primeru se osredotočimo na spremljanje deformacij v ravnini betonske stene na podlagi enoslikovne fotogrametrične metode in projektivne transformacije. Metoda je enostavna in cenovno ugodna, pridobljen vzorec deformacij se dobro ujema z dejansko poškodovanostjo stene. Uporabljeno metodo in postopek zajema podatkov je mogoče še precej izboljšati. Mrežo merskih točk lahko zgostimo ali namesto diskretnih točk uporabimo naključni vzorec za korelacijske meritve in s tem pridobimo zveznejšo sliko deformacij. Enoslikovne fotogrametrične metode so primerne le za merjenje ravnih objektov. Z več sinhroniziranimi fotoaparati in manjšimi prilagoditvami v obdelavi posnetkov bi pridobili 3D-merske podatke. S tem bi izboljšali natančnost meritev, kadar se preizkušavec med preizkusom zvije ali premakne zunaj projektivne ravnine, določene z oslonilnimi točkami. Z večslikovno metodo bi lahko merili tudi preizkušance, ki niso ravni.

Fotogrametrični posnetki so odlični za dokumentiranje preizkusa, omogočajo sledenje razvoja in poteka poškodb po celotni steni in tako lažje spremljanje nastanka porušnega mehanizma stene. Izdelani ortofoti omogočajo neposredne meritve razpok na steni, posnetki pa tudi nadaljnje meritve po že končanem preizkusu, če se pojavi potreba po njih. Meritve s fotogrametričnimi metodami so dovolj natančne in zato odlično dopolnjujejo klasične meritve, saj lahko enostavno ocenimo odnos med pomiki in debelino razpok, kar je eden izmed ključnih podatkov pri oceni pričakovanih izgub zaradi potresne obtežbe.

Literatura in viri:

- Barazzetti, L., Scaioni, M. (2010). Development and implementation of image-based algorithms for measurement of deformations in material testing. *Sensors*, 10(8), 7469–7495. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/s100807469>
- Barazzetti, L., Scaioni, M. (2011). Photogrammetric tools for deformation measurements. V: Proc. XX Congr. Associazione Italiana di Meccanica Teorica e Applicata (AIMETA), Bologna, Italija, 12.–15. sept. 2011. http://www.researchgate.net/profile/Marco_Scaioni2/publication/228828761_Photogrammetric_tools_for_deformation_measurements/links/02e7e52a7d20b5271a000000.pdf, pridobljeno 20. 7. 2015.
- Bastawros, A. F., Bart-Smith, H., Evans, A. G. (2000). Experimental analysis of deformation mechanisms in a closed-cell aluminum alloy foam. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 48(2), 301–322. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/s0022-5096\(99\)00035-6](http://dx.doi.org/10.1016/s0022-5096(99)00035-6)
- Bouquet, J.-Y. (2015). Camera calibration toolbox for Matlab. http://www.vision.caltech.edu/bouquetj/calib_doc, pridobljeno 8. 7. 2015.
- Brown, D. C. (1971). Close-range camera calibration. *Photogrammetric Engineering*, 37(8), 855–866.
- Calderini, C., Degli Abbatì, S., Cotič, P., Kržan, M., Bosiljkov, V. (2015). In-plane shear tests on masonry panels with plaster: correlation of structural damage and damage on artistic assets. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 13(1), 237–256.
- Campbell, N. A., Wu, X. (2008). Gradient cross correlation for sub-pixel matching. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37(B7), 1065–1070.
- Chevalier, L., Calloch, S., Hild, F., Marco, Y. (2005). Digital image correlation used to analyze the multiaxial behavior of rubber-like materials. *European Journal of Mechanics – A/Solids*, 20(2), 169–187.
- Chounta I., Ioannidis C. (2012). High Accuracy Deformation Monitoring of a Concrete Beam using Automatic Photogrammetric Techniques. V: Knowing to manage the territory, protect the environment; Evaluate the Cultural Heritage, Rim, Italija, 6.–10. maj 2012. https://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/fig2012/papers/ts02f/TS02F_chounta_ioannidis_5522.pdf, pridobljeno 16. 11. 2015.
- El-Hakim, S. F. (1986). Real-time image metrology with CCD cameras. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 52(11), 1757–1766.
- FEMA (2007). Interim testing protocols for determining the seismic performance characteristics of structural and non-structural components – FEMA 461. Washington D.C.: Federal emergency management agency.
- Fraser, C. S., Gustafson, P. C. (1986). Industrial photogrammetry applied to deformation Measurements. *Int. Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 26(5), 199–208.
- Fraser, C. S., Riedel, B. (2000). Monitoring the thermal deformation of steel beams via vision metrology. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 55(4), 268–276. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/s0924-2716\(00\)00024-1](http://dx.doi.org/10.1016/s0924-2716(00)00024-1)
- Furukawa, Y., Ponce, J. (2009). Accurate Camera Calibration from Multi-View Stereo and Bundle Adjustment. *International Journal of Computer Vision*, 84(3), 257–268. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11263-009-0232-2>
- Gruen, A. (1985). Adaptive least squares correlation: a powerful image matching technique. *South African Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Cartography*, 14(3), 175–187.
- Hampel, U., Maas, H. G. (2003). Application of digital photogrammetry for measuring deformation and cracks during load tests in civil engineering material testing. *Optical 3-D Measurement Techniques VI*, 2, 80–88.
- Höhle, J. (1997). The Automatic Measurement of Targets. *Photogrammetrie, Fernerkundung, Geoinformation* 1/97, str. 13–21. http://people.plan.au.dk/~jh/auto_measurement.pdf, pridobljeno 2. 11. 2015.
- Kraus, K. (1993). *Photogrammetry. Volume I, Fundamentals and Standard Processes*. Bonn: Ferd. Dümmlers Verlag.
- Lee, D. T., Schachter, B. J. (1980). Two algorithms for constructing a Delaunay triangulation. *International Journal of Computer & Information Sciences*, 9(3), 219–242. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/bf00977785>
- Luhman, T., Robson, S., Kyle, S., Boehm, J. (2014). *Close-range photogrammetry and 3D imaging. 2nd Edition*. Berlin/Boston: Walter de Gruyter GmbH.
- Maas, H.-G., Hampel, U. (2006). Photogrammetric techniques in civil engineering material testing and structure monitoring. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 72(1), 39–45. DOI: <http://dx.doi.org/10.14358/pers.72.1.39>
- Niederöst, M., Maas, H.-G. (1997). Automatic deformation measurement with a still video camera. V: Gruen, Kahmen (ur.). *Optical 3-D Measurement Techniques IV*. Heidelberg: Herbert Wichmann Verlag, 266–271.
- Pan, B., Qian, K., Xie, H., Asundi, A. (2009). Two-dimensional digital image correlation for in-plane displacement and strain measurement: a review. *Measurement Science and Technology*, 20(6), 062001. DOI: <http://dx.doi.org/10.1088/0957-0233/20/6/062001>
- Périé, J. N., Calloch, S., Cluzel, C., Hild, F. (2002). Analysis of a multiaxial test on a C/C composite by using digital image correlation and a damage model. *Experimental Mechanics*, 42(3), 318–328. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/bf02410989>
- Remondino, F., Fraser, C. (2006). Digital camera calibration methods: considerations and comparisons. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 36(5), 266–272.
- Scaioni, M., Feng, T., Barazzetti, L., Previtali, M., Roncella, R. (2015). Image-based deformation measurement. *Applied Geomatics*, 7(2), 75–90. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s12518-014-0152-x>
- Sibson, R. (1981). A brief description of natural neighbor interpolation (Chapter 2). V: Barnett (ur.). *Interpreting Multivariate Data*, Chichester: John Wiley, 21–36.
- SIST EN 1998-1 (2005). Evrokod 8: Projektiranje potresnoodpornih konstrukcij. Del 1: Splošna pravila, potresni vplivi in vplivi na stavbe, marec 2005.
- Snoj, J., Dolšek, M. (2016). Eksperimentalne raziskave armiranobetonskih sten konstrukcijskega sistema JUBHome WALL. Ljubljana, Inštitut za konstrukcije, potresno inženirstvo in računalništvo.
- Snoj, J. (2014). Ocena potresnega tveganja zidanih stavb. Doktorska disertacija. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- Snoj, J., Dolšek M. (2015a). Pushover-based loss estimation of masonry buildings with consideration of uncertainties. V: Proceedings of the 12th International Conference on Applications of Statistics and Probability in Civil Engineering, Vancouver, Kanada, 12.–15. julij 2015. Civil Engineering Risk and Reliability association (CERRA): Paper No. 333, 1–8.

- Sony (2015). Napreden fotoaprat s senzorjem tipa 1.0 RX100 II. <http://www.sony.si/electronics/kompaktni-fotoaparati-cyber-shot/dsc-rx100m2>, pridobljeno 26. 11. 2015.
- Stoilov, G., Kavardzhikov, V., Pashkouleva, D. (2012). A comparative study of random patterns for digital image correlation. *Journal of Applied Mechanics*, 42(2), 55–66. DOI: <http://dx.doi.org/10.2478/v10254-012-0008-x>
- Sutton, M. A., Orteu, J. J., Schreier, H. (2009). *Image correlation for shape, motion and deformation measurements*. New York: Springer.
- Tomažević, M., Gams, M., Berset, T. (2015). Strengthening of stone masonry walls with composite reinforced coatings. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 13(7), 2003–2027. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10518-014-9697-7>
- Tsai, R. Y. (1987). A versatile camera calibration technique for high-accuracy 3D machine vision metrology using off-the-shelf TV cameras and lenses. *IEEE Journal of Robotics and Automation*, 3(4), 323–344. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/jra.1987.1087109>
- Wattrisse, B., Chrysochoos, A., Muracciole, J. M., Némoz-Gaillard, M. (2001). Analysis of strain localization during tensile tests by digital image correlation. *Experimental Mechanics*, 41(1), 29–39. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/bf02323101>
- Whiteman, T., Lichti, D., Chandler, I. (2002). Measurement of deflections in concrete beams by close-range digital photogrammetry. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 34(4). <http://www.isprs.org/commission4/proceedings02/pdfpapers/181.pdf>, pridobljeno 16. 11. 2015.
- Xiang, G. F., Zhang, Q. C., Liu, H. W., Wu, X. P., Ju, X. Y. (2007). Time-resolved deformation measurements of the Portevin–Le Chatelier bands. *Scripta materialia*, 56(8), 721–724. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scriptamat.2006.08.049>
- Yu, J. H., Dehmer, P. G. (2010). Dynamic impact deformation analysis using high-speed cameras and ARAMIS photogrammetry software (No. ARL-TR-5212). Army Research Lab Aberdeen Proving Ground MD Weapons and Materials Research Directorate. <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a537764.pdf>, pridobljeno 20. 7. 2015.
- Zhang, Z. (2000). A flexible new technique for camera calibration. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 22(11), 1330–1334. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/34.888718>



Grigillo D., Snoj J., Dolšek M. (2016). Fotogrametrično merjenje deformacij pri preizkusih mehanske odpornosti konstrukcijskih elementov. *Geodetski vestnik*, 60 (1): 13-27. DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2016.01.13-27

asist. dr. Dejan Grigillo, univ. dipl. inž. geod.

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

prof. dr. Matjaž Dolšek, univ. dipl. inž. grad.

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

asist. dr. Jure Snoj, univ. dipl. inž. grad.

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

IZDELAVA 3D-MODELA KOMPLEKSNEGA KULTURNO ZGODOVINSKEGA SPOMENIKA Z UPORABO DIGITALNE FOTOGRAMETRIČNE POSTAJE

USING AN IMAGING STATION IN MAKING A 3D MODEL OF A COMPLEX CULTURAL AND HISTORICAL HERITAGE OBJECT

Admir Mulahusić, Nedim Tuno, Jusuf Topoljak, Džemila Balić

UDK: 528.74

Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01

Prišlo: 5. 8. 2015

Sprejeto: 9. 2. 2016

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2016.01.28-41

SCIENTIFIC ARTICLE

Received: 5. 8. 2015

Accepted: 9. 2. 2016

IZVLEČEK

Namen prispevka je prikazati značilnosti tehnologije laserskega skeniranja pri dokumentiranju kulturnozgodovinskih objektov kompleksne oblike. Popolno digitalno snemanje spomenika je večdimenzionalen proces. Postopek je odvisen od narave samega objekta ter primerne metode merjenja in obdelave. V članku je opisan postopek geometrijske dokumentacije spomenika Umirajoči lev, ki se začne z zajemom podatkov, sledi obdelava, sklene se s predstavitvijo končnih rezultatov. Danes se 3D-modeli pogosto uporabljajo za širjenje informacij o kulturnozgodovinskih spomenikih, na primer prek interneta v obliki formata *.vrml. Kljub temu je oblikovanje visokoločljivih modelov, njihovo objavljavanje in interakcija z njimi še vedno izziv in težka naloga. Zagotovo so takšni modeli z določeno stopnjo točnosti neprecenljivo sredstvo za restavriranje, ohranjanje in upravljanje spomenikov. Glavni cilj tega dela je bil raziskati postopek pridobivanja kolikor je mogoče podrobnega in točnega 3D-modela spomenika.

ABSTRACT

The primary objective of this paper is to present the characteristics of laser scanning technology in the documentation of cultural and historical heritage objects of complex shapes. Generally speaking, the digital recording of monuments is a complex process that depends highly on the nature of subject as well as on applied surveying methods and processing. The paper describes the geometric documentation of the monument 'Wounded Lion', which begins with the collection of data, followed with processing, and concludes with the presentation of the final results. At present, 3D models are frequently used for the dissemination of information about cultural and historical heritage objects, e.g., via web pages in the form of VRML models. However, the creation, publication, and interaction of high-resolution 3D textured models remain rather challenging and difficult tasks. Such models, with a certain level of accuracy, are clearly invaluable tools for applications involving the restoration, maintenance, and monitoring of monuments. The goal of this paper is to explore the process of creating detailed and accurate (to the greatest degree possible) 3D models.

KLJUČNE BESEDE

kulturnozgodovinska dediščina, dokumentiranje kulturnozgodovinske dediščine, lasersko skeniranje

KEY WORDS

cultural and historical heritage, documenting the cultural and historical heritage, laser scanning

1 UVOD

Svet izjublja svojo arhitekturno in arheološko kulturno dediščino hitreje, kot jo strokovnjakom različnih strok uspe dokumentirati. Glavni razlogi za izgube so katastrofe, ki jih povzročijo ljudje sami, najpogosteje so to nenadzorovani dogodki in vojne. Še en razlog za izginjanje kulturne dediščine so naravne katastrofe ter zanemarjanje in slabo ohranjanje spomenikov (Amans et al., 2013). Velik pomen za zgodovinske objekte ima tudi okolje, v katerem stojijo zgodovinski spomeniki (Mulahusić et al., 2013). »Zgodovinski objekti pričajo o preteklosti, informirajo o sedanosti in dajejo vidni, trajni prikaz o delovanju ljudi v različnih rodovih« (Rüther, 2009). Izdelana dokumentacija o objektih kulturne dediščine je vir informacij za vse, ki ne morejo osebno obiskati objekta, a jih iz različnih razlogov zanimajo tudi največje podrobnosti o njem. Objekt kulturne dediščine je označen z mnogimi detajli, dokumentacijo pa v glavnem sestavljajo: dokumenti o njegovi geometriji, materialih, dokumenti, ki vsebujejo zgodovinske poglede na spomenik, in podobno. Eden od vidikov dokumentacije je pridobivanje podatkov o geometriji objekta, s tem pa sta povezani dve najbolj priljubljeni metodi v arhitekturni fotogrametriji. Metodi, ki sta lahko tudi medsebojno povezani, sta (Kalinka in Rutkowska, 2007):

- bližnjelikovna fotogrametrija in
- lasersko skeniranje.

Podlaga za kakršen koli konservatorski projekt so različne vrste dokumentov o spomenikih. Njihova vloga v ohranjanju dediščine je že zdavnaj prepoznana, posebno v identifikaciji, zaščiti, interpretaciji in fizičnem ohranjanju spomenikov. Fotogrametrija je tradicionalno najbolj prikladna metoda za zbiranje dokumentacije o različnih kompleksnih objektih, ne glede na to, ali so to arhitektonske konstrukcije, skulpture ali splošni spomeniki. Običajno je rezultat takšnih postopkov ortofoto. V zadnjih letih pa se, v skladu s spektakularnimi tehnološkimi doseganji ter uporabo terestričnega laserskega skeniranja (TLS) in digitalne fotogrametrije, stalno izboljšuje delovni tok oblikovanja takšnih izdelkov, in s tem seveda tudi sami izdelki (Stathopoulou et al., 2011).

Ena od zelo priznanih metod za dokumentiranje kulturne dediščine je izdelava geometrijske dokumentacije s tehnologijo laserskega skeniranja. S takšno dokumentacijo se ohranja obstoječe stanje spomenika, ki se je preoblikoval v času, je tudi podlaga za preučevanje preteklosti in vsa prihodnja načrtovanja v zvezi s spomenikom. Tehnologija vključuje niz merenj, na podlagi katerih se opredelijo oblika, velikost in položaj objekta v 3D-prostoru (Balić, 2014).

2 VLOGA GEOMETRIJSKE DOKUMENTACIJE V OHRANJANJU KULTURNE DEDIŠČINE

Edini dostopen način, ki daje smisel, jamči za razumevanje, opredelitev in prepoznavanje kulturne dediščine, je njeno dokumentiranje. Pomen dokumentacije je mogoče prepoznati v različnih aktivnostih, ki vključujejo: zaščito, restavracijo, konzervacijo, identifikacijo, spremljanje, interpretacijo, ohranjanje ter upravljanje zgodovinskih zgradb in lokacij. Zaščita in ohranjanje kulturnih krajev, raziskovanje in uporaba dobljenih rezultatov so vse večkrat podprti z digitalnimi mediji in odvisni od njih. Z gotovostjo lahko zatrdimo, da so dokumentacijska orodja v zadnjih dvajsetih letih zelo napredovala (Haddad, 2011).

Na področju kulturne dediščine lahko velikost objektov sega od zelo majhnih do gigantskih struktur, in tako zajema spomenike, skulpture, artefakte, mumije, grobove, grobnice, amfiteatre in arheološka najdišča. Danes, v moderni dobi, obstaja kar nekaj orodij za digitalizacijo na področju ohranjanja kulturne

dediščine, to so: satelitske in letalske metode zajema terena, bližnjelikovna digitalna fotogrametrija, terestrično lasersko skeniranje, ročni skenerji in posebni medicinski skenerji. Točnost podatkov lahko sega od milimetra do nekaj centimetrov. Geometrijsko dokumentacijo spomenika lahko opredelimo kot *»akcijo zbiranja, obdelave in prezentacije nujnih podatkov za definiranje položaja in obstoječe oblike, velikosti in vrste spomenika v 3D-prostoru v določenem časovnem trenutku«* (Photogrammetry applied to ..., 1972). Lahko rečemo tudi, da *»geometrijska dokumentacija beleži trenutno stanje spomenika, ki se je oblikovalo v toku časa. To je nujna podlaga za raziskovanje njegove preteklosti in ohranjanje teh struktur v prihodnosti«* (Bariami et al., 2012).

Geometrijska dokumentacija bi morala veljati za sestavni del obsežnejšega svežnja tako imenovane splošne dokumentacije kulturne dediščine, sestavljene iz zgodovinske, arhitektonske, arheološke in bibliografske dokumentacije. Geometrijska dokumentacija spomenika sestoji iz serije nujnih meritev, iz katerih je mogoče dobiti vizualne izdelke, kot so: vektorski načrti, rastrske fotografije, 3D-modeli ... Takšni izdelki imajo merske značilnosti, še posebej tisti, ki so izdelani v ortogonalni projekciji (Georgopoulos et al., 2007). Vse pridobljene podatke in informacije o spomenikih je mogoče razdeliti v dve kategoriji in tako oblikovati bazo podatkov dokumentacije. To so (Kalinka in Rutkowska, 2007):

- analitične informacije, ki vključujejo besedilne informacije o zgodovini spomenika,
- geometrijske informacije, ki lahko vključujejo: vektorske načrte, model oblaka točk, ortofoto fasad, 3D-mrežni model, virtualni videomodel, pridobljen iz oblaka točk, interpretacija intenzitete barv s fotografij.

V splošnem lahko govorimo o treh različnih tehnikah geometrijske dokumentacije. To so (Haddad, 2011):

- nefotografska tehnika (grafična dokumentacija, ročno merjenje in tahimetrija);
- fotografska tehnika (fotografije, rektificirane fotografije, računalniško rektificirane fotografije, fotogrametrija in termografija);
- lasersko skeniranje.

3 IZZIVI PRI DOKUMENTACIJI KULTURNE DEDIŠČINE S TERESTRIČNIM LASERSKIM SKENERJEM

V večini aplikacij je določenih osem zahtev za uspešno 3D-rekonstrukcijo objekta: visoka geometrijska točnost, snemanje vseh detajlov, fotorealizem, visoka stopnja avtomatizacije, nizke cene, prenosljivost opreme, fleksibilnost aplikacije in uporabnost velikosti modela (Sabry et al., 2004). Glavni cilj vsake tehnike je uspešno raziskovanje posameznega tipa objekta ali spomenika, izpolnjevanje navedenih zahtev in potreba posameznega projekta digitalnega snemanja (na primer popolno snemanje za arhiv, digitalizacija za predstavitev, digitalizacija za komercialno uporabo in podobno). Obstajajo tehnike, ki zagotavljajo zadovoljive rezultate za zelo majhne objekte, in druge metode za male, srednje ali velike objekte, na splošno spomenike. Obstajajo različne tehnike za kovinske, keramične ali steklene objekte. Lahko rečemo, da je snemanje kulturne dediščine večdimenzionalen proces. Dejavniki, ki vplivajo na izbiro sistema za 3D-digitalizacijo kulturne dediščine, so:

- strošek,
- material digitaliziranega objekta,
- velikost digitaliziranega objekta,

- prenosljivost opreme,
- točnost sistema,
- snemanje tekstur,
- produktivnost tehnike,
- usklajenost dobljenih podatkov s standardi.

Postopek dokumentiranja objekta kulturne dediščine ne zajema samo 3D-digitalizacije objekta oziroma spomenika, temveč se bomo ukvarjali tudi z vprašanji upravljanja digitalne vsebine, predstavitve in razmnoževanja dokumentacije (Pavlidis et al., 2007). 3D-digitalno modeliranje v računalniški grafiki je proces ustvarjanja matematične predstavitve površine objekta s posebno programsko opremo. Model je mogoče predstaviti na različne načine: kot 2D-posnetek, animacija, kratki video z virtualnim sprehodom itd. V postopku modeliranja je treba filtrirati oblak točk. Vsi podatki so obremenjeni s posamezno vrsto pogreškov in vedno obstaja posamezna vrsta šuma, ki je pri modeliranju nezaželena. Takšne slabo definirane točke je treba torej odstraniti, zgladiti je treba površine in s posebnimi metodami izvesti spremembo položaja točk. Količino podatkov je treba zmanjšati, da se skrajša čas obdelave. Nekateri objekti so lahko zelo zapleteni in lahko se zgodi, da jih je težko v celoti zajeti s točkami. Nekateri programi (na primer *Geomagic 3D*) ponujajo orodja za samodejno ali ročno zapolnjevanje praznin. Preden začnemo oblikovati ploskve, je priporočljivo v podatkih odstraniti vse šume.

Za pridobivanje površin iz točk uporabimo orodje za triangulacijo. Mogoče je uporabiti samo točke, v nekaterih primerih (če je treba opredeliti krivulje) pa se točke uporabijo kot vrhovi linij. Takšne možnosti nima vsak program, večina dovoljuje oblikovanje triangulacijske nepravilne mreže (TIN) ali skeleta (opredeljenega z linijami, loki itd.). Zelo pomemben korak na tej stopnji je uporaba orodja za korekcijo mreže TIN. Ko je narejen model površine, je mogoče izdelati model svetlobe in refleksije. To je bolj vizualni korak celotnega procesa. V tej fazi je mogoče izbrati vrsto izvora svetlobe. Operater lahko izbere položaj svetlobe, material modela in opredeli, kako ta odseva svetlobo (3ds MAX). Na model je mogoče dodati teksturo. Lahko je izbrana le ena barva ali pa privzamemo barvne vrednosti s fotografij. Če se posnetki nanašajo na model, je precej enostavno nanj dodati dejansko teksturo. Postopek se imenuje teksturiranje in daje modelu bolj realističen videz (realistično fototeksturiranje).

Zadnji korak je oblikovanje datoteke in tiskalniškega izpisa za prikaz končnega rezultata. To je lahko 2D-posnetek ali 3D-datoteka. Obstajajo različne vrste 3D-datotek, ki jih je mogoče izvoziti in pregledovati. To so: 3D PDF, OBJ, PLY, STL in pogojno VRML. Podrobno opišimo 3D PDF, ki ponuja različne možnosti uporabe, saj lahko model vrtimo, mogoče je menjati izvor svetlobe in materiale, samo datoteko pa je mogoče pregledati v Adobe Readerju. Druga možnost so videodatoteke. Poenostavljen delovni potek s predstavljenimi operacijami v modeliranju in vizualiziranju od 3D-oblaka točk do koristnih informacij je prikazan v preglednici 1 (Aulejtner, 2011).

Če upoštevamo aktivne in pasivne senzorje, lahko razlikujemo med štirimi alternativnimi metodami za modeliranje objektov (Remondino et al., 2006):

- IBR (ang. *image based rendering*) – prikaz, ki temelji na fotografijah;
- IBM (ang. *image based modeling*) – modeliranje, zasnovano na fotografijah;
- RBM (ang. *range based modeling*) – modeliranje, zasnovano na razdaljah;
- kombinacija metod, zasnovanih na fotografijah in razdaljah.

Preglednica 1: Poenostavljen delovni potek modeliranja: od oblaka točk do končnega modela (Aulejtner, 2011).

Običajen 3D-oblak točk	
Filtriranje oblaka točk	<ul style="list-style-type: none"> — odpravljanje šuma, točk — algoritmi glajenja — posamezni ročni posegi, če so potrebni — zmanjševanje števila točk
Triangulacija	<ul style="list-style-type: none"> — oblikovanje mreže TIN, 3D-površine
Filtriranje mreže TIN	<ul style="list-style-type: none"> — zapolnjevanje praznin (če so prisotne) — algoritmi glajenja — odpravljanje ostrih robov — popravki površine (topologija, preseki) — zmanjševanje števila trikotnikov
Ustvarjanje tekstur/mozaičenje	<ul style="list-style-type: none"> — dejanska tekstura iz fotografij ali umetna tekstura
Nekatere dodatne vizualne opcije	<ul style="list-style-type: none"> — odvisno od programa
Izvoz rezultatov	<ul style="list-style-type: none"> — 2D-posnetki — 3D-datoteke, npr.: 3D PDF, VRML, videodatoteke idr.

4 OSNOVNE INFORMACIJE O SPOMENIKU UMIRAJOČI LEV

Pokopališče Lev (v originalu, bosan.: *Lav*) s površino dveh hektarjev stoji na območju Koševa v neposredni bližini kliničnega centra v Sarajevu (slika 1). Po vzpostavitvi avstro-ogrske oblasti so na njem pokopavali preminule pripadnike avstro-ogrske vojske, med prvo svetovno vojno pa so bili tu pokopani avstro-ogrski vojaki. Prvo ime pokopališča je bilo Vojaško grobišče (nem. *Militar Friedhof*), ime Lev pa je dobilo po veliki figuri leva, delu kiparja Josipa Urbanie. Uporabljalo se je tudi kot hebrejsko aškenaško pokopališče, potem so ga leta 1958 zaprli. Po drugi svetovni vojni se je uradno imenovalo Partizansko grobišče, aprila 1992 pa so mu spet vrnili ime Lev.



Slika 1: Mestno pokopališče z označeno lokacijo skulpture Umirajoči lev in videz spomenika po restavratorskih delih leta 2009 (Rekonstrukcija i restauracija ..., 2014).

V najtežjih trenutkih zgodovine Sarajeva, od aprila 1992 do decembra 1995, ko na pokopališču Bare zaradi neposredne izpostavljenosti artilerijskemu ognju ni bilo mogoče opravljati pogrebov, so obudili pokopališče Lev. V tem obdobju je bilo pokopanih vsega skupaj 3.880 ljudi. Za pokopavanje muslimanov, pravoslavcev, katolikov in ateistov so bile namenjene posebne parcele (Groblje Lav, 2014).

Kot je bilo že navedeno, je spomenik Umirajoči lev zasnoval akademski kipar Josip Urbanija, izdelali pa so ga med letoma 1915 in 1918. Umetnik je uskladil naravno konfiguracijo terena in oblike samega spomenika, pri čemer je ustvaril markantno secesijsko-baročno spominsko obeležje, ki ga danes sestavljajo plato, stopnišče, podstavek in figura ležečega leva.

Urbanija je upodobil svojo poslanico, alegorični pomen Umirajočega leva kot obeležje vojaškega pokopališča iz prve svetovne vojne. Spomenik je oblikovan v duhu pesniškega realizma, zato združuje neo-baročni in secesijski slogovni izraz. Dostopno stopnišče je betonsko, s štirimi vrstami polkrožnih stopnic, izdelanih iz kamnitih kvadrov različnih velikosti, pohodne površine so iz tesanega kamna s fugami. Ob podstavku se širi ploščad, na kateri je bil prej travnik (Hozo, 2007). Skulptura Umirajoči lev je bila poškodovana še pred vojno v letih 1992–1995. Poškodbe zaradi atmosferskih vplivov in posedanja terena so se kazale v obliki plitvih in globokih razpok, površinski sloj skulpture se je krušil in osipal (Rekonstrukcija i restauracija ..., 2014). Večje poškodbe, ki jih je figura leva utrpela v vojni med letoma 1992 in 1995, so bile posledica različnih izstrelkov, pozneje pa tudi škodljivega delovanja vremenskih vplivov (slika 2). Zaradi vsega tega je bilo poškodovanih več kot 70 % kipa; njegova rekonstrukcija je zahtevala temeljito pripravo in premišljeno izvedbo (Hozo, 2007).



Slika 2: Skulptura Umirajoči lev v obdobju 1992–1995 (Hozo, 2007).

Zaradi vojne so se poškodbe na spomeniku večkratno povečale. Dva neposredna zadetka granate sta precej uničila zadnji del skulpture. S konservatorsko-restavratorskimi deli so strukturo stabilizirali, injicirali so razpočene in poškodovane dele, jih ojačali z armaturo, manjkajoče dele podstavka in same figure so dozidali z opeko ter nazadnje grobo in fino zgladili celoten spomenik z malto. Sanacija Umirajočega leva je prvi v nizu kulturno-izobraževalnih projektov, ki so bili izvedeni v okviru mednarodnega sodelovanja Evropski most – Avignon, Ljubljana, Sarajevo (Rekonstrukcija i restauracija ..., 2014). Po prvi fazi v letu 2003 je bilo treba samo še nanesti zunanjo dodatno zaščito. V letu 2009 je bil spomenik saniran, dela so sklenili z nanosom zaključnega sloja z impregnacijo, ki zagotavlja vodoodbojnost površine. Kljub

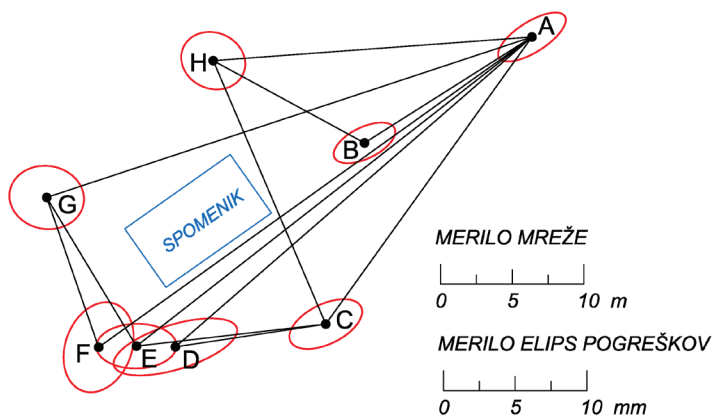
temu so se pokazale manjše pomanjkljivosti in pojavile so se nove poškodbe. Te so večinoma posledica stalne izpostavljenosti spomenika zunanjim vplivom, saj vsak vdor vode in mraza nekoliko uniči strukturo zaključnega sloja (Hozo, 2007; Rekonstrukcija i restauracija ..., 2014).

5 TERENSKA DELA ZA POTREBE IZDELAVE 3D-MODELA

5.1 Vzpostavitev geodetske mreže

Za izpolnitev projektnih zahtev je bilo treba vzpostaviti mrežo fiksiranih točk okoli spomenika. To je kontrolna mreža točk, s katerih je bilo izvedeno skeniranje objekta, in od nje je odvisna tudi točnost končnega rezultata. Pred začetkom meritev je bilo treba obiskati lokacijo spomenika in pregledati teren. Za projekt je bila načrtovana kontrolna mreža osmih točk, razporejenih okoli objekta. Izbrane so bile najbolj ugodne lokacije za kontrolne točke, ki ustrezajo nekaterim zahtevam, kot je medsebojna vizualna povezava med točkami in dovolj stojišč za skeniranje. Po tem je bila izvedena stabilizacija mreže.

Vse meritve v mreži so bile izvedene obojestransko z elektronskim tahimetrom Trimble M3 v dveh ponovitvah (girusih). Skupaj je bilo izmerjenih 38 horizontalnih smeri, 38 zenitnih kotov in 19 dolžin, potem so bile meritve obdelane (računanje ustreznih redukcij in korekcij). Da bi dobili čim bolj kakovostne rezultate, je bila izvedena izravnava mreže s posrednim modelom in definicijo optimalnega datuma. S tem je medsebojni položaj točk določen samo na podlagi meritev oziroma se zagotovi visoka točnost iskanih količin, tj. položajnih koordinat in višin točk v mreži. Za vsako točko so bila izračunana ustrezna standardna položajna in višinska odstopanja (s_{yx} in $s_{y\prime}$). Povprečno standardno položajno odstopanje točk te mreže znaša 3,3 milimetra, kar kaže na zelo dobro točnost koordinat mreže. To potrjujejo tudi elipse pogreškov, ki so prikazane na sliki 3. Standardna odstopanja višin točk so intervali od 1 milimetra do 2 milimetrov.



Slika 3: Oblika mreže in elips pogreškov iz položajne izravnave brez prisile.

5.2 Izdelava oblaka točk

Skeniranje celotnega spomenika je bilo izvedeno z instrumentom Topcon IS3 (Reference Manual Imaging ..., 2007) in je trajalo sedem dni. Na spomeniku so označene detaljne točke, ki so se pozneje uporabljale

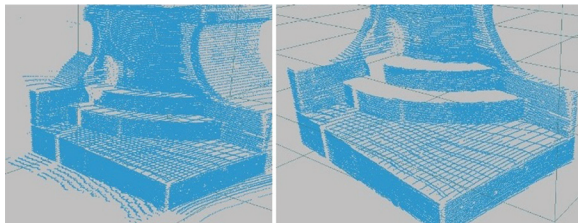
za oceno točnosti izdelanega modela. Kot detajlne točke smo uporabili ročno izdelane tarče (dimenzij 2 cm x 2 cm). Tarče (slika 4) so postavljene na različna mesta na podstavku in so za prikaz na modelu izmerjene s polarno metodo izmere detajla – tahimetrijo. Po postopku skeniranja se je začel najbolj zapleten in dolgotrajen korak projekta – izdelava dokumentacije o spomeniku, to je obdelava podatkov merjenja in skeniranja, njihovo medsebojno povezovanje ter analiza dobljenih rezultatov.



Slika 4: Tarča, pritrjena na podstavek spomenika.

6 OBDELAVA PODATKOV LASERSKEGA SKENIRANJA

Vsi skenogrami so posneti s stojišč s predhodno določenimi koordinatami v lokalnem koordinatnem sistemu, zato so vsi skenirani podatki, ki se uvozijo v program, samodejno poravnani po koordinatah v istem referenčnem koordinatnem sistemu.

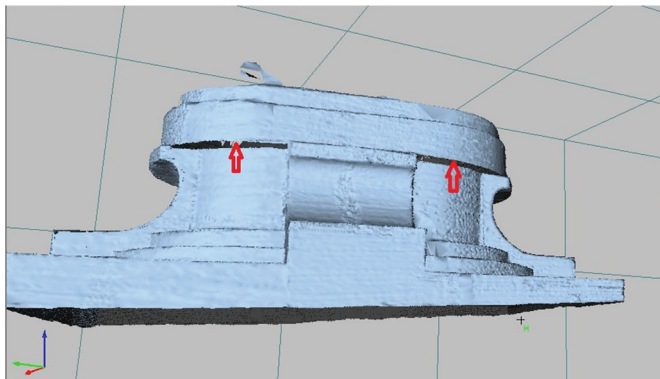


Slika 5: Oblak točk prvega dela podstavka pred postopkom filtriranja (levo) in po njem (desno).

Spomenik Umirajoči lev je sestavljen iz dveh delov: figure leva in podstavka. Površina in oblika objekta sta zelo zapleteni, imata veliko neravnin in delov, ki se medsebojno zakrivajo, zato je treba za obdelavo podatkov zagotoviti dovolj gost oblak točk in tudi zmogljiv program, ki bi dal zelo precizne in realistične rezultate. Ker je celoten podstavek zelo težko obdelati v celoti, je bil proces razdeljen na dvanajst delov. Podatki se po uvozu v program najprej filtrirajo, kar pomeni, da se izločijo moteči podatki, torej točke, ki so nastale z odbojem laserskih žarkov v neposredni bližini ali od bližnjih objektov (dreves, znakov, nagrobnikov) in se kažejo v obliki šuma. Na sliki 5 je prikazan primer filtriranja podatkov.

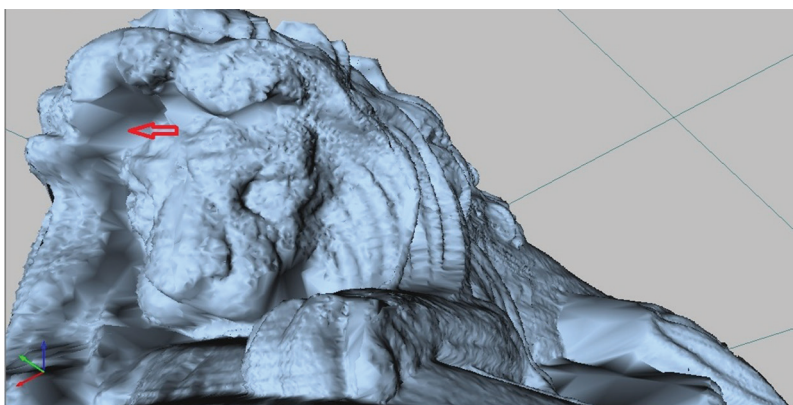
Celoten podstavek je obdelan po delih, zato je bilo treba poiskati način, kako spojiti posamezne dele v celoto. Ker s filtriranjem ni mogoče odpraviti vseh šumov (predvsem tistih v neposredni bližini objekta), se pokažejo po oblikovanju mreže TIN. Mreža TIN se korigira z brisanjem trikotnikov ali njihovih vrhov.

Tako se najprej izvede filtriranje, sledi izrisovanje polilinj, oblikovanje mreže TIN, vključevanje posameznih slojev in brisanje odvečnih trikotnikov na stičnih mejah dveh ali več ploskev. Končni rezultat mreže TIN za celoten podstavek je viden na sliki 6.



Slika 6: Praznine v mreži TIN, ki so nastale zaradi pomanjkanja podatkov.

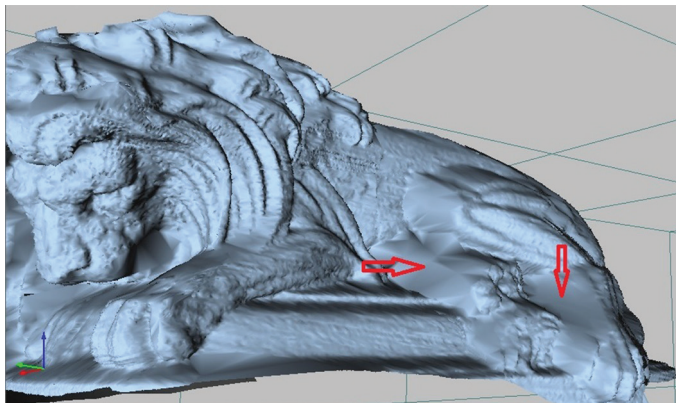
Izdelavi in obdelavi mreže TIN sledi postopek teksturiranja oziroma »pripenjanja« tekstur na mrežo. S teksturiranjem se dobi fotorealističen model objekta. Ta faza obdelave je zelo dolgotrajna, saj je treba urediti več kombinacij fotografij, dokler se ne uskladijo najboljše. Na mreži TIN se enostavno označi, na kateri del se nanaša tekstura, in izberejo se fotografije, ki bodo uporabljene v postopku teksturiranja. Teksturirani model je obremenjen s pomanjkljivostmi, kot so razlike v tonu, raztegnjena območja, praznine in podobno.



Slika 7: Mreža TIN sprednjega dela figure leva z oznako dela (puščica), kjer oblak točk ni dovolj gost.

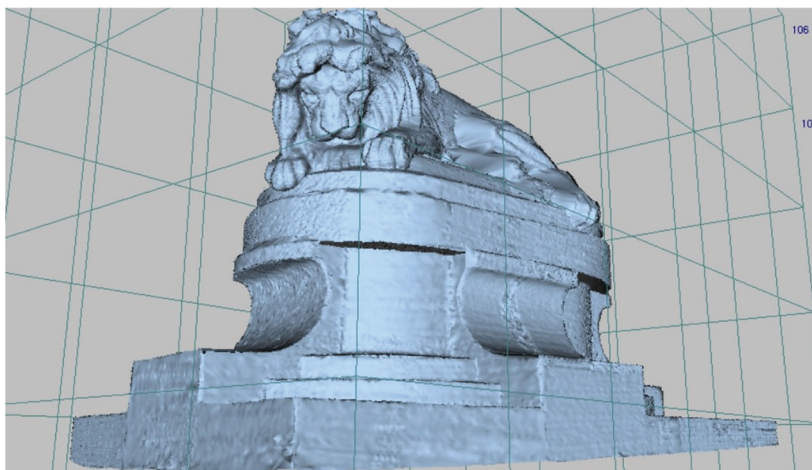
Koraki za izdelavo mreže TIN figure leva (slika 7) so isti kot pri podstavku. Figura leva je bila skenirana z ločljivostjo 9 milimetrov, kar je dalo gost oblak točk. Ker je njena površina neravna in kompleksna, je postopek obdelave dolgotrajen in razdeljen na več delov. Izdelanih je 17 mrež TIN.

Posamezni deli figure (na primer območja okrog prednjih šap) niso v celoti vidni z enega stojišča (stojišče C), zato so posneti še z drugega stojišča (stojišče D). Tako je treba kombinirati dva delna oblaka točk, posneta z dveh različnih stojišč, pri čemer se pokaže kot problematično oblikovanje mreže TIN za isti del. Oblak točk je namreč treba postaviti v pogled, ki ustreza pogledu s stojišča C. Dobljena površina je gladka za točke, posnete s stojišča C, medtem ko se pri vseh točkah, posnetih s stojišča D, pojavljajo špice. Včasih je napak v TIN malo in jih je mogoče odstraniti, kot rezultat pa dobimo lepo zglajeno površino, kot je prikazano na sliki 8.



Slika 8: Odpravljene napake pri kombinaciji dveh oblakov točk, ki sta posneta z različnih stojišč, in pridobljena zglajena površina.

Pri nekaterih kombinacijah oblaka točk, pridobljenih z različnih stojišč, mreža TIN vsebuje toliko napak, da je njihovo odpravljanje dolgotrajno in se ne splača, tako se na koncu izbere tisti oblak točk, iz katerega pridobimo najboljšo mrežo TIN. Ko so odpravljene vse odvečni trikotniki in popravljene napake, je lev obdelan v obliki mreže TIN in po pravilu se začne postopek teksturiranja, ki je tako kot pri podstavku obremenjeno s pomanjkljivostmi. Za celoten spomenik je bilo posnetih 899.931 točk. Po obdelavi je bilo dobljenih 29 površin TIN, ki predstavljajo 3D-model spomenika Umirajoči lev. Ta površina obsega 407.118 trikotnikov in 207.084 vozlišč. Izkušen operater, ki je dobro poznal tudi spomenik, je za izdelavo modela potreboval deset dni.



Slika 9: Prikaz zahodne strani 3D-modela.

Potem ko je 3D-model figure leva (slika 9) uvožen v 3ds Max, je povečan do ustrezne velikosti, da ustreza dimenzijam 3D-modela podstavka iz AutoCAD-a. 3ds Max omogoča teksturiranje z različnimi materiali. Tako je končni 3D-model spomenika »prevlečen« z betonsko teksturo, za boljši učinek so dodane sence. Končni rezultat vizualizacije je prikazan na sliki 10.



Slika 10: Končni 3D-model spomenika Umirajoči lev.

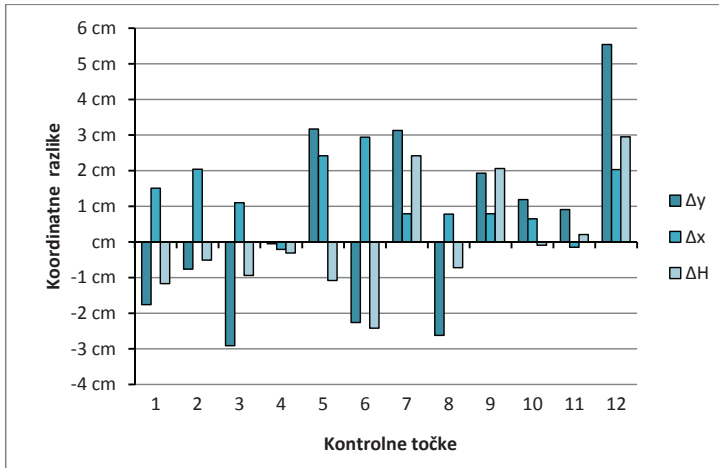
7 OCENA KAKOVOSTI 3D-MODELA SPOMENIKA

Pojem točnost opisuje vrednost, s katero merjenja odstopajo od njihove »prave« vrednosti. Ocenjevanje prostorske točnosti 3D-modela spomenika Umirajoči lev je izvedeno s primerjavo koordinat dvanajstih izmerjenih kontrolnih točk na modelu (v programu ImageMaster) in ustreznih referenčnih (»pravih«) koordinat, izmerjenih s tahimetrom Topcon IS3. Kot dodatni kazalec točnosti modela so izmerjene tudi dolžine na terenu, to je dolžine kontrolnih stranic podstavka spomenika in iste dolžine na 3D-modelu. Izmera je bila izvedena s tahimetrom Topcon IS3, ki zagotavlja natančnost kotnih merjenj 3" (po ISO 17123-3), natančnost merjenja kratkih razdalj brez uporabe reflektorja pa je 5 milimetrov (z uporabo reflektorja jo je mogoče izboljšati na 2 milimetra, po ISO 17123-4). Instrument samodejno določa koordinate opazovane detajlne točke na podlagi podatkov, izmerjenih s polarno metodo, saj so koordinate stojiščne in orientacijskih točk predhodno definirane v lokalnem koordinatnem sistemu. Tako so koordinate vseh detajlnih točk opredeljene v referenčnem lokalnem sistemu. Programska rešitev *ImageMaster* omogoča določanje koordinat katere koli točke v modelu TIN. Ko je TIN oblečen s teksturo, je mogoče brez težav prepoznati tarčo s povečevanjem posameznega dela, na katerem domnevno stoji detajlna točka.

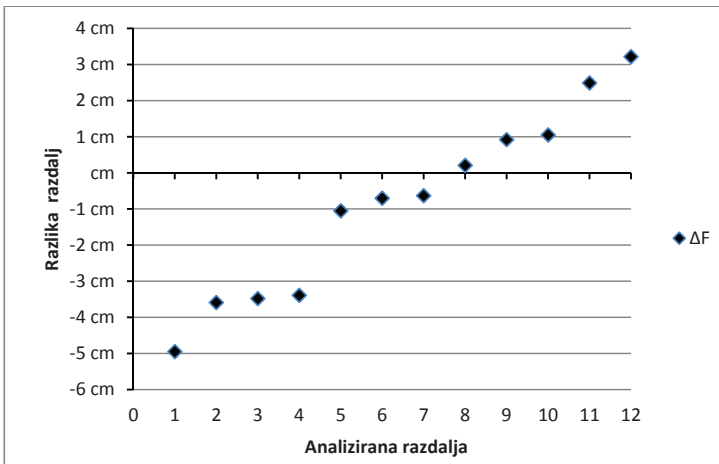
Preglednica 2: Pregled statistike odstopanj na kontrolnih točkah.

Statistične mere	Razlike koordinat					Razlike razdalj
	Δ_y	Δ_x	Δ_{yx}	Δ_H	Δ_{yxH}	Δ_F
Minimum [cm]	-2,91	-0,21	0,07	-2,42	0,32	-4,95
Sredina [cm]	0,46	1,22	3,09	0,03	3,39	-0,83
Maksimum [cm]	5,54	2,94	7,83	2,95	8,37	3,22
Razpon [cm]	8,45	3,15	7,76	5,37	8,05	8,17
St. odstopanje [cm]	2,71	1,61	3,83	1,62	4,16	2,72

Kakovost 3D-modela spomenika, ocenjena s primerjavo koordinat točk in razdalj, dobljenih s programom ImageMaster, ter pravih vrednosti, ponazarjajo statistične mere, prikazane v preglednici 2. Lahko ugotovimo, da z oceno točnosti na podlagi koordinat in oceno točnosti na podlagi razdalj dobimo zelo podobne rezultate. Vrednosti sredine za koordinatne komponente po osi y , x in H kot tudi za razdalje, ki so zelo blizu ničli, kažejo, da ni razloga za sum, da so v razlikah Δ_y , Δ_x , Δ_H in Δ_F prisotni sistematični pogoški. Ker so pogoški medsebojno neodvisni in imajo normalno porazdelitev, je skupna položajna točnost modela 7,1 centimetra, s stopnjo zaupanja 95 %. Za ponazoritev dosežene točnosti je bil izdelan tudi grafični prikaz (sliki 11 in 12), s katerim dobimo vpogled v kakovost izdelanega modela spomenika.



Slika 11: Grafična interpretacija koordinatnih razlik.



Slika 12: Porazdelitev razlik razdalj.

Kot rešitev za prihodnja dela na velikih objektih proste, asimetrične in nepravilne oblike predlagamo zelo pazljivo izbiro položaja stojiščnih točk kontrolne mreže in tudi snemanje robov objekta z večjo ločljivostjo. Zelo pomembno je izbrati stojišča, s katerih se da snemati objekt v celoti. Če posameznih

delov objekta ni mogoče posneti s postavljenih stojišč (tako kot pri našem delu), predlagamo, da se okrog objekta postavi gradbeni oder, če to seveda dopušča finančni okvir. Tako lahko zagotovimo snemanje zakritih delov, ki jih ni mogoče posneti s stojišč na zemeljski površini.

8 SKLEP

Terestrično lasersko skeniranje je z uporabo ustreznega instrumentarija in metodologije za obdelavo podatkov učinkovita tehnika za dokumentiranje različnih spomenikov, torej tudi kulturnozgodovinskega spomenika Umirajoči lev. V preteklosti so spomenik v glavnem poškodovali ljudje, sedaj pa ga počasi uničujejo tudi naravne sile. Največ poškodb nastaja zaradi stalne izpostavljenosti zunanjim vplivom, saj vsak vdor vode in mraza nekoliko razje strukturo zunanjega sloja. Zaradi tega je treba izdelati dokument, v katerem so točno opisane vse geometrijske značilnosti spomenika. To je mogoče narediti tudi s 3D-modelom objekta kot digitalno kopijo, ki jo pridobimo iz oblaka točk. Za izdelavo fotorealističnega 3D-modela za zahtevano stopnjo točnosti so potrebne napredne tehnologije za zajem in obdelavo podatkov. V našem primeru smo za zajem podatkov uporabili tahimeter Topcon IS3. Instrument ima nekaj pomanjkljivosti za tako obsežne projekte, kot je opisani, lahko pa je koristen v projektih, v katerih se ne zahteva velika gostota podatkov (na primer snemanje nasipov, fasad objektov in podobno), saj zagotavlja dobro točnost. V našem primeru instrumentarij delno ustreza zahtevam po točnosti končnega modela. Odstopanja so posledica več razlogov, saj na končni rezultat vplivajo različni dejavniki.

Pomanjkljivost instrumenta, kot je slikovna postaja Topcon IS 3, je zelo dolgotrajen postopek pridobivanja podatkov. Pri velikih projektih se to ne bi splačalo. Obravnavani spomenik zahteva veliko večjo ločljivost skeniranja za pridobivanje dovolj gostega oblaka točk. Večja ločljivost pomeni tudi več porabljenega časa za snemanje. Na kakovost zajetega oblaka točk in torej kakovost končnega rezultata vpliva razpored stojišč, za določitev katerih so potrebne predhodne izkušnje z delom na takšnih spomenikih z zapleteno strukturo. Pomembno je upoštevati tudi vpliv vremenskih razmer in položaj instrumenta glede na sončne žarke. Znano je, da skeniranje površine pod kotom 45° daje dobre rezultate. Prav zaradi navedenih dejavnikov so se pojavljale težave pri oblikovanju mreže TIN.

Z metodo rekonstrukcije je treba iz končnega nabora točk dobiti točno geometrijo in topologijo objekta. Obdelava podatkov je bila izvedena v programu ImageMaster, ki pa ni najboljša rešitev za izdelavo 3D-modela kompleksnega spomenika, kot je Umirajoči lev. Obdelava je zelo dolgotrajna in kljub temu ne vemo, ali bo končni rezultat izpolnil zahteve glede točnosti in vizualizacije. Predlagamo uporabo zmogljivejšega programa za obdelavo podatkov in tudi večjo količino izmerjenih podatkov.

Kot alternativno rešitev (po Meschini et al., 2014) bi lahko uporabili naprednejši merski sistem za zajem prostorskih podatkov (na primer Leica ScanStation P20) in tudi naprednejši program za obdelavo podatkov (na primer Real Works Survey). Mnogi instrumenti nimajo možnosti hkratnega snemanja fotografij, a obstajajo rešitve, pri katerih je mogoče nanje pritrčiti digitalno kamero in jo uporabljati ločeno. Pri tem govorimo o integraciji laserskega skeniranja in bližnjieslikovne fotogrametrije, kar je idealna rešitev za kulturnozgodovinske spomenike, kot je Umirajoči lev. Takšno izdelovanje visokoločljivega teksturiranega 3D-modela je nedvomno zelo zahtevna naloga, če hočemo dobiti zelo točne in realistične rezultate.

Literatura in viri:

Amans, O. C., Beijing, W., Ziggah, Y. Y., Daniel, A. O. (2013). The Need for 3D laser scanning documentation for select Nigeria Cultural heritage sites. *European Scientific Journal* 9(24), 75–91.

Aulejtner, M. (2011). Investigation on methods for making detailed digital models of sculptures and other artefacts. *Magistarska naloga*. Trondheim, Norveška: Norwegian University of Science and Technology.

Balić, Dž. (2014). Izrada 3D modela spomenika „Ranjeni lav“ na groblju Lav u Sarajevu korištenjem laserskog skeniranja. *Diplomska naloga*. Sarajevo: Građevinski fakultet Univerziteta u Sarajevu.

Bariami, G., Faka, M., Georgopoulos, A., Ioannides, M., Skarlatos, D. (2012). Documenting a Unesco WH Site in Cyprus with complementary techniques. *International Journal of Heritage in the Digital Era*, 1(1), 27–32. DOI: <http://dx.doi.org/10.1260/2047-4970.1.0.27>

Haddad, N. A. (2011). From ground surveying to 3D laser scanner: A review of techniques used for spatial documentation of historic sites. *Journal of King Saud University*, 23(2), 109–118. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jksues.2011.03.001>

Hozo, M. K. (2007). Umirući lav – konzervatorski projekat. Sarajevo: Akademija likovnih umjetnosti Univerziteta u Sarajevu.

Georgopoulos, A., Ioannidis, C., Ioannidis, M. (2008). 3D Virtual Reconstructions at the Service of Computer Assisted Archaeological Measurements. V: A. Posluschny, K. Lambers, I. Herzog (ur.), *Proceedings of the 35th International Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology* (9 str.). Berlin, Nemčija: CAA. <http://archiv.ub.uniheidelberg.de/propylaeumdok/volltexte/2010/535>, pridobljeno 22. 5. 2014.

Groblje Lav (2014). Sarajevo: Kantonalno javno komunalno preduzeće Pokop, d.o.o. <http://www.pokop-sarajevo.ba/Groblja/Lav/index.html>, pridobljeno 14. 4. 2014.

Kalinka, M., Rutkovska, E. (2007). Use The 3d Laser Scanning For Documentation, The Riga Cathedral In Latvia. V: F. Remondino, S. El-Hakim (ur.), *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, (XXXVI-5/W47): 3D-ARCH 2007: „Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures“ (5 str.). Zurich, Švica: ISPRS.

Meschini, A., Petrucci, E., Rossi, D., Sicuranza, F. (2014). Point cloud-based survey for cultural heritage: An experience of integrated use of range-based and image-based technology for the San Francesco convent in Monterubbiano. V: F. Remondino, F. Menna (ur.), *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, (XL-5): ISPRS Technical Commission V Symposium (str. 413–420). Riva del Garda, Italija: ISPRS. DOI: <http://dx.doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-5-413-2014>

Mulahusić, A., Tuno, N., Topoljak, J., Balić, Dž., Hadžiosmanović, E., Stanić, S., Hajdar, A. (2013). Primjena fotogrametrije i laserskog skeniranja kod zaštite spomenika kulturno historijske baštine. *Geodetski glasnik*, 44, 34–57.

Pavlidis, G., Koutsoudis, A., Arnaoutoglou, F., Tsioukas, V., Chamzas, C. (2007). Methods for 3D digitization of Cultural Heritage. *Journal of Cultural Heritage*, 8(1), 93–98. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.culher.2006.10.007>

Photogrammetry applied to the survey of Historic Monuments, of Sites and to Archaeology (1972). Pariz: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, UNESCO editions.

Reference Manual Imaging Station IS [3.Scannig] (2007). Tokio, Japonska: Topcon Corporation, http://www.topcon.dk/uploads/media/QG/IS/3_ScanningIS.pdf, pridobljeno 29. 1. 2016.

Remondino, F., Sabry, H. (2006). Image-based 3D modelling: A review. *The Photogrammetric Record*, 21(115), 269–291. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1477-9730.2006.00383.x>

Rüther, H., Chazen M., Schroeder, R. (2009). Laser scanning for conservation and research of African cultural heritage sites: the case study of Wonderwerk Cave, South Africa. *Journal of Archaeological Science*, 36, 1847–1856. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2009.04.012>

Rekonstrukcija i restauracija skulpture „Umirući lav“ (2014). Sarajevo: Kantonalni zavod za zaštitu kulturno-historijskog i prirodnog naslijeđa Sarajevo, <http://www.spomenici-sa.ba/groblja-i-nadgrobnji-spomenici/item/88-umirući-lav>, pridobljeno 14. 4. 2014.

Sabry, F. H., Beraldin, A. J., Picard, M., Godin, G. (2004). Detailed 3D Reconstruction of Large-Scale Heritage Sites with Integrated Techniques. *IEEE Computer Graphics and Application* 24(3), 21–29. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/MCG.2004.1318815>

Stathopoulou, E. K., Valanis, A., Lerma, J. L., Georgopoulos, A. (2011). High and low resolution textured models of complex architectural surfaces. V: F. Remondino, S. El-Hakim (ur.), *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, (XXXVIII-5/W16): *Proceedings of the 4th ISPRS International Workshop 3D-ARCH 2011: "3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures"* (str. 77–81). Trento, Italija: ISPRS.

Mulahusić, A., Tuno N., Topoljak J., Balić D. (2016). Izdelava 3D-modela kompleksnega kulturnozgodovinskega spomenika z uporabo digitalne fotogrametrične postaje. *Geodetski vestnik*, 60 (1): 28-41. DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2016.01.28-41



izr. prof. dr. Admir Mulahusić, univ. dipl. inž. geod.
 US, Građevinski fakultet, Patriotske lige 30
 BIH-71000 Sarajevo, Bosna in Hercegovina
 e-naslov: amulahusic@yahoo.com

doc. dr. Nedim Tuno, univ. dipl. inž. geod.
 US, Građevinski fakultet, Patriotske lige 30
 BIH-71000 Sarajevo, Bosna in Hercegovina
 e-naslov: nedim_tuno@gf.unsa.ba

doc. dr. Jusuf Topoljak, univ. dipl. inž. geod.
 US, Građevinski fakultet, Patriotske lige 30
 BIH-71000 Sarajevo, Bosna in Hercegovina
 e-naslov: jtopoljak@yahoo.com

Džemala Balić, MA geodezije, dipl. inž. geod.
 HPM-Vermessung, Dietrich-Bonhoeffer-Str. 8
 D-38 300 Wolfenbüttel, Nemčija
 e-naslov: balic@hpm-vermessung.de

ROBUSTNE STATISTIČNE METODE, DOPPLERJEVA OPAZOVANJA IN VPLIV VEČPOTJA PRI OPAZOVANJIH GNSS V OTEŽENIH RAZMERAH

ROBUST STATISTICS, DOPPLER OBSERVATIONS AND MULTIPATH EFFECT IN GNSS IN ADVERSE CONDITIONS

Klemen Kozmus Trajkovski, Oskar Sterle, Bojan Stopar

UDK: 519.246
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01
Prispelo: 19. 1. 2016
Sprejeto: 24. 2. 2016

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2016.01.42-52
SCIENTIFIC ARTICLE
Received: 19. 1. 2016
Accepted: 24. 2. 2016

IZVLEČEK

Z visokoobčutljivimi sprejemniki se poskuša zagotoviti neprekinjena navigacija, tudi v oteženih razmerah za sprejem signalov. Posebna sestava teh sprejemnikov in posebne tehnike za njihovo obdelavo omogočajo sprejem zelo šibkih signalov. Vplivi na opazovanja, predvsem večpotje, lahko povzročijo velike pogreške položaja. V prispevku predstavljamo koncept delovanja visokoobčutljivih sprejemnikov GPS ter prikazujemo možnosti za uporabo obdelave opazovanj z robustnimi statističnimi metodami in Dopplerjevimi opazovanji. Na podlagi Dopplerjevih opazovanj lahko ocenimo velikost pogreška večpotja.

ABSTRACT

High sensitivity GPS receivers represent an attempt at seamless navigation in conditions that are not favourable for satellite reception. Reception of very weak signals is enabled through the special structure of these receivers and special signal processing techniques. Observation error sources, especially multipath, can cause large errors in position. The concept of high sensitivity GPS receivers operation is presented. The potential of signal processing using robust statistic methods and Doppler observables is discussed. The multipath error can be estimated using Doppler observables.

KLJUČNE BESEDE

visokoobčutljivi sprejemniki GNSS, otežene razmere, večpotje, robustne metode statistike, Dopplerjeva opazovanja

KEY WORDS

high sensitivity GNSS receivers, adverse conditions, multipath, robust statistics, Doppler observables

1 UVOD

Sistemi za določanje položaja na podlagi signalov s satelitov GNSS (angl. global navigation satellite system) omogočajo širokemu krogu uporabnikov določitev globalnih koordinat kjer koli na Zemlji. Najbolj razširjen GNSS je GPS (angl. global positioning system). Na področju navigacijskih naprav in drugih mobilnih naprav je GPS še vedno edini podprti GNSS, zato bomo v nadaljevanju govorili o sprejemnikih GPS.

Za opazovanja GNSS je včasih veljalo, da so omejena zgolj na območja, na katerih sprejem signalov ni moten. S pojavom tako imenovanih visokoobčutljivih sprejemnikov GPS (angl. High Sensitivity GPS, s kratico HS GPS) se je uporaba GPS razširila tudi na območja z oteženim sprejemom signala, kot so urbana območja, poraščena območja in celo notranjosti objektov.

Signali GPS so že ob prihodu na Zemljo šibki. Z vsakim prehodom skozi fizično oviro se signal še oslabi. Običajni sprejemniki GPS ne omogočajo sprejema zelo šibkih signalov. Zaradi posebne sestave njihovega sprejemnega dela in posebnih tehnik za obdelavo sprejetih signalov so jih sposobni sprejemati samo sprejemniki HS GPS.

Sprejemniki GPS v splošnem določajo položaj na podlagi kodnih psevdorazdalj ali s kombinacijo kodnih in faznih opazovanj. Podatek opazovanj je običajno tudi SNR (angl. signal-to-noise ratio), ki podaja moč signala. Za določitev položaja ali glajenje kodnih opazovanj lahko uporabimo tudi Dopplerjeva opazovanja.

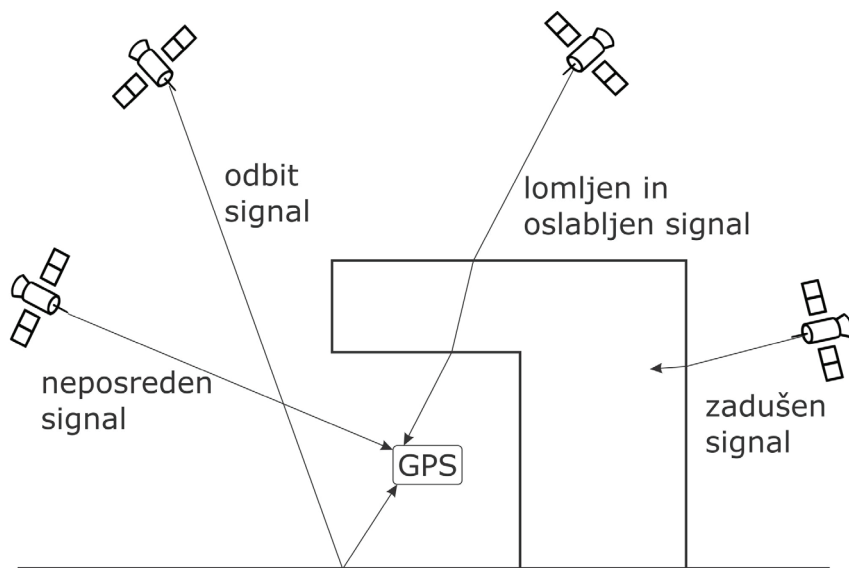
Določitev položaja na podlagi opazovanj GPS običajno temelji na obdelavi podatkov opazovanj po metodi najmanjših kvadratov (v nadaljevanju: MNK). V obdelavo lahko vključimo metode robustne statistike, ki so v splošnem manj občutljive za grobe in sistematične pogreške kot MNK.

2 GPS V OTEŽENIH RAZMERAH

Vplivi in pogreški na opazovanja GPS v oteženih razmerah so enaki kot v vseh drugih razmerah: pogreški tirnic satelitov, pogrešek stanja satelitove ure, ionosferska refrakcija, troposferska refrakcija, šum sprejemnika, pogrešek stanja sprejemnikove ure in odklon faznega centra antene. Vrednosti naštetih pogreškov so neodvisne od okolja sprejemnika.

Prevladujoč vpliv v oteženih razmerah je zagotovo pogrešek tako imenovanega večpotja (angl. multipath). Signal lahko do sprejemnika prispe nemoteno oziroma direktno, lahko se odbije od odbojnih površin, pri prehodu skozi fizične ovire se oslabi in lomi, lahko pa se celo zaduši oziroma toliko oslabi, da je preslaboten tudi za sprejemnike HS GPS. Primeri različnih poti signalov do sprejemnika so prikazani na sliki 1. V nekem trenutku lahko z istega satelita prispejo direkten signal, odbit signal (lahko jih je tudi več) ter lomljen in oslavljen signal (tudi teh je lahko več).

Nenadzorovano vedenje signalov v urbanih okoljih, območjih z gostim rastjem in znotraj objektov lahko povzroči odstopanje položaja od pravega tudi za sto metrov ali več.



Slika 1: Pogreški večpotja v oteženih razmerah.

2.1 Visokoobčutljivi sprejemniki GPS

Sateliti GPS oddajajo kodo C/A na nosilnem valovanju L1 s približno močjo 27 W, s čimer ustrezajo zahtevam po najmanjši moči signala na Zemljini površini, ki mora biti vsaj -160 dBW (ARINC, 2000). Enota dBW opisuje logaritmčno razmerje moči v primerjavi z 1 W, enota dBm, ki se tudi pogosto pojavlja, pa razmerje moči v primerjavi z 1 mW. Vrednost -160 dBW ustreza moči 10^{-16} W in je enakovredna -130 dBm.

Sprejemniki GNSS so sposobni določiti svoj položaj samo, ko sprejemajo signale z vsaj štirih satelitov. Na območjih z gostim rastjem, v urbanih okoljih in znotraj objektov pogosto ni mogoče zagotoviti zadostnega števila signalov. Težavo rešujejo tako imenovani visokoobčutljivi sprejemniki GPS. Sprejemniki HS GPS lahko sprejemajo signale z močjo, manjšo od -180 dBW. Višjo občutljivost ti sprejemniki dosežejo s podaljševanjem časa integracije signala na več kot tipičnih 2–5 ms, kot navaja na primer Wieser (2006). Čas integracije lahko podaljšajo na več 100 ms.

Sprejemniki HS GPS vsebujejo veliko več korelatorjev kot običajni sprejemniki GPS. Običajne vrednosti za HS GPS so nekaj 100.000 korelatorjev, novejši sprejemniki HS GPS vsebujejo že več milijonov korelatorjev. Običajni sprejemniki delajo z 12, 24, 36, 48 oziroma 60 korelatorji. Pri teh signale s posameznega satelita praviloma obdeluje en sam korelator, medtem ko pri HS GPS delčke valovanj s posameznega satelita sprejema več korelatorjev.

Vrednost SNR pomeni razmerje moči nosilnega valovanja in šuma. Moč signala -160 dBW tipično ustreza vrednosti SNR med 41 dBHz in 44 dBHz. Običajni sprejemniki GPS sprejemajo signale, ki imajo vrednost SNR večjo od 33–35 dBHz, kar praktično pomeni, da lahko sprejemajo zgolj signale s satelitov, ki so v tako imenovani liniji vidnosti. Signali, ki prečijo fizično oviro, so praviloma preslabotni za običajne sprejemnike GPS, kot trdi Wieser (2006).

Moč signala upade ob prehodu skozi kateri koli medij razen brezračnega prostora. V normalnih razmerah že sama atmosfera oslabi signal za približno 1 dB, kot navaja Lachapelle (2004). Tipične vrednosti oslabitve signala ob prehodu skozi različne snovi, povzeto po Qinetiq (2005), so:

- 3,5 dB ... steklo (19 mm),
- 4,3 dB ... suh les (76 mm),
- 5,5 dB ... moker les,
- 5,0 dB ... suha opeka,
- 26,0 dB ... beton (203 mm),
- 29,0 dB ... armiran beton (203 mm).

Visokoobčutljivi senzori so vgrajeni v večini novejših naprav, ki jih uporabljamo v vsakdanjem življenju in vsebujejo senzor GPS. Največji proizvajalci čipov so SiRF, u-blox, QinetiQ in MTK. Moduli so tako majhni, da jih dejansko lahko vgradijo v vsako elektronsko napravo. Poleg namenskih navigacijskih naprav čipe GPS vgrajujejo v mobilne telefone, digitalne fotoaparate, zapestne ure, lahko so v obliki ključa USB ipd.

Vsi sprejemniki HS GPS imajo vgrajeno strojno programsko opremo (angl. firmware), ki na podlagi lastnih algoritmov določa položaj sprejemnika v vsakem trenutku. Položaj in ostale spremne podatke zunanjim odjemalcem pošilja v standardni obliki stavkov NMEA (angl. National Marine Electronics Association).

Zelo redki sprejemniki HS GPS omogočajo posredovanje surovih podatkov opazovanj, tj. kodnih psevdorazdalj, vrednosti faznih in Dopplerjevih opazovanj ter razmerje moči signala in šuma za posamezen signal. Lastne algoritme določitve položaja lahko razvijamo samo na podlagi surovih opazovanj. Kodne psevdorazdalje so pri tem nujne, če pridobimo še ostale podatke, jih lahko vključimo v postopek za izboljšanje kakovosti položaja. Podjetje u-blox je eden redkih ponudnikov tako imenovanih preizkusnih kompletov (angl. evaluation kit) za naprave HS GPS, ki poleg obdelanih opazovanj lahko uporabniku posredujejo tudi podatke surovih opazovanj: kodne psevdorazdalje, fazna in Dopplerjeva opazovanja ter vrednost SNR. Za razvoj lastnih postopkov obdelave opazovanj HS GPS smo uporabili modela AEK-4T in EVK-5T podjetja u-blox. Najnovejši čipi serij 7 in 8 tega podjetja, sodeč po navedbah na njihovi spletni strani (<https://www.u-blox.com/en>), sicer podpirajo tudi GLONASS.

3 RAZVOJ LASTNIH POSTOPKOV OBDELAVE

Osnovni način za avtonomno določitev položaja je izravnava podatkov kodnih psevdorazdalj po MNK. Metoda v nemotenih razmerah za sprejem signalov s satelitov omogoča horizontalno točnost do 10 metrov. V oteženih razmerah dosežena točnost zelo pade, tudi na več kot 100 metrov. Kodna opazovanja so v oteženih razmerah zelo obremenjena s pogreškom večpotja, zato lahko izračunani položaj zelo odstopa od dejanskega.

Izravnava po MNK je primerna za obdelavo opazovanj, ki vsebujejo zgolj slučajne pogreške. Kot trdita Basella in Garcia-Asenjo (2008), je ob prisotnosti sistematičnih in grobih pogreškov v opazovanjih MNK zelo občutljiva za tovrstne pogreške in lahko da napačne rezultate. Pri opazovanjih GPS v oteženih razmerah je prisotnost grobih in sistematičnih pogreškov zelo pogosta. Vpliv sistematičnih in grobih pogreškov lahko zmanjšamo z metodami robustne statistike. Bistvo uporabljenih metod robustne statistike je dodelitev

uteži opazovanjem z ustrežno utežno funkcijo, optimalno rešitev pa pridobimo v iterativnem postopku MNK. Obstaja več različnih utežnih funkcij, pogosto uporabljamo tako imenovano L1-normo, kjer utež izračunamo kot obratno absolutno vrednost popravka. Pri lastnih postopkih obdelave smo uporabili modificirano L1-normo, da smo se izognili morebitnemu deljenju z nič v primeru ničelnih popravkov:

$$w_i = \begin{cases} \frac{1}{|v_i|}, & |v_i| \geq 10^{-4} m \\ 10^4 m, & |v_i| < 10^{-4} m \end{cases}.$$

Če to utežno funkcijo vključimo v postopek MNK, gre za minimizacijo vsote absolutnih vrednosti popravkov, kot dokazujeta Baselga in Garcia-Asenjo (2008):

$$\min \sum v_i^2 w_i = \min \sum v_i^2 \frac{1}{|v_i|} = \min \sum |v_i|.$$

Robustne metode statistike lahko uporabimo tudi kot orodje za izločanje grobih pogreškov. V ta namen lahko uporabimo bikvadratno utežno funkcijo:

$$w_i = \begin{cases} (1 - v_{st}^2)^2, & |v_{st}| < 1 \\ 0, & |v_{st}| \geq 1 \end{cases}$$

kjer je v_{st} standardizirani izravnani popravek. Če njegova vrednost znaša več kot 1, popravek dobi utež 0, kar pomeni, da se v izravnavi ne upošteva. Pri opazovanjih GPS v oteženih razmerah se lahko zgodi, da bi tovrstna utež kot grobo pogrešena označila več opazovanj, kar lahko privede do kritičnega zmanjšanja števila opazovanj.

Dopplerjev pojav je v splošnem sprememba frekvence valovanja pri spremembi razdalje med opazovalcem in virom valovanja. Pri približevanju je sprejeta frekvenca višja od oddane, pri oddaljevanju pa nižja od oddane. Frekvenca se ne spreminja, če je oddaljenost stalna. Pri opazovanjih GNSS je Dopplerjev pojav posledica relativne spremembe razdalje med sprejemnikom in satelitom ter se kaže v spremembi frekvence sprejetega valovanja v sprejemniku (Kozmus Trajkovski, 2010).

Spremembo razdalje med sprejemnikom in satelitom na podlagi Dopplerjevega pojava izračunamo po enačbi, ki jo najdemo v Cheng (1999):

$$\Delta D = \frac{1}{2} (D1_{i-1} + D1_i) \cdot \lambda \cdot \Delta t,$$

kjer sta $D1_{i-1}$ in $D1_i$ Dopplerjevi opazovanji v predhodni in trenutni epohi, λ je valovna dolžina in Δt je časovni interval med zaporednima epohama. Dopplerjeva opazovanja lahko uporabimo tudi za glajenje kodnih opazovanj z različnimi filtri. Najbolj znan filter za glajenje kodnih opazovanj je tako imenovani Hatch-filter, ki ga opisujeta tudi Nie in Liu (2005).

Položaj sprejemnika lahko določimo na podlagi kodnih psevdorazdalj ali s kombinacijo kodnih psevdorazdalj in Dopplerjevih opazovanj. Ker eden od testnih sprejemnikov ne podpira faznih opazovanj, teh nismo vključili v postopek obdelave. Določitev začetnega položaja poteka le s kodnimi opazovanji. Po končanem iterativnem postopku z robustno metodo dobimo izravnane vrednosti za začetni položaj (X, Y, Z) in ocenjeno začetno stanje sprejemnikove ure.

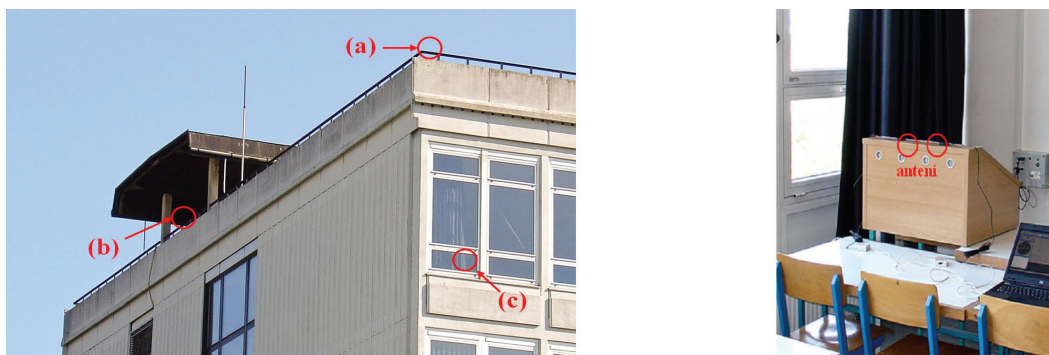
Določitev položaja v naslednjih epohah poteka relativno glede na začetni položaj, če v obdelavo vključimo kodna in Dopplerjeva opazovanja. Pri zgolj kodnih opazovanjih je določitev vsake epohe neodvisna od predhodnih, tj. poteka enako kot za začetni položaj.

Določitev neznank v epohah, ki sledijo začetni, poteka v dveh fazah. V prvi fazi iterativno določimo neznanko popravka sprejemnikove ure. Pri robustnem načinu obdelave je v prvi iteraciji utež L1-norme enaka 1, nato jo računamo enako kot v prvi epohi. Kadar v postopek vključimo Dopplerjeva opazovanja, za določitev popravka sprejemnikove ure uporabimo le Dopplerjeva opazovanja. Zaradi tega je pri tem načinu krivulja izračunanih vrednosti precej bolj gladka od krivulje, ki jo dobimo s skupno obravnavo popravka sprejemnikove ure in položaja ter vključitvijo kodnih opazovanj. Obenem zelo zmanjšamo nenadne večje spremembe popravkov.

V drugi fazi obdelave posamezne epohe določimo preostale tri neznanke položaja. Popravek sprejemnikove ure iz prve faze je vhodni podatek za drugo fazo obdelave.

4 PREIZKUSI IN ANALIZA REZULTATOV

Testiranja razvitih metod obdelave in raznih nastavitev parametrov smo izvedli v različnih razmerah: neoviran sprejem signalov, otežen sprejem signalov, znotraj objekta in kinematični način določanja položaja v mešanih razmerah.



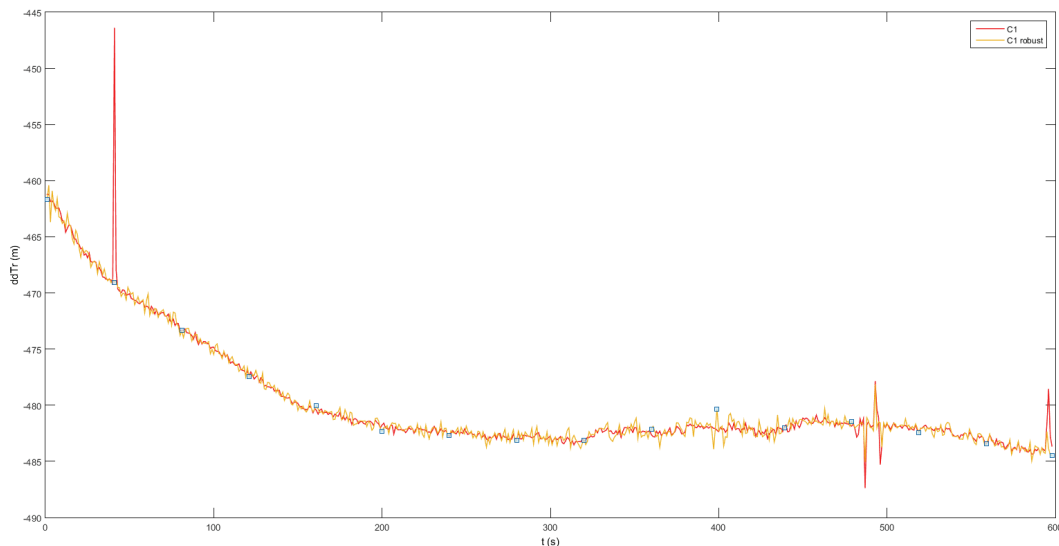
Slika 2: Izmeritvene točke v različnih razmerah.

Na sliki 2 levo so prikazane točke za testne izmere v različnih razmerah: (a) na odprtem, (b) na oviranem območju in (c) znotraj objekta. Na desni strani slike 2 je prikaz postavitve anten sprejemnika znotraj objekta.

4.1 Robustne metode obdelave

Učinkovitost metod robustne statistike prikazujeta primera, objavljena v Kozmus Trajkovski (2010). V obdelavi kodnih psevdorazdalj je bila ena razdalja namerno spremenjena za 50 metrov od dejansko izmerjene. Pri običajni obdelavi po MNK je odmik položaja, ki je izračunan s pokvarjeno psevdorazdaljo, od položaja, ki ga pridobimo z dejanskimi opazovanji, 27,8 metra. Pri robustni obdelavi je odmik obeh položajev 0,08 metra. Pokvarjeno je bilo samo eno od 18 opazovanj. Pri kodnih opazovanjih se lahko zaradi številnih vplivov, še posebej v oteženih razmerah, pogosto pojavijo nenadna odstopanja v psevdorazdaljah za več deset metrov.

Veliko prednost robustnih tehnik pred običajno MNK ponazarja tudi primer določanja popravkov sprejemnikov ure. Na grafu 1 so z rdečo barvo prikazane spremembe popravka sprejemnikove ure, pridobljene z MNK. Te so zelo občutljive za spremembo sestave satelitov. Veliko manj so občutljive robustne tehnike, spremembe popravka sprejemnikove ure ob uporabi robustne statistike so prikazane z oranžno barvo.



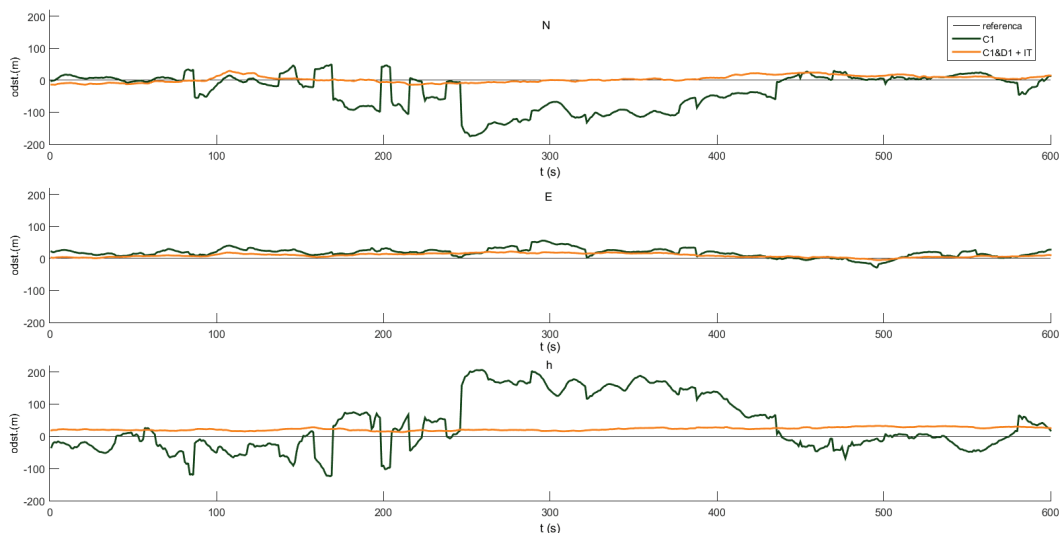
Graf 1: Grafikon sprememb popravkov sprejemnikove ure v neoviranih razmerah z MNK (rdeča – temnejša barva) in robustno metodo (oranžna – svetlejša barva).

Zgornji primer se nanaša na neoviran sprejem signalov s satelitov, medtem ko se v oteženih razmerah večkrat pripeti, da obdelava z robustnimi tehnikami v določenih epohah ne konvergira in zato ni vidne izboljšave rezultatov v primerjavi z MNK.

4.2 Dopplerjeva opazovanja

Začetni položaj vedno določamo samo s kodnimi opazovanj, saj lahko na podlagi Dopplerjevega pojava ocenimo zgolj spremembo razdalje in torej potrebujemo referenčno razdaljo. Oba tipa opazovanj lahko obravnavamo kot samostojna, lahko pa Dopplerjeva opazovanja uporabimo za filtriranje kodnih opazovanj. V enem ali drugem primeru moramo smiselno ovrednotiti oba tipa opazovanj, saj so Dopplerjeva opazovanja precej bolj natančna od kodnih, kljub temu pa še vedno nepopolna v oteženih razmerah. Glajenje kodnih opazovanj z Dopplerjevimi opazovanji največkrat poteka z že omenjenim Hatch-filtrom.

Na grafu 2 je prikazan primer rezultatov statične izmere na točki z znanim položajem v notranjosti objekta. Z zeleno barvo so prikazana odstopanja po koordinatnih komponentah obdelave kodnih psevdorazdalj po MNK, z oranžno pa odstopanja lastne metode obdelave kodnih in Dopplerjevih opazovanj z upoštevanjem modelov ionsferske in troposferske refrakcije.



Graf 2: Primerjava odstopanj položajev obdelave po MNK (zelená – temnejša barva) ter z lastno obdelavo kodnih in Dopplerjevih opazovanj (oranžna – svetlejša barva) v notranjosti stavbe.

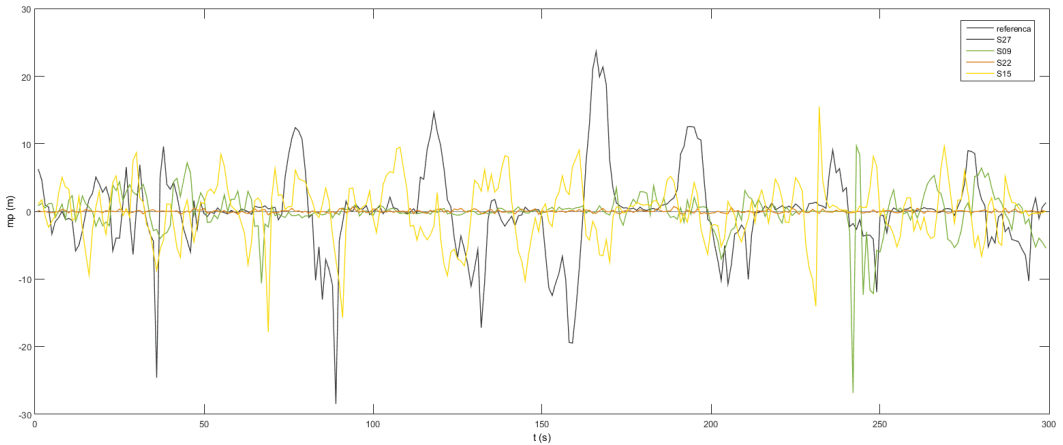
Povprečna absolutna vrednost odstopanja od pravega položaja pri obdelavi kodnih opazovanj po MNK je 45 metrov in 19 metrov po komponentah N in E ter 70 metrov po višinski komponenti, povprečna absolutna odstopanja pri lastni metodi so 9 metrov, 10 metrov in 24 metrov po istih komponentah. Razponi odstopanj po komponentah pri MNK so: za N med -176 metri in $+49$ metri, za E med -29 metri in $+55$ metri ter za h med -123 metri in $+207$ metri. Odstopanja po lastni metodi: za N med -14 metri in $+29$ metri, za E med -5 metri in $+21$ metri ter za h med 14 metri in 33 metri.

Največja odstopanja so po pričakovanjih v višinski komponenti (spodnji del grafa, oznaka h), kjer dosežejo tudi 200 metrov. Z ustrežno metodo obdelave jih lahko omejimo, v tem primeru do okvirno 30 metrov tudi v višinski komponenti.

4.3 Ocena vpliva večpotja na kodna opazovanja

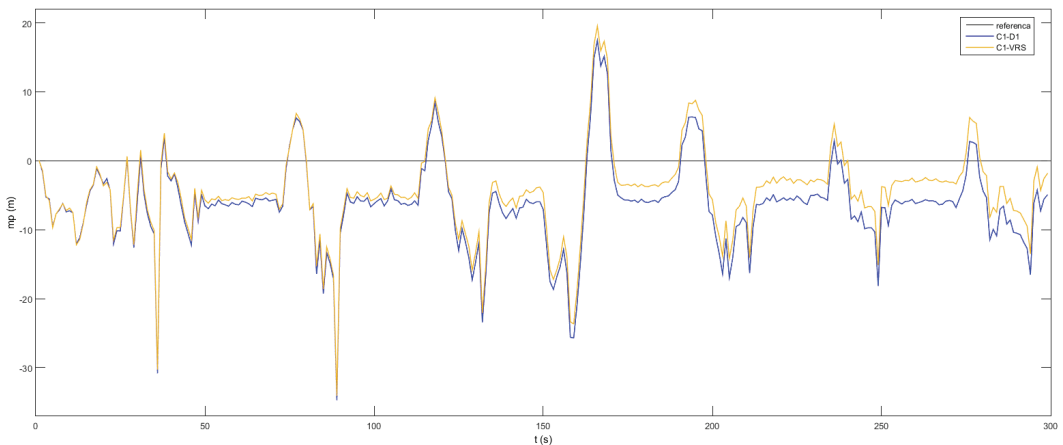
Pogrešek večpotja naj bi na Dopplerjeva opazovanja vplival neznatno. Sam pogrešek pa zelo močno vpliva na kodna opazovanja. Vpliv pogreška večpotja na kodna opazovanja lahko potemtakem ocenimo iz razlik psevdorazdalj, pridobljenih s kodnimi in Dopplerjevimi opazovanji.

Na grafu 3 so prikazane ocene vrednosti pogreška večpotja za kodna opazovanja na primeru opazovanja v oteženih razmerah, pod nadstrešnico. Prikazane so samo vrednosti le za najbolj značilne primere. Vrednosti za prikazane satelite S27, S09 in S15 so med -28 metri in $+23$ metri, medtem ko so vrednosti za satelit S22 med $-0,5$ metra in $+0,7$ metra. Glede na vrednosti za satelit S22 lahko sklepamo, da je bil signal s tega satelita vedno sprejet neposredno, torej brez predhodnega odboja, ali pa je vpliv odboja neznatno.



Graf 3: Ocena pogreška večpotja z Dopplerjevimi opazovanji.

Primernost metode za oceno pogreška večpotja dokazuje tudi primerjava z opazovanji VRS (angl. virtual reference system – sistem tvorjenja navideznih opazovanj GNSS), ki jih lahko generiramo za poljuben položaj in poljuben trenutek. Grafi ocenjenih vrednosti pogreška večpotja z Dopplerjevimi opazovanji in VRS so zelo podobni, kot dokazuje graf 4. Za satelit 27 so z modro barvo prikazane ocenjene vrednosti pogreška večpotja na podlagi Dopplerjevih opazovanj, z oranžno barvo pa vrednosti pogreška večpotja, ocenjene na podlagi navideznih opazovanj VRS. Začetni vrednosti sta nastavljeni na isto vrednost, postopoma pa se razideta zaradi drsenja (angl. drift) stanja sprejemnikove ure, ki tu ni določeno.



Graf 4: Primerjava določitve pogreška večpotja z Dopplerjevimi opazovanji (modra – temnejša barva) in z VRS (oranžna – svetlejša barva).

Tako ocenjene vrednosti pogreška psevdorazdalje sicer vsebujejo tudi druge pogreške, ne samo večpotja, vendar so drugi vplivi za več stopenjk manjši od večpotja, zato lahko trdimo, da velika večina teh vrednosti pripada ravno vplivu večpotja.

5 SKLEP

Z visokoobčutljivimi sprejemniki GPS se je uporaba satelitske navigacije dejansko razširila tudi na območja z oteženim sprejemom signala in celo v notranjost objektov. Dober primer je notranjost avtomobila, kjer običajni sprejemniki GPS ne zaznavajo dovolj satelitov, če sploh katerega, medtem ko navigacijske naprave ali telefoni oziroma tablični računalniki z vgrajenim senzorjem GPS v avtomobilu brez težav določijo položaj.

Razpoložljivost signalov GPS v notranjosti stavb je sicer zelo omejena, sprejem zadostnega števila satelitov je mogoč v bližini zunanjih sten in oken. Zavedati se je treba, da v tovrstnih razmerah lahko nastanejo veliki pogreški v položaju, tudi 100 metrov in več.

Z robustnimi metodami se dokazano izboljša kakovost določitve položaja na območjih brez ovir. V oteženih razmerah pa se lahko pripeti, da iterativen postopek ne konvergira, zaradi česar je določitve položaja nezanesljiva.

Dopplerjeva opazovanja v postopkih obdelave opazovanj GPS v splošnem redko uporabljamo. Z lastnimi postopki obdelave opazovanj smo pokazali, da so Dopplerjeva opazovanja koristna pri določanju popravka stanja sprejemnikove ure in določanju neznank položaja. Zaradi svojih značilnosti se lahko uporabljajo tudi za oceno velikosti pogreška večpotja za signale s posameznih satelitov.

Pri določanju položaja v oteženih razmerah je treba upoštevati, da potrebujejo sprejemniki za določitev prvega položaja oziroma zaznavanje satelitov močnejše signale kot kasneje za njihovo sledenje. Če tako sprejemnik zaženemo (tako imenovani hladni zagon) v nekem okolju z oteženim sprejemom, se lahko zgodi, da ne bo mogel določiti položaja, če pa začetne položaje določi na odprtem območju, mu bo uspelo določiti položaj tudi v oteženih razmerah.

Velika odstopanja položajev v oteženih razmerah lahko z ustreznimi metodami obdelave zmanjšamo na razumno raven, na stopnjo od 20 do 30 metrov tudi v zelo slabih razmerah. Vendar pa rešitev ni univerzalna in je odvisna od številnih dejavnikov. Kljub zelo občutljivim sprejemnikom pa navigacija GPS še vedno ni mogoča povsod, problematična je predvsem notranjost stavb.

Literatura in viri:

- ARINC (2000). Interface Control Document ICD-GPS-200 Revision IRN-200C-004. El Segundo, ZDA: ARINC Research Corporation.
- Baselga, S., García-Asenjo, L. (2008). Global Robust Estimation and Its Application to GPS Positioning. *Computers and Mathematics with Applications*, 56(3), 709–714. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.camwa.2008.02.001>
- Cheng, P. (1999). Remarks on Doppler-Aided Smoothing of Code Ranges. *Journal of Geodesy*, 73(1), 23–28. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s001900050214>
- Kozmus Trajkovski, K. (2010). Razvoj postopkov obdelave opazovanj GNSS za navigacijo oseb v oteženih pogojih. Doktorska disertacija. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za geodezijo.
- Kozmus Trajkovski, K., Sterle, O., Stopar, B. (2010). Sturdy Positioning with High Sensitivity GPS Sensors Under Adverse Conditions. *Sensors* 2010, 10, 8332–8347. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/s100908332>
- Lachapelle, G. (2004). GNSS Indoor Location Technologies. *Journal of Global Positioning Systems*, 3(1-2), 2–11.
- Nie, G., Liu, J. (2005). Application of Geodetic Receivers to Timing and Time Transfer. *Geo-spatial Information*, 8(1), 8–13. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/BF02826984>
- Qinetiq (2005). QinetiQ Q20 High Sensitivity GPS Receiver – Demonstration Kit User Guide. London: QinetiQ.
- Wieser, A. (2006). High-Sensitivity GNSS: The Trade-off between Availability and Accuracy. V: H. Kahmen in A. Chrzanowski (ur.), *Proceedings of the 3rd IAG Symposium on Geodesy for Geotechnical and Structural Engineering, 12th FIG Symposium on Deformation Measurement*, Baden.



Kozmus Trajkovski K., Sterle O., Stopar B. (2016). Robustne statistične metode, Dopplerjeva opazovanja in vpliv večpotja pri opazovanjih GNSS v oteženih razmerah. Geodetski vestnik, 60 (1): 42-52. DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2016.01.42-52

asist. dr. Klemen Kozmus Trajkovski, univ. dipl. inž. geod.
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: klemen.kozmus@fgg.uni-lj.si

prof. dr. Bojan Stopar, univ. dipl. inž. geod.
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: bojan.stopar@fgg.uni-lj.si

asist. dr. Oskar Sterle, univ. dipl. inž. geod.
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: oskar.sterle@fgg.uni-lj.si

IZVAJANJE POPLAVNE DIREKTIVE NA MEDDRŽAVNEM ODSEKU MURE

IMPLEMENTATION OF THE FLOODS DIRECTIVE ON INTERSTATE STRETCH OF MURA RIVER

Blanka Grajfoner, Franci Steinman

UDK: 332.145:627.5
 Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.02
 Prispelo: 18. 12. 2015
 Sprejeto: 19. 2. 2016

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2016.01.53-68
 REVIEW ARTICLE
 Received: 18. 12. 2015
 Accepted: 19. 2. 2016

IZVLEČEK

Poplavna direktiva je prinesla skupni imenovalac urejanja poplavne problematike na območju EU, a vseeno omogoča različnost pri njenem izvajanju v državah članicah, saj je treba upoštevati njihove različne geografske, družbene in gospodarske razmere. Skupni cilj je transparenten prikaz stanja in zmanjšanje oziroma obvladovanje poplavnega tveganja, pri tem pa lahko države samostojno in različno izbirajo povratne dobe visokih voda ter stopnjo tveganja, kar vodi k različnim pravnim režimom na poplavnih območjih. Zato je prostorsko umeščanje značilno za posamezno območje porečja (vezano na državo, zvezno deželo), različna pravna ureditev pa se lahko pojavi tudi pri umeščanju posegov v prostor na sosednjih bregovih mejnega vodotoka, kar bo prikazano na odseku mejne Mure.

ABSTRACT

The Floods Directive has brought a common denominator of flood problem affairs management to the EU but does allow differences in its implementation in the Member States, as they have different geographical, social, and economic conditions. The common goal is a transparent assessment of the situation and reduction or management of flood risks, wherein the Member States can independently and differently select the return periods of high water and the level of risk, which leads to different legal regimes in flood areas. Therefore, the spatial placement is typical of individual areas of the river basin (in a Member State, Federal State); different legal regulation may also occur in the placement of interventions in the space on the adjacent banks of an interstate watercourse, which will be shown on the border stretch of the Mura River.

KLJUČNE BESEDE

poplavna direktiva, obvladovanje poplavnega tveganja, meddržavni vodotok, prostorsko načrtovanje, pravni režim, mejna Mura

KEY WORDS

Floods Directive, Flood Risk Management, interstate watercourse, spatial planning, legal regime, Mura River border stretch

1 UVOD

Naselja so se pogosto razvijala na območjih z ugodnimi naravnimi danostmi za postavitev objektov, za lažjo oskrbo z vodo ipd. Območja ob rekah so bila že od nekdaj zanimiva za naseljevanje in razpoložljivost vode je dolgo oblikovala človeško družbo (Olaj et al., 2012). Vodotoki so tudi vir nevarnosti v prostoru. Za protipoplavne gradbene ukrepe (predvsem infrastrukturne objekte) so potrebna inženirska znanja, pri njihovem umeščanju v prostor pa imajo pomembno vlogo tudi druge stroke (Hartmann in Spit, 2015b). Osnovno informacijo o dosegu visokih voda v obvodni prostor podajajo tako imenovane »poplavne linije«, izračunane za pretoke z različno verjetnostjo pojavljanja. Torej strogih meja, ki bi ločevale območja, popolnoma zaščitena pred poplavami, ni, izoblikoval pa se je pristop, ki se naslanja na stopnjo sprejemljivega tveganja. Tako se načrtuje raba prostora, kjer je škodni potencial pri pojavu visoke vode izbrane verjetnosti pojava dovolj, tj. sprejemljivo, majhen – na primer varovanje razpršene poselitve do tako imenovanih dvajsetletnih voda (Q_{20}), kot določajo Vodnogospodarske osnove Slovenije (ZVSS, 1978). V nadaljevanju bodo obravnavani predvsem naravni viri poplavne nevarnosti, ne pa tudi nevarnosti antropogenega izvora (porušitev nasipov, pregrad ...).

Pri preventivnem ravnanju se torej načrtujejo območja poselitve, pomembna infrastruktura ipd. na območja s čim manjšo stopnjo nevarnosti oziroma na območja s sprejemljivo stopnjo poplavnega tveganja. Ker stopnjo tveganja določata tako izpostavljenost neki stopnji nevarnosti kot ranljivost (neodpornost proti učinkom poplavljanja), je treba usklajevati in medsebojno dopolnjevati tako imenovani pristop »boja proti poplavam« (zmanjševanje poplavne nevarnosti) in pristop »živeti s poplavami« (večanje odpornosti) ter pri tem sprejemati in upoštevati omejitve zaradi poplavnih značilnosti območja (pristopa s krajinskega vidika obravnavana v Blagojević in Dorđević, 2013). Za obvladovanje oziroma zmanjšanje poplavnega tveganja je torej nujno usklajeno delovanje vodnega inženirstva (vodarske stroke) in prostorskega načrtovanja (Hartmann in Jüpner, 2014).

Poplavljanje je lahko enovrstni ali pa sestavljeni dogodek, kar se prikaže v tako imenovanih »poplavnih scenarijih« (Müller et al., 2012). Zato bi morali prostorski načrtovalci upoštevati posledice različnih poplavnih scenarijev, na primer poplavljanje vodotokov, poplavljanje zaradi zalednih voda, podtalnice ipd. Torej podlaga za umeščanje v prostor ni le ena mejna (obrambna) poplavna linija, tj. črta, ki razmejuje »mokra« in »suha« območja, temveč je treba izmed številnih poplavnih linij izbrati najprimernejšo (Hartmann in Jüpner, 2014; Hartmann in Spit, 2015a) ter jo upoštevati pri prostorskem načrtovanju. Za nekatere primere rabe, načrtovanja in urejanja prostora je že obvezno upoštevanje omejitev zaradi naravnih danosti v skladu s predpisi. Dobro pa je preveriti, ali je pravna ureditev tega področja ustrezna in primerljiva s pravnimi normami v sosednji državi in širše.

Namen članka je primerjati prenos določb poplavne direktive v pravna reda Slovenije in Avstrije, da bi prikazali skladnost oziroma razlike pri umeščanju posegov v prostor, kar bo konkretno prikazano za poplavna območja na obeh straneh meddržavnega odseka Mure. Primerjana bodo merila za izdelavo Kart poplavne nevarnosti (KPN), merila za Karte razredov poplavne nevarnosti (KRPN), določila o sprejemljivih posegih na poplavnih območjih ter uporaba tega pri prostorskem načrtovanju v obeh državah.

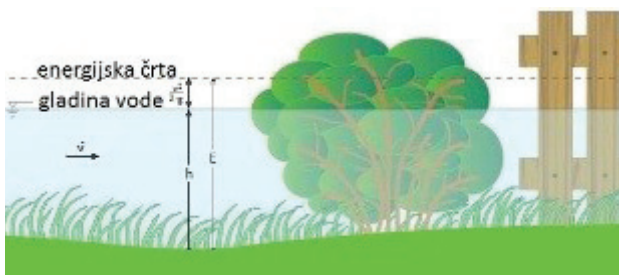
2 PRAVNI OKVIR NA RAVNI EU

Minimalni skupni imenovalac držav članic Evropske unije (EU), ki sicer različno urejajo poplavno problematiko, je pravno formaliziran z Direktivo 2007/60/ES Evropskega parlamenta in Sveta o oceni in obvladovanju poplavne ogroženosti, z dne 23. 10. 2007. V Sloveniji jo krajše imenujemo poplavna direktiva (PD), v Avstriji pa EU-Hochwasserrichtlinie (EU-HWRL). PD vsebuje jasna navodila o obveznostih držav članic in določa roke za njihovo izpolnitev. Določitev ciljev v zvezi z zmanjševanjem oziroma obvladovanjem poplavne ogroženosti je, zaradi raznolikosti vodnih teles in posledično različnih vrst poplav, gospodarskih vidikov ipd., prepuščena državam članicam, ki cilje oblikujejo z upoštevanjem lokalnih in regionalnih okoliščin. Tako so nastale večje razlike pri izvajanju PD med državami, kar pokažejo že opravljene primerjave implementacije PD v nekaterih državah EU (Nones, 2015; Müller, 2013), kjer pa Slovenija ni obravnavana. Zato bo v nadaljevanju prikazano in z ureditvijo v Avstriji primerjano urejanje poplavne problematike za prostor ob slovensko-avstrijski meji vzdolž Mure.

Karte poplavne nevarnosti

PD določa tudi obvezo držav članic, da izdelajo karte poplavne nevarnosti različnih stopenj zanesljivosti in namembnosti, ter rok za izdelavo teh kart. Tako je treba najprej izdelati Opozorilno karto poplav, nato KPN, KRPN itd. Člen 6(3) PD določa, naj se KPN izdelajo za geografska območja z majhno verjetnostjo nastanka poplav (poplave kot posledica izrednih dogodkov), s srednjo verjetnostjo nastanka poplav (z verjetno povratno dobo ≥ 100 let) ter z veliko verjetnostjo nastanka poplav, kjer je to primerno. V členu 6(4) PD je določeno še, da je treba za vsa območja iz člena 6 (3) prikazati podatke o obsegu poplav, globini vode ali nadmorski višini gladine vode ter hitrosti toka ali ustreznem pretoku (v vodnih tokovih, kjer je to primerno). To pomeni, da je treba prikazati dva kazalnika poplavne nevarnosti:

- globino vodnega toka (iz katere lahko izračunamo na primer hidrostatično silo na objekt) ter
- gibalno količino vodnega toka na en meter širine (angl. momentum, ki določa silo impulza na objekt).



Slika 1: Shematski prikaz globine in kinetične energije toka (Prešeren et al., 2012).



Slika 2: Zastojna točka na stanovanjskem objektu (foto: Jože Papež).

Pri vodnem toku (slika 1) je pomembno razlikovanje nevarnosti pri mirnem in deročem toku, ki imata različni kinetični energiji ($v^2/2g$), zaradi česar se lahko razmere ob ovirah hitro spreminjajo. Treba je upoštevati tudi pojav zastoje točke, v kateri ni hitrosti toka (slika 2). Tam nastane največja globina in s tem

sila vode. S slike 2 je razvidno tudi, zakaj je za izračune razmer na poplavnih območjih treba uporabljati dvodimenzionalne (2D) izračune. Z njimi lahko v KPN ali KRPN prikažemo tudi razgibanost vodne gladine in ne le različne globine zaradi razgibanosti terena kot pri enodimenzijskih (1D) izračunih, ki kot rezultat dajejo povprečni vodostaj v prečnem prerezu.

PD države članice zavezuje, da se pri pripravi KPN za poplavna območja, ki so skupna z drugo državo članico, predhodno izmenjajo podatki med državama, kar zagotavlja ustrezne hidravlične izračune poplavnih linij na obeh straneh mejnega vodotoka. V nadaljevanju so možne razlike pri izdelavi KPN, saj lahko države same izberejo povratne dobe visokih voda, katerih poplavne linije omejujejo območja z izbrano verjetnostjo poplavljanja. Takšne razlike so posledica različnih lokalnih (regionalnih) naravnih danosti oziroma drugih razmer in različnih pojmovanj (ne)varnosti (Müller, 2013). Preglednica 1 prikazuje izbrane vrednosti povratnih dob poplav za nekatere države EU, povzete po Müller (2013) in Nones (2015).

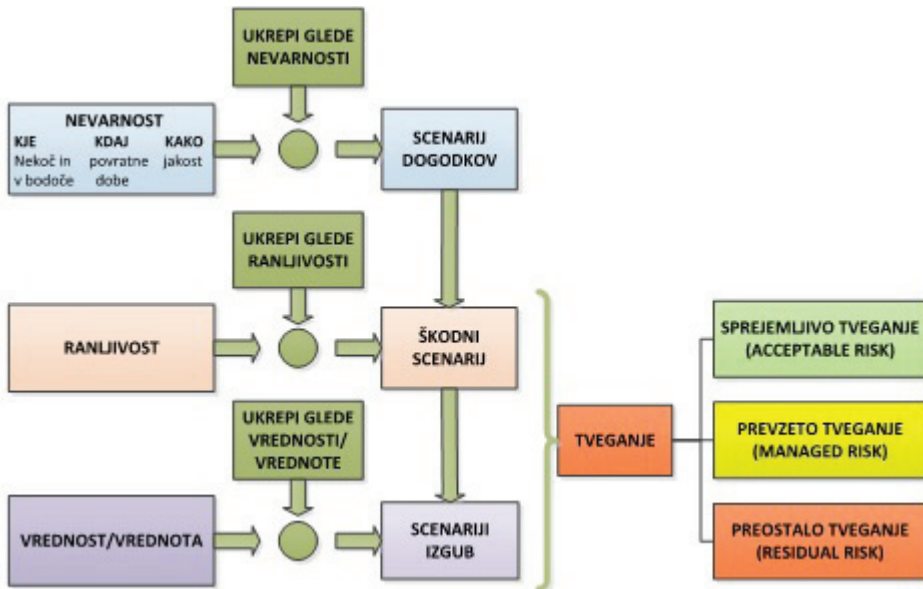
Preglednica 1: Izbrane povratne dobe poplav za izdelavo KPN v nekaterih državah EU po Müller (2013) in Nones (2015).

DRŽAVA ČLANICA EU (zvezna dežela/regija)	POVRATNA DOBA POPLAV		
	z majhno verjetnostjo	s srednjo verjetnostjo	z veliko verjetnostjo
Nemčija (Bavarska)	1,5*Q(100)	100	10
Nemčija (Saška)	200–300	100	20; 25
Nemčija (Saška-Anhalt)	200	100	10; 20
Nemčija (Brandenburg, Schleswig-Holstein)	200	100	10
Nemčija (Turingija)	200	100	20
Nemčija (Spodnja Saška)	> 200	100	< 25
Avstrija	300	100	30
Nizozemska	1000; 1250	100	10
Norveška	500; 1000	100	5
Češka	500	100	20
Belgija (Valonija)	500; 1000	100	25; 50
Madžarska	100	20	5
Združeno kraljestvo Velike Britanije in Severne Irske (Anglija/Wales)	200; 1000	100	75
Združeno kraljestvo Velike Britanije in Severne Irske (Škotska)	1000	200	10
Italija (zakonodajne zahteve)	500	100-200	20-50

Vidimo, da so povratne dobe ponekod določene enotno za celotno državo (na primer Češka, Avstrija), drugod pa se znotraj države razlikujejo (na primer Nemčija). Tudi vrednosti povratnih dob so v obravnavanih državah različne, saj so za poplavno nevarnost z veliko verjetnostjo nastanka poplav izbrane povratne dobe od 5 let (Norveška, Madžarska) do 75 let (Združeno kraljestvo Velike Britanije in Severne Irske/Anglija, Wales), za poplavno nevarnost z majhno verjetnostjo pa se te vrednosti gibljejo od 100 let (Madžarska) do 1000 let ali več (Belgija, Nizozemska, Norveška).

Nevarnost – ranljivost – ogroženost – tveganje

Za razumevanje urejanja poplavne problematike je treba razlikovati med pojmi nevarnost, ranljivost (neodpornost), ogroženost in tveganje (slika 3), zato so v članku izrazi uporabljeni tako, kot jih podaja SIST EN 292-1:1996. Poplavna nevarnost izhaja iz možnosti, da se poplave zgodijo, ranljivost pa je dovzetnost za poškodbe (ljudi, objektov itd.) oziroma škoda zaradi prekinitve dejavnosti ipd. Poplavna ogroženost se torej pojavi, ko je neki stopnji nevarnosti izpostavljen ranljiv/neodporen objekt oziroma subjekt. Stopnja ogroženosti je tako skupek verjetnosti nastopa poplavnega dogodka in pri njegovem nastopu s poplavo povezanih škodljivih posledic za zdravje ljudi, okolje, kulturno dediščino in gospodarske dejavnosti (PD, 2007). Ogroženost torej nastopi, ko sta izpolnjena oba pogoja – izpostavljenost nevarnosti in neodpornost. Stopnja ogroženosti, ki nastane zaradi stopnje nevarnosti/izpostavljenosti in stopnje ranljivosti/občutljivosti, je zato mogoče zmanjševati z ukrepi za zmanjševanje nevarnosti, z ukrepi za zmanjševanje ranljivosti ter z njihovo kombinacijo (Kozelj et al., 2008). Obstaja vrsta ukrepov za zmanjševanje stopnje nevarnosti (na primer zadrževalnik, nasip) in številni ukrepi za povečanje odpornosti, ki obsegajo tako gradnjo vodotesnih objektov kot vodoodporni način gradnje.



Slika 3: Povezava med nevarnostjo, ranljivostjo in tveganjem (Kozelj et al., 2008 z dopolnitvijo).

Kdor vede ali nevede vstopa na območje nevarnosti, pa je ranljiv, je torej ogrožen in pri tem tvega. Stopnja tveganja in možnost, da jo zmanjšamo, pa sta zopet odvisni od stopnje obeh značilnosti. Včasih je stopnja tveganja omejena s predpisi, spet drugič prepuščena samozaščitnemu ravnanju. Pri oceni tveganja je najprej treba opraviti presojo o »sprejemljivem tveganju«, saj se do te stopnje običajno ne izvajajo posebni ukrepi, temveč se pričakuje preventivno in samozaščitno ravnanje. Kakšni so še sprejemljivi posegi v poplavni prostor (na primer gradnja), povedo predpisi, ki določajo pogoje in omejitve gradnje na poplavnih območjih, izhajajoče iz družbeno ocenjene sprejemljive stopnje tveganja. Kadar pa je treba (prekomerno) poplavno tveganje delno zmanjšati oziroma do izbrane meje obvladovati, je to določeno s projektnimi parametri pro-

tipoplavnih ukrepov (na primer obvladovanje tveganja do pojava pretoka Q_{50}). S tem je že določena meja za »prevzeto tveganje«, tj. obseg nalog protipoplavnih ukrepov, da z njimi ali zmanjšujemo nevarnost ali pa povečujemo odpornost proti preteči nevarnosti, na primer s primerno gradnjo objektov (Kozelj et al., 2008).

Izbira projektnih vrednosti je včasih enotna (na primer varovanje državnih prometnic na Q_{100} + varnostno nadvišanje), včasih pa je izbira stopnje prevzetega tveganja določena z analizo ekonomske upravičenosti. S slednjo se prikaže, ali je za zmanjšano pričakovano poplavno škodo (tj. pridobljeno korist) predvidena investicija (tj. strošek) tudi ekonomsko upravičena. Kot vemo, imajo vsi človekovi posegi omejen doseg, zato se lahko pojavijo tudi dogodki, ki presegaajo projektne vrednosti. V takšnih primerih rečemo, da se je materializiralo preostalo tveganje, takšni dogodki pa so označeni kot primer višje sile.

3 OBMOČJA S PRAVNIM REŽIMOM PO PD OB MEJNI MURI

Pravni režim so pravna pravila, uveljavljena s predpisom, s katerim se za območje, običajno natančno omejeno z obodnimi parcelami, določa uživanje dodeljene pravice, omejitve in obveznosti (Marolt in Vugrin, 2012; Steinman in Gosar, 2012). Pravni režim praviloma poseže v lastninsko pravico, zato se lahko vzpostavi le, kadar za to obstaja podlaga v zakonu in so podana merila, glede na katera se lahko pravni režim in pripadajoče območje nedvoumno določita (Steinman in Gosar, 2012). V predpisih je določena vrsta območij z omejitvami – boljše s pravnim režimom, ki določa omejitve, prepovedi in zapovedi. Tudi poplavna območja so zaradi zmanjševanja poplavnega tveganja, določenega s predpisi, primer območij s posebnim pravnim režimom.

Na področju voda so znana še številna območja s pravnim režimom, na primer vodovarstvena, erozijska, priobalna območja itd. (Gosar in Steinman, 2000). Poseben primer so funkcionalna vodna zemljišča, ki jih visoke vode občasno poplavijo (več o tem v Grajfoner in Müller, 2010) in so v nasprotju s katastrskimi vodnimi zemljišči praviloma v lasti oseb zasebnega prava. Omejitve lastninske pravice (prepovedi/zapovedi) na njih povzročajo nezadovoljstvo lastnikov, zato so pravni režimi na poplavnih območjih pogosto izoblikovani kot kompromis med priporočili stroke in željami lastnikov, lokalnih skupnosti itd.

Osnovna pravna pravila za poplavna območja so na ravni EU sicer določena v PD, a je podrobnejša ureditev prepuščena posamezni državi članici. Pravna ureditev na istem delu porečja, tj. na mejni Muri, je zato odvisna od poteka državne meje prek poplavnega območja v Sloveniji oziroma Avstriji. Razlika nastane že zaradi državne ureditve v Avstriji, saj tam zvezne dežele (devet jih je) v določenem obsegu samostojno pravno urejajo posamezna področja, med drugim tudi poplavno problematiko. Za posege ob mejni Muri so na avstrijski strani tako poleg določb zvezne zakonodaje pomembni tudi predpisi v zvezni deželi Štajerska (Steiermark). Ker pa je treba problematiko na mejnih vodotokih reševati usklajeno, je bil že leta 1956 sklenjen meddržavni sporazum za vodno gospodarstvo, v okviru katerega Slovenija in Avstrija usklajujeta posege v prostor in vode, na zasedanjih meddržavne komisije pa se obravnava tudi uvedba evropskih predpisov v zakonodajo obeh držav ter izvaja usklajevanje drugih obveznosti, ki jih za porečje Mure prinašajo mednarodni dokumenti (Rak et al., 2014). Dogovore z meddržavne komisije v Sloveniji potrdi vlada RS, zato postanejo izvršljivi kot podzakonski predpis.

PD je bila v pravni red Republike Slovenije prenesena z Uredbo o vsebini in načinu priprave podrobnejšega načrta zmanjševanja ogroženosti pred poplavami, ki je pričela veljati 13. 2. 2010 (Šantej et

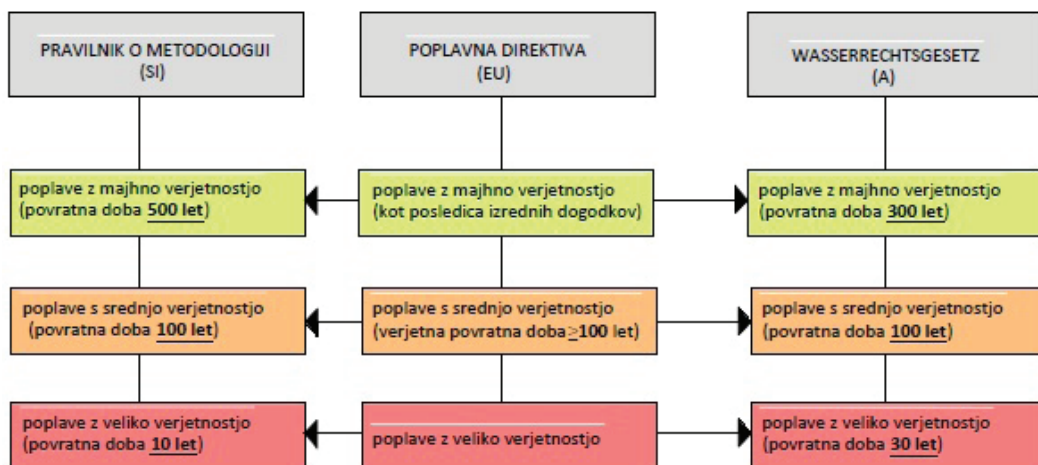
al., 2013). Sicer pa je bila problematika varstva pred škodljivim delovanjem voda že prej obravnavana v vseh zakonih o vodah. Tudi v Zakonu o vodah (ZV-1, 2002; v nadaljevanju: ZV-1) so podane podlage, da je bil lahko sprejet Pravilnik o metodologiji za določanje območij, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja, ter o načinu razvrščanja zemljišč v razrede ogroženosti (Pravilnik, 2007; v nadaljevanju: Pravilnik), ki predpisuje način določanja poplavnih območij, način razvrščanja zemljišč v razrede poplavne nevarnosti in merila za določanje razredov poplavne ogroženosti. Na drugi strani pa so različne stopnje sprejemljivega tveganja podane v Uredbi o pogojih in omejitvah za izvajanje dejavnosti in posegov v prostor na območjih, ogroženih zaradi poplav, in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja (Uredba, 2008; v nadaljevanju: Uredba), v kateri so določeni pogoji in omejitve za posamezne posege v prostor glede na razred poplavne nevarnosti, pri čemer se upošteva tudi, ali lahko takšni posegi pri poplavih ogrožajo vodno okolje, ter opredeljeni pogoji in omejitve za načrtovanje rabe prostora in preventivni ukrepi za zmanjšanje poplavne ogroženosti.

Prenos PD v avstrijski pravni red je bil izveden z novelo zakona o vodah (nem. Wasserrechtsgesetz 1959, kratica WRG 1959), tako imenovano Wasserrechtsnovelle, z dne 30. marca 2011 (Pleschko in Kaufmann, 2012). V Avstriji so že v samem zakonu zapisane določbe, ki vsebinsko urejajo aktivnosti in obveznosti urejanja poplavne problematike, kot so vsebine KPN, kart poplavne ogroženosti, določbe o sodelovanju javnosti v procesu priprave kart ipd. Naj opozorimo, da v Sloveniji to ureja podzakonski akt, kar kaže na veliko razliko v pojmovanju pomembnosti te problematike v obeh državah. V Avstriji so pripravljena podrobnejša pravila, vezana na tehniko izdelave, podatke in njihovo natančnost idr., ter določila o podrobni vsebini KPN, določena s tehničnimi smernicami (Hochwasser Gefahrenkarten fachlicher Leitfadens, 2014). Te smernice so, tako kot zakon o vodah (WRG 1959), obvezujoče za območje celotne Avstrije. Urejanje vsebin, ki v zvezni zakonodaji niso urejene ali pa jih je treba natančneje urediti, je prepuščeno zveznim deželam. Primer takšnih vsebin so tudi pogoji in omejitve za umeščanje v prostor na poplavnih območjih, ki se lahko razlikujejo tudi med avstrijskimi zveznimi deželami.

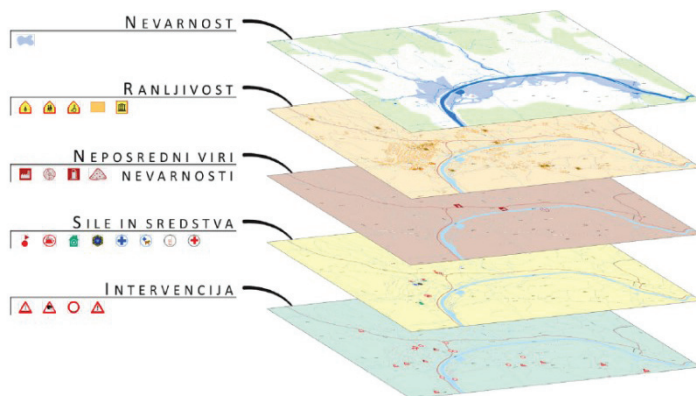
3.1 Karte poplavne nevarnosti

Za območja, kjer poplavlja, je treba izdelati KPN za območja nevarnosti poplav z majhno verjetnostjo nastanka poplav, srednjo verjetnostjo nastanka poplav in veliko verjetnostjo nastanka poplav. V Sloveniji se KPN v skladu s Pravilnikom (2007) izdelajo za poplave s 500-letno, 100-letno in 10-letno povratno dobo, v Avstriji pa v skladu z zakonom o vodah (WRG 1959) za poplave s povratno dobo 300, 100 in 30 let (slika 4).

Izdelane KPN so podlaga za ustrezno, poplavni nevarnosti prilagojeno prostorsko načrtovanje, pa tudi izhodišče za intervencijske ukrepe zaščite in reševanja ob poplavih, saj morajo tudi intervencijske karte vsebovati podatke o poplavni nevarnosti, ogroženosti ter ukrepah in sredstvih za zaščito in reševanje (slika 5). Pri izdelavi načrtov zaščite in reševanja je žal na voljo le prikaz stanja pri pretokih z 10-, 100- in 500-letno povratno dobo iz KPN, čeprav je znano, da so intervencije najpogostejše predvsem pri nižjih visokih vodah. Zato bi bilo izračune, opravljene za izdelavo KPN, zelo dobro dopolniti z izračuni za pretoke manjših povratnih dob (5-letne, 20-letne ipd.) in tako pridobiti dragocene podlage za ukrepe zaščite in reševanja ob poplavih.



Slika 4: Pregled izbranih povratnih dob visokih voda za izdelavo KPN v Sloveniji in Avstriji.



Slika 5: Sloji podatkov, vključenih v intervencijsko karto (Prešeren et al., 2012).

Tudi pri prikazih globine oziroma intervalov globin na KPN so razlike med Slovenijo ($h < 0,5$ m, $0,5$ m– $1,5$ m, $h > 1,5$ m) in Avstrijo ($h < 0,6$ m, $0,6$ m– $1,5$ m, $h > 1,5$ m), oboji pa ponujajo pomembne informacije za načrtovanje posegov v prostor in tudi za izbiro načina reševanja ob morebitnih poplavalah (na primer brodenje, s čolnom). Po avstrijskih predpisih se globine (ter po potrebi hitrosti) prikažejo po intervalih za vse tri povratne dobe (torej za Q_{30} , Q_{100} ali Q_{300}), v Sloveniji pa skladno s Pravilnikom (2007) le za povratno dobo sto let (Q_{100}). Dodaten prikaz, tj. gibalna količina vodnega toka, ki se v Sloveniji določa za pojav Q_{100} le na območjih s hitrostjo, večjo od $1,0$ m/s, pa je pomemben podatek za človeka (nevarnost odnašanja s tokom) in odpornost objektov oziroma posameznih elementov (Kozelj et al., 2008).

V obeh državah je mogoče do nabora kart dostopati prek spleta. V Sloveniji je več možnosti, in sicer prek spletnega portala eVode (<http://evode.arso.gov.si/>) – pregledovalnika prostorskih podatkov Atlas voda, portala PISO (Prostorski informacijski sistem občin, <http://www.piso.si>) itd. V Avstriji pa so že od leta 2006 na spletu (<http://www.hora.gv.at/>) dostopni podatki nacionalnega projekta kartiranja poplav, imenovanega HORA, v katerem so obravnavali približno 26.000 kilometrov avstrijskih vodotokov

(Merz et al., 2008). Pobudo za projekt je dala zveza avstrijskih zavarovalnic, da bi pridobila orodje za oceno izpostavljenosti zavarovancev poplavam in na tej podlagi določala primerno zavarovalno premijo, dopolnila pa jo je država, da bi bile izdelane karte v skladu z zahtevami PD (Merz et al., 2008). Do kart za Avstrijo oziroma zvezno deželo Štajersko je mogoče dostopati prek portala WISA (Wasser Informationssystem Austria, <http://wisa.bmlfuw.gv.at/>), portala GIS Steiermark (<http://www.gis.steiermark.at/>) – pregledovalnika Digitaler Atlas itd.

3.2 Razredi poplavne nevarnosti in umeščanje v prostor na območju mejne reke Mure

Določitev pogojev in omejitev za umeščanje posegov na poplavna območja je prepuščena državam članicam EU. V Sloveniji so določeni enotno za območje vse države, v Avstriji pa so v pristojnosti zveznih dežel, razen za območje do Q_{30} , na katerem veljajo pogoji in omejitve iz zveznih predpisov. V nadaljevanju bo obravnavana ureditev v avstrijski zvezni deželi Štajerska, ki ureja pogoje na levem obvodnem prostoru mejne Mure.




Umeščanje posegov v prostor v Sloveniji omejuje razred poplavne nevarnosti, določen za zadevno območje v KRPN na podlagi globine oziroma gibalne količine poplavnega toka (merila, oznake razredov itd. so določeni v Pravilniku (2007)). Z upoštevanjem obeh meril (prevlada tisto, ki je višje) se območja uvrstijo v štiri razrede: razred velike poplavne nevarnosti, razred srednje poplavne nevarnosti, razred majhne poplavne nevarnosti in razred preostale poplavne nevarnosti.

Osnovna prepoved dejavnosti in posegov v prostor na poplavnih območjih je v Sloveniji določena v ZV-1, podrobneje pa so pogoji za posege in dejavnosti glede na razred poplavne nevarnosti določeni v Uredbi (2008), ki v prilogi 1 določa pogoje in omejitve za posege v prostor, v prilogi 2 pa pogoje in omejitve za izvajanje dejavnosti. Posegi v prostor so v prilogi 1 k Uredbi (2008) navedeni tabelarično po enotni klasifikaciji vrst objektov (CC-SI). Poseg je glede na to, v kateri razred poplavne nevarnosti naj bi se umestil, v preglednici označen kot prepovedan ali dovoljen (pod določenimi pogoji). Tako je na primer poseg, ki je dovoljen z upoštevanjem pogojev iz vodnega soglasja, označen s »+«, prepovedan poseg pa z »-«. Poseg, ki je dovoljen le na območju strnjeno grajenih stavb enakovrstne namembnosti v obstoječih naseljih, kadar je mogoče s predhodno izvedenimi omilitvenimi ukrepi in v skladu s smernicami ali pogoji vodnega soglasja zagotoviti, da vpliv načrtovanega posega v prostor ni bistven, je označen z »-¹«. Poseg, ki je dovoljen le, če ugotovitve celovite presoje vplivov na okolje ali presoje vplivov na okolje niso ocenjene kot uničujoče ali bistvene in je mogoče s predhodno izvedbo omilitvenih ukrepov v skladu z okoljevarstvenim dovoljenjem ali vodnim soglasjem zagotoviti, da njihov vpliv ni bistven, pa je označen z »-²«. V preglednici ni razreda preostale poplavne nevarnosti, torej za umeščanje posegov na teh območjih Uredba (2008) ne postavlja nobenih omejitev.

Na avstrijski strani Mure je na območja dosega poplav s povratnimi dobami 30 let (določbe zvezne zakonodaje) in na območja poplav s povratnimi dobami 100 let (zvezna dežela Štajerska) mogoče posegati le izjemoma in na njih ni dovoljena pozidava (Amt, 2014). Gradnja na območjih do Q_{100} je mogoča le kot izjema iz Uredbe o programu, ki določa poplavno varen razvoj naselij (Verordnung, 2005; v nadaljevanju: Program). V Programu določene izjeme, po katerih je gradnja na območjih Q_{100} dovoljena, so: možnost izvedbe prizidkov (dozidave) k obstoječim zgradbam, ki so namenjene za kmetijske in gozdarske potrebe, ter izjeme, ki jih navaja § 4(2) Programa v preglednici, katere povzetek je podan v preglednici 2.

Razlike pri umeščanju na poplavna območja v Sloveniji in Avstriji/Štajerski se kažejo že v obsegu območij nevarnosti poplav z veliko verjetnostjo in poplav z majhno verjetnostjo. Tako v Sloveniji območja med dosegom poplav Q_{10} in Q_{100} spadajo v območja poplav s srednjo verjetnostjo, kjer že splošno velja, da so pogoji in omejitve »mylejši«, v Avstriji pa del teh območij (do dosega Q_{30}) še vedno spada v območje nevarnosti poplav z veliko verjetnostjo in zato z večjimi omejitvami. V Sloveniji se lahko območja nevarnosti poplav z veliko verjetnostjo uvrščajo v srednji razred poplavne nevarnosti (v razred velike poplavne nevarnosti, če so izpolnjeni pogoji tega razreda), kjer je mogoče ob izpolnjenih pogojih (označenih z »-1«) izvesti mnogo posegov. Zato podzakonski akt (Uredba, 2008) ne daje pravne podlage, da bi na primer namenske rabe CU, CD, IG morali izločiti z območij srednjega razreda poplavne nevarnosti. V Avstriji pa so posegi na območjih nevarnosti poplav z veliko verjetnostjo mogoči le s posebnimi dovoljenji, praviloma pa se na ta območja ne posega. Tudi za območja nevarnosti poplav s srednjo verjetnostjo so v Avstriji novogradnje mogoče le izjemoma, za manjše posege in za posege v utemeljenem javnem interesu, pri tem pa je treba upoštevati še dodatne pogoje, da so te izjeme lahko dovoljene.

Preglednica 2: Izjeme pri posegih na območju Q_{100} iz tabele Programa (Štajerska, Avstrija) (Program, 2005).

RAZLOG IZJEME	VRSTA IZJEME	OPIS	DODATNI POGOJI
MAJHEN POMEN	združitev/zaokrožitev 	Pri manjših posegih je mogoča izjema v primeru zaokrožitve (združitve) naselja, a se mora zemljišče na treh ali štirih straneh navezovati na grajena zemljišča. Maksimalna velikost takšnega območja je 3000 m ² .	— Mogoča je tehnična (gradbena) zaščita pred vsaj 100-letnim poplavnim dogodkom pri ekonomsko upravičenih stroških,
JAVNI INTERES	razširitev 	Izjema mogoča le, če ne obstaja druga možnost razširitve, zemljišče pa meji na že obstoječa gradbena zemljišča. Izvedba le na prioritetenih območjih za razvoj poselitve ter na razvojnih območjih za industrijo in trgovino (določeno v regionalnem razvojnem programu).	— ni pričakovati bistvenega poslabšanja pretočnih razmer,
JAVNI INTERES		Površine za stavbe, ki morajo biti postavljene na poplavnih območjih zaradi svoje funkcije (na primer protipoplavni ukrepi). Prednostna območja za industrijo in poslovne dejavnosti po regionalnem razvojnem programu.	— le za površine, ki niso na območjih z visokimi hitrostmi ali večjimi globlinami.

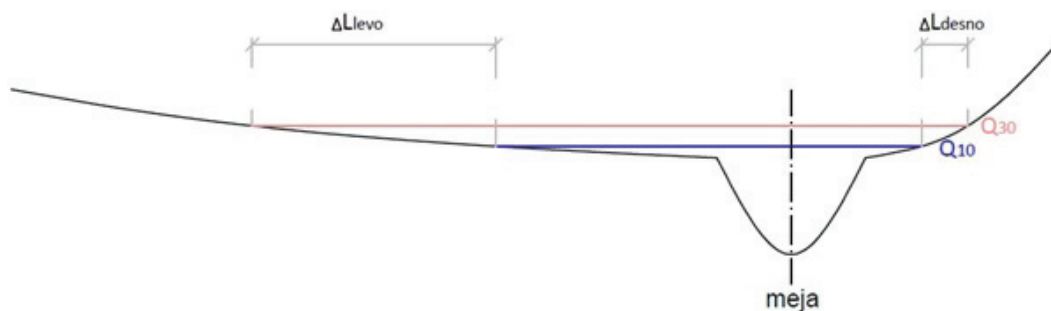
4 PRIKAZ PRAVNIH REŽIMOV PO PD NA ODSEKU MEJNE REKE MURE

Dosedanje ugotovitve so prikazane za odsek mejne Mure na sliki 6, kjer je severno od osi reke ozemlje Avstrije, južno pa ozemlje Slovenije. Zaradi reliefnih značilnosti in posledično večjega obsega poplavnega območja so poplavne površine na avstrijski strani obsežnejše kot na slovenski strani.



Slika 6: Obravnavani odsek mejne reke Mure (izdelava slike: G. Rak, B. Grajfoner).

Z izbiro merila za določitev obsega območja nevarnosti poplav z veliko verjetnostjo v Sloveniji (Q_{10}) in Avstriji (Q_{30}) se torej različno opredelijo pravni režimi v obvodnem prostoru. Kot je shematsko prikazano na sliki 7, pa je razlika med dosegoma poplav Q_{10} in Q_{30} odvisna tudi od reliefa.



Slika 7: Doseg poplav pri posameznih pretokih (Q_{10} , Q_{30}) in s tem obseg območja s strožjim pravnim režimom sta močno odvisna tudi od reliefnih značilnosti.

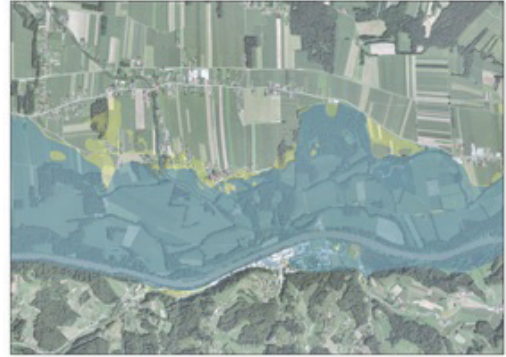
Na levem (avstrijskem) bregu so se kljub temu, da je na ravninskih predelih z izbiro merila Q_{30} obseg poplavnega območja s pravnim režimom veliko večji, odločili za bistveno večji obseg prostora z omejevalnim pravnim režimom, saj na večji površini veljajo strožji pogoji in omejitve zaradi višje izbranega pretoka kot meje nevarnosti poplav z veliko verjetnostjo. Najbrž so presodili, da je tako mogoče zmanjšati naraščanje pričakovane poplavne škode. Na slovenski strani pa se lahko zgodi, da se bo zaradi izbranega nižjega merila (Q_{10}) in torej manjšega obsega območja s strožjimi omejitvami intenzivirala raba prostora, s tem pa pričakovana poplavna škoda povečevala, kar bi lahko izsililo ekonomsko neupravičene protipoplavne ukrepe.

Kako izbira merila za določitev obsega območja nevarnosti poplav z veliko verjetnostjo vpliva na omejitve rabe na obvodnem prostoru mejne Mure, je ponazorjeno na sliki 8, kjer je obseg poplavljenosti izračunan z 2D-hidravličnim modelom. Med pozitivne učinke večjega obsega območja nevarnosti poplav z veliko verjetnostjo (torej pri Q_{30}) lahko štejemo: več prostora za vodo, tj. večji pretočni prerez in s tem manjše hitrosti, večje površine za razlivanje in zadrževanje voda ter s tem manjše prenašanje poplavne nevarnosti dolvodno, večje območje za razvoj obvodnega biotopa, več priložnosti za dejavnosti, ki so manj obču-

tljive za poplavljanje, kot so površine za rekreacijo in prosti čas, pa seveda manjše škodljive posledice ob morebitnih poplavih. Razlike so tudi v obsegu območij nevarnosti poplav z majhno verjetnostjo, saj je v Sloveniji uporabljeno merilo Q_{500} , v Avstriji pa Q_{300} in je tako obseg tega območja v Sloveniji večji (slika 9). Prikaz obsega območja od Q_{100} do dosega Q_{300} v Avstriji oziroma Sloveniji do Q_{500} oziroma do dosega poplav po opozorilni karti poplav se uporablja le kot strokovna podlaga oziroma opozorilo pri načrtovanju prostorskega razvoja.



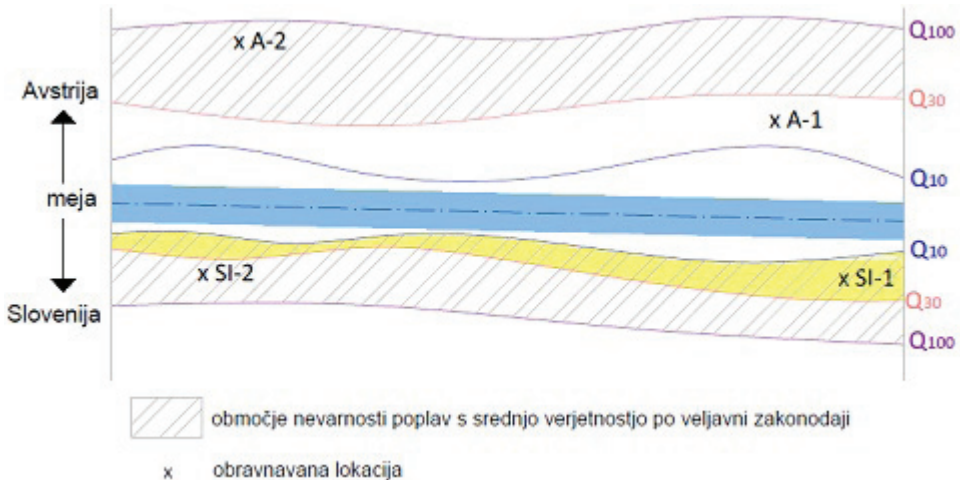
Legenda: ■ Q_{10} ■ Q_{30}



Legenda: ■ Q_{300} ■ Q_{500}

Slika 8: Razlika zaradi različne izbire meril, prikazana z obsegoma območij nevarnosti poplav z veliko verjetnostjo na izbranem odseku mejne Mure (izdelava slike: G. Rak, B. Grajfoner).

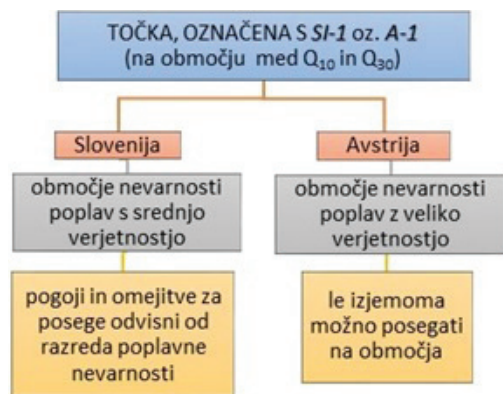
Slika 9: Razlika zaradi različne izbire meril, prikazana z obsegoma območij nevarnosti poplav z majhno verjetnostjo na izbranem odseku mejne Mure (izdelava slike: G. Rak, B. Grajfoner).



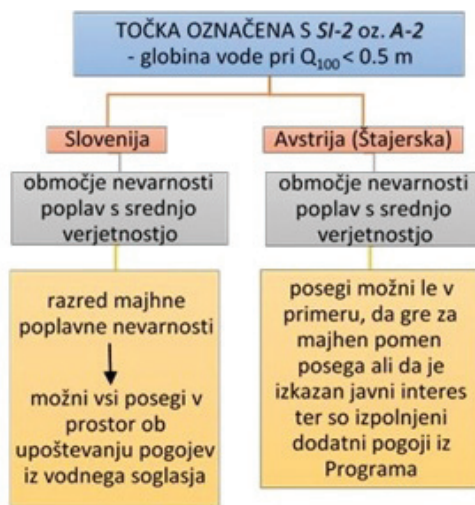
Slika 10: Shematski prikaz dosega poplav glede na povratno dobo in prikaz obsega območja, na katerem v Sloveniji že veljajo milejše omejitve (obarvano rumeno med poplavnima linijama Q_{10} in Q_{30} v Sloveniji).

Zgornji doseg območij nevarnosti poplav s srednjo verjetnostjo je na obeh bregovih mejne Mure določen enako, s povratno dobo sto let. Spodnja meja pa se, zaradi razlike v povratni dobi in posledično obsegu območij nevarnosti poplav z veliko verjetnostjo, razlikuje. Zato v Sloveniji v območje nevarnosti poplav

s srednjo verjetnostjo spada tudi območje med Q_{10} in Q_{30} (slika 10 – obarvano rumeno), kar pomeni, da za lokacijo na tem območju (slika 10 – primerjaj točki SI-1 oziroma A-1) pri nas že veljajo milejši pogoji in omejitve (slika 11).



Slika 11: Pogoji in omejitve za točki, označeni s SI-1 oziroma A-1 (položaj kaže slika 10).



Slika 12: Pogoji in omejitve za točki, označeni s SI-2 oziroma A-2 (položaj kaže slika 10).

Razlike glede umeščanja posegov v Sloveniji in Avstriji/Štajerski za točki, označeni s SI-1 oziroma A-1, ki sta sicer glede na merila obeh držav v različnih kategorijah, tj. ali na območju nevarnosti poplav s srednjo ali z veliko verjetnostjo, prikazuje slika 11. Pogoje in omejitve za lokacije na območju iste kategorije, tj. kjer je globina pri Q_{100} manjša od 0,5 metra, gibalna količina vodnega toka pa ni odločilno merilo, pa prikazuje slika 12.

Ugotovimo torej, da lahko za lokacijo z enakimi poplavnimi značilnostmi vodnega toka veljajo različni pogoji pri umeščanju v prostor samo zaradi lege na ozemlju ene oziroma druge države, kar je posledica različnih lokalnih (regionalnih) naravnih, gospodarskih in družbenih razmer, predvsem pa različno izbrane stopnje sprejemljivega tveganja ter različnih pristopov pri oceni upravičenosti protipoplavnih ukrepov in ukrepanja za zmanjševanje oziroma obvladovanje poplavnih tveganj. V EU že nastajajo pobude za usklajeno izbiro meril vsaj na območju posameznega porečja. Na mejnih vodotokih se je za usklajen pristop mogoče dogovoriti v okviru meddržavne komisije za vodno gospodarstvo, sicer pa v okviru mednarodnih konvencij (Barcelonske za pritoke Sredozemskega/Jadranskega morja in Donavske za vodotoke Črnega morja in znotraj nje za porečje Save).

5 SKLEP

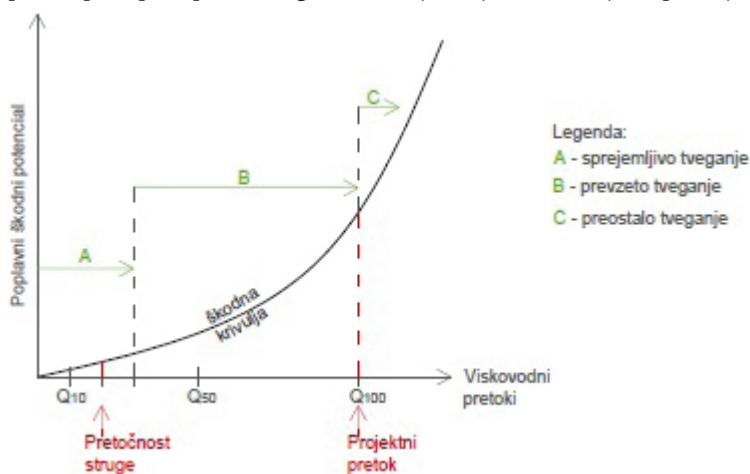
Poplave so naravni pojav, ki ga je treba pri umeščanju posegov v prostor upoštevati, sicer pa s primerno gradnjo oziroma posegi zmanjševati in obvladovati poplavno tveganje. V EU osnovno ureditev podaja PD, vendar se pri izvajanju te direktive zaradi samostojnega državnega določanja ciljev obvladovanja poplavne ogroženosti pojavljajo večje razlike med državami. Razlike v izbiri povratnih dob pretokov za

izdelavo KPN ter različnih pogojev in omejitev glede posegov na območja različne stopnje poplavne ogroženosti je treba pri prostorskem načrtovanju pri čezmejnih posegih (na primer premostitve, rečni pragovi) oziroma pri vplivih na čezmejni obvodni prostor (na primer gradnja nasipov) poznati in ustrezno upoštevati. Slovenija ima vrsto mejnih vodotokov, pri katerih je treba upoštevati različne pravne režime na obeh straneh državne (lahko tudi deželne) meje. V prispevku je prikazan primer na meji z Avstrijo/Štajersko, izvajanje PD pa bo treba primerjati še z drugimi sosednjimi državami.

Med izvajanjem posameznih aktivnosti na področju poplavne problematike so se pokazale nekatere negativne plati sedanje ureditve v PD ter zakonskih in podzakonskih določil, ki bi jih veljalo v prihodnje odpraviti ter ob upoštevanju pridobljenih izkušenj področje ustrezneje in celoviteje urediti z dodatnimi (oziroma natančnejšimi) določbami že na ravni EU, sicer pa vsaj na celotnem porečju mednarodnega vodotoka.

Pri tem bo treba obravnavati vprašanja, ki so povezana s tremi vrstami tveganja, izhajajočega iz pretočnosti struge in projektne pretoka, glede na katerega so dimenzionirani protipoplavni ukrepi, prikazanimi na sliki 13. Slika odpira vrsto vprašanj, odgovore na katera bodo morali ponuditi različni sektorji, da bi jih v procese umeščanja v prostor sintezno vgradili še sistem prostorskega načrtovanja:

- Kako določiti sprejemljivo tveganje za ljudi, območja poselitve, infrastrukturo in dejavnosti v prostoru?
- Naj bodo stopnje enake, regionalno razvojno stimulative ali preventivno (destimulativno) usmerjene?
- Ali je slovenska družba tako bogata, da bo zagotavljala protipoplavne ukrepe za projektne pogoje pri pretoku Q_{100} za vse rabe prostora (ekstenzivne, intenzivne) in vsepovsod?
- Ali naj bodo stopnje protipoplavnega varovanja dinamična kategorija, in jih bo treba posodabljeti hkrati s procesi postopkov prostorskega načrtovanja? To je samo nekaj od vprašanj, ki se postavljajo.



Slika 13: Shematski prikaz območij različnih vrst tveganja, ki so določena glede na družbeno izbiro sprejemljivega tveganja in odločitve o projektne pretoku protipoplavnih ukrepov.

Tudi v takšnih primerih bo treba analizirati prakso sosednjih dežel in stanje na porečjih, ki si jih deli več držav, da bi vzpostavili celovito obvladovanje poplavnega tveganja.

Zahvala

Zahvala mag. Gašperju Raku za pripravo slikovnega gradiva (slika 6, slika 8, slika 9).

Literatura in viri:

- Amt (2014). Hochwasserabflussuntersuchungen in der Steiermark, Ausweisung von Hochwasserabflussgebieten. Das Land Steiermark - Amt der Steiermärkischen Landesregierung. <http://www.wasserwirtschaft.steiermark.at/cms/ziel/5888514/DE/>, pridobljeno 2. 11. 2014.
- Blagojević, I., Đorđević, J. (2013). Landscape approach to flooded areas – an issue or a challenge? *Geodetski vestnik*, 57(4), 760–776. DOI: <http://dx.doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2013.04.747-776>
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2014). Hochwasser gefahrenkarten Fachlicher Leitfaden. Dunaj.
- Gosar, L., Steinman, F. (2000). Pravni režimi na morju. Mišičev vodarski dan 2000. Zbornik referatov, 101–106.
- Grajfoner, B., Müller, M. (2010). Razlika med katastrskimi in funkcionalnimi vodnimi zemljišči. Mišičev vodarski dan 2010. Zbornik referatov, 73–80.
- Hartmann, T., Jüpner, R. (2014). Editorial: The flood risk management plan between spatial planning and water engineering. *Journal of Flood Risk Management*, 1–2.
- Hartmann, T., Spit, T. (2015a). Implementing the European flood risk management plan. *Journal of Environmental Planning and Management*, 59(2), 360–377. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/09640568.2015.1012581>
- Hartmann, T., Spit, T. (2015b). Legitimizing differentiated flood protection levels – Consequences of the European flood risk management plan. *Environmental Science & Policy*, 55, 361–367. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2015.08.013>
- Kozelj, D., Kozelj, K., Steinman, F., Gosar, L. (2008). Poplavna ogroženost in posledice dogodkov preostalega tveganja. *Ujma*, 22, 145–151.
- Marolt, N., Vugrin, M. (2012). Razmerje med evidentiranjem in pravnimi režimi na področju voda. *Geodetski vestnik*, 56(4), 698–712. DOI: <http://dx.doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2012.04.698-712>
- Merz, R., Blöschl, G., Humer, G. (2008). National flood discharge mapping in Austria. *Natural Hazards*, 46(1), 53–72. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11069-007-9181-7>
- Müller, M., Novak, G., Rak, G., Prešeren, T., Kompare, K., Kozelj, D. (2012). Katalog poplavnih scenarijev za izlivno območje Meže. Ljubljana: UL FGG, Vodnogospodarski inštitut, 35 str.
- Müller, U. (2013). Implementation of the Flood Risk Management Directive in Selected European Countries. *International Journal of Disaster Risk Science*, 4(3), 115–125. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s13753-013-0013-y>
- Nones, M. (2015). Implementation of the floods directive in selected EU member states. *Water and Environment Journal*, 29(3), 412–418. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/wej.12129>
- Olaj, A., Gabrijelčič, P., Fikfak, A. (2012). Urbani javni prostor – reka kot razvojni generator. *Geodetski vestnik*, 56(1), 151–168. DOI: <http://dx.doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2012.01.151-168>
- PD (2007). Direktiva 2007/60/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 23. oktobra 2007 o oceni in obvladovanju poplavne ogroženosti. UL L 288, 6. 11. 2007, 27–34.
- Pleschko, D., Kaufmann, A. (2012). Umsetzung der Hochwasserrichtlinie in Österreich. *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft*, 64(5–6), 329–335. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00506-012-0408-9>
- Pravilnik, 2007. Pravilnik o metodologiji za določanje območij, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja, ter o načinu razvrščanja zemljišč v razrede ogroženosti. Uradni list RS, št. 60/2007.
- Prešeren, T., Zupančič, G., Steinman, F., Papež, J., Kompare, K., Kozelj, D. (2012). Monitor II - nove metode povezovanja kartiranja nevarnosti in načrtovanja zaščite in reševanja. http://www.monitor2.org/downloads/MONITORII_Slovenian_Brochure_PP4.pdf, pridobljeno 2. 11. 2015.
- Program (2005). Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Abteilung 16 – Landes- und Gemeindeentwicklung, Raumplanung Steiermark. Programm zur hochwassersicheren Entwicklung der Siedlungsräume. LGBl. Nr. 117/2005. Gradec, 2008. <http://www.raumplanung.steiermark.at/cms/beitrag/10107064/265384>, pridobljeno 2. 11. 2014.
- Rak, G., Slokar, M., Steinman, F. (2014). Slovensko-avstrijsko sodelovanje pri poplavah zaradi porušitve protipoplavnih objektov na območju Gornje Radgone in Radgone. *Ujma*, 28, 245–254.
- Steinman, F., Gosar, L. (2002). Otok pred Izolo. *Urbani izziv*, 13(1–2), 5–12. DOI: <http://dx.doi.org/10.5379/urbani-izziv-2002-13-01-001>
- Šantej, B., Stanič Racman, D., Kodre, N., Rozman, I., Petelin, Š., Koščak, M., Mohorko, T., Đurovič, B., Štravs, L. (2013). Direktive EU s področja upravljanja voda. Ljubljana: Uradni list Republike Slovenije.
- Urad Republike Slovenije za standardizacijo in meroslovje (1996). SIST EN 292-1:1996 (sl). Ljubljana, 38 str.
- Uredba (2008). Uredba o pogojih in omejitvah za izvajanje dejavnosti in posegov v prostor na območjih, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja. Uradni list RS, št. 89/08.
- Verordnung (2005). Verordnung der Steiermärkischen Landesregierung vom 12. September 2005 über ein Programm zur hochwassersicheren Entwicklung der Siedlungsräume. LGBl. Nr. 117/2005.
- Wasserrechtsgesetz. BGBl. Nr. 215/1959, i.d.F. BGBl. I Nr. 54/2014.
- ZVSS (1978). Vodnogospodarske osnove Slovenije. Zveza vodnih skupnosti Slovenije, Ljubljana, 324 str. in grafične priloge.
- ZV-1 (2002). Zakon o vodah (ZV-1). Uradni list RS, št. 67/2002, 2/2004 – Zzdril-A, 41/2004 – ZVO-1, 57/2008, 57/2012, 100/2013, 40/2014 in 56/2015.



Grajfoner B., Steinman F. (2016). Izvajanje poplavne direktive na meddržavnem odseku Mure. Geodetski vestnik, 60 (1): 53-68.
DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2016.01.53-68

Blanka Grajfoner, univ. dipl. inž. grad., univ. dipl. prav.
*Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo, prometno inženir-
stvo in arhitekturo*
Smetanova ulica 17, SI-2000 Maribor
e-naslov: blanka.grajfoner@um.si

prof. dr. Franci Steinman, univ. dipl. inž. grad.
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Hajdrihova ulica 28, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: franci.steinman@fgg.uni-lj.si

ZANESLJIVOST METODE RANSAC PRI OCENI PARAMETROV GEOMETRIJSKIH OBLIK

THE RELIABILITY OF RANSAC METHOD WHEN ESTIMATING THE PARAMETERS OF GEOMETRIC OBJECT

Tilen Urbančič, Anja Vrečko, Klemen Kregar

UDK: 528.2

Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01

Prispelo: 14. 10. 2015

Sprejeto: 3. 3. 2016

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2016.01.69-97

SCIENTIFIC ARTICLE

Received: 14. 10. 2015

Accepted: 3. 3. 2016

IZVLEČEK

Postopek RANSAC (RANDOM SAMPLE CONSENSUS) uporabljamo za identifikacijo točk iz oblaka točk, ki pripadajo nekemu geometrijsko opisljivemu telesu. Včasih je dovolj, da takšne točke poiščemo, pogosteje pa nas zanimajo parametri geometrijskega objekta in natančnost njihove določitve. V literaturi kakovosti rezultatov postopka RANSAC navadno ne preverjajo. Ocena natančnosti parametrov geometrijskih teles temelji na stohastičnem modelu izravnave, v katerem pa so uporabljeni le inlierji (točke, ki jih je RANSAC vrnil kot rezultat). Ali so bile s postopkom določene prave točke, pa v tej oceni ni upoštevano. Rezultat metode RANSAC temelji na naključno izbranem vzorcu minimalnega števila točk, ki je potrebno za določitev geometrijskega telesa. Ob več ponovitvah postopek ne bo vrnil enakega rezultata. V članku predstavljamo analizo zanesljivosti postopka RANSAC. Isti oblak točk smo z metodo RANSAC procesirali stokrat in vsakokrat izravnali geometrijsko obliko. Standardni odklon rezultatov stotih ponovitev primerjamo s kvadratnim korenom povprečja varianc posameznih rezultatov. Analizo smo izvedli na primeru krogle, stožca in ravnine. Predlagamo, naj se pri uporabi metode RANSAC postopek vedno vsaj nekajkrat ponovi. Tako zagotovimo parametre geometrijskih oblik bolj zanesljivo, natančnost parametrov pa ocenimo bolj realistično.

KLJUČNE BESEDE

RANSAC, zanesljivost, oblak točk, geometrijska oblika

ABSTRACT

The RANSAC (RANDOM SAMPLE CONSENSUS) is often used to identify points belonging to the objects whose shape can be modeled with geometric primitives. These points, called inliers, are of great interest in some applications but often the goal is also to estimate the parameters of geometric shape and their accuracies. The quality of RANSAC results is rarely analysed. The accuracies of estimated parameters are usually calculated based only on the residuals of inliers, selected by RANSAC, from a mathematical model. However, the analysis does not indicate if the right points were selected. The result of RANSAC depends on the random selection of the minimum number of points that uniquely describe a mathematical model; in the case of multiple repetitions of the method, the results are not necessarily the same. This paper presents an analysis of RANSAC reliability based on repeating the selection of points from the point cloud by RANSAC one hundred times. A standard deviation of one hundred parameter values is used to estimate the parameters' accuracies. An analysis is made for three different examples of geometric objects: a sphere, a cone, and a plane. Finally, we suggest repeating the algorithm several times and checking the consistency of the results to obtain a more reliable estimation of parameters and their accuracies.

KEY WORDS

RANSAC, reliability, point cloud, geometric object

1 INTRODUCTION

Laser scanning and image matching applied to aerial imagery are increasingly used for fast data acquisition. The result is a set of points with known coordinates also called a 'point cloud'. In dealing with such data two difficulties often appear:

- it is not explicitly known the part of which object from the real world the specific point represents, and
- the coordinates of the measured points are determined with lower precision as obtained by traditional geodetic surveying techniques. As well, the accuracy of the specific point coordinates is in general not known.

Both difficulties can also be solved by a RANSAC (RANDOM SAMPLE CONSENSUS) method, and will be described later on. RANSAC was developed by Fischer and Bolles (1981) as a method for the robust estimation of parameters in a mathematical model. They used it in photogrammetry to estimate the parameters of the exterior orientation of a camera based on a known image and the object coordinates of control points. RANSAC was also used to improve the robustness of other procedures, e.g. the estimation of transformation parameters between coordinate systems (Brown and Lowe, 2002; Barnea and Filin, 2007) or the registration of satellite images (Kim and Im, 2003). Robustness and speed of RANSAC were also improved with different adaptations for use in the field of computer vision (e.g. Torr and Zisserman, 2000; Matas and Chum, 2004; Nister, 2003; Tordoff and Murray, 2005).

RANSAC was also used for the segmentation of point clouds obtained by laser scanning technology. Here are only a few examples: Tittmann et al. (2011) used this method to identify points representing trees, by modeling the shape of the crowns with paraboloids. Tarsha-Kurdi et al. (2007) used RANSAC to identify points belonging to a roof. By comparing the results with results of a Hough transformation it was observed that RANSAC performance was faster and of higher quality. Van der Sande et al. (2010) checked the relative accuracy of airborne scans based on the points representing a roof identified by RANSAC. Li et al. (2011) used the method for planar segmentation of buildings. Theiler and Schindler (2012) used RANSAC for segmentation of a point cloud into planes. These were then used for the automatic registration of point clouds acquired by terrestrial laser scanning. Thus, the use of artificial targets could be avoided. Similarly, Huang et al. (2012) used the method to detect planes and a cylinder for the automatic registration of point clouds without an artificial target.

In the field of classic geodetic networks reliability is designated as resistance of mathematical model against gross errors. However, when dealing with research methods, reliability is defined as quality of results in terms of repeatability or consistency (Trochim, 2015). Spichal (1990) also describes reliability as admissible degree of random errors in research results.

Even though RANSAC is used in many applications not many researchers studied the quality of its performance. In this article we present an analysis of the reliability of original RANSAC (Fischler and Bolles, 1981). In various examples we show how different results can be obtained when the method is used repeatedly on the same data set. Experiments are based on three basic geometric objects: sphere, cone and plane. In the procedures of laser scanning former two bodies are useful for the determination of the characteristic points. Characteristic points are needed for registration of point clouds or calibration of laser scanners. While plane have no characteristic point it can come very handy for the segmentation of point clouds.

Second section describes the tools which are used in the study: the RANSAC algorithm, mathematical models of geometric objects, least square estimation of parameters, and their accuracies. The accuracy of the parameters is estimated in two different ways: i) from the residuals of points from the models and ii) as the standard deviation of parameters' values from multiple repetitions. This is followed by the analysis of the reliability of the RANSAC with which the coordinates of characteristic points from the scans of spheres and cones can be estimated. RANSAC is then used to detect points which represent a plane in a simulated point cloud. In the last section the influence of data characteristics and input parameters on the reliability of RANSAC are discussed. Some suggestions for practical use and quality estimation of RANSAC are given in the conclusion.

2 METHODS

2.1 Description of the RANSAC algorithm

RANSAC is used to find points of a point cloud representing objects (or their parts) that can be modeled as geometrical objects. The basic idea behind RANSAC is that the optimal parameters are those describing the mathematical model which covers the greatest amount of points. Firstly, the minimal subset of points needed to uniquely determine a geometrical object is selected randomly from the point cloud. Secondly, the parameters of the model are determined for this subset. The residuals of other points in the point cloud from model are computed. The points in a point cloud are classified as inliers, if respective residuals are smaller than a given threshold and as outliers, if respective residual are greater respectively. The procedure is repeated until the desired number of points is classified as inliers or until a desired confidence level is reached. According to the number of inliers in each repetition the best model is chosen. The algorithm is described in mathematical notation below (Fischler and Bolles, 1981).

The input data for the algorithm are:

- m – the number of points needed to uniquely determine the parameters of a chosen mathematical model,
- t – the threshold, points within it are considered inliers,
- w – the expected percentage of inliers in a point cloud,
- p – the confidence level (probability that only inliers will be randomly chosen in at least one of the repetitions),
- S – the data, a point cloud.

The algorithm:

1. Determine a number of iterations N (see section. 2.2).
2. For $k = 1, \dots, N$
 - randomly pick m points from $S \rightarrow S_k$
 - determine the parameters of the mathematical model M_k from S_k
 - $S_k^* = \{s | s \in S \setminus S_k \wedge \delta_k(s) \leq t\}$
3. $S^* = \{S_k^* | \|S_k^*\| = \max_{k=1, \dots, N} \|S_k^*\|\}$

Where $\delta_k(s)$ are residuals of points in S from the mathematical model M_k . The result of the algorithm is a set S^* . Set S^* is the one of S_k^* which contains the maximal number of points.

2.2 Determine a number of iterations

Parameter N represents the number of iterations needed to ensure (with a certain level of confidence) that at least one of the subsets S_k contains only inliers. N is calculated from the minimum number m of points that uniquely define the model and the expected percentage of inliers in the point cloud w . The probability that all points in S_k are inliers is then w^m while $1 - w^m$ is the probability that at least one of the points in subset S_k is an outlier. The probability that in N iterations at least one subset includes an outlier, is $(1 - w^m)^N$. Thus, the probability that the algorithm never selects only inliers is (Fischler and Bolles, 1981):

$$1 - p = (1 - w^m)^N \quad (1)$$

By increasing the number of iterations N the risk level $1 - p$ limits toward zero. Usually the confidence level is chosen and a percentage of inliers m is estimated, so the parameter N can be calculated from the equation (1) as:

$$N = \frac{\log(1 - p)}{\log(1 - w^m)}$$

More about the influence of the RANSAC input parameters can be found in Urbančič et al. (2014).

2.3 Functional models of geometrical objects

A plane, a sphere, and a cone are geometrical objects used in this paper. The procedures chosen to determine the parameters for these three objects types based on a minimal number of needed points are described in this section. Furthermore, it is also defined how the residuals of other points in a point cloud from the model are computed.

2.3.1 A plane

Equation of a plane can be written as:

$$ax + by + cz - d = 0 \quad (3)$$

where, a , b , c and d are the parameters of a plane; x , y and z are the coordinates of a point on a plane.

Three points on a plane are needed $m = 3$ to uniquely determine the parameters of the plane, although equation (3) contains four unknown parameters. The parameters of a plane can be determined in two steps: in first parameters, a , b , c and then parameter d . Parameter d can be eliminated from equation (3) by subtracting all the coordinates its average. By doing so, the plane through three chosen points is translated to pass through the origin of a coordinate system. This translation does not influence the orientation of the plane in the coordinate system, thus parameters, a , b and c do not change.

The coordinates of the three points reduced to the center of gravity are written as rows in a matrix $\mathbf{M}_{3 \times 3}$. The parameters, a , b and c are parameters of an eigenvector, corresponding to a minimal eigenvalue of the matrix \mathbf{M} . Parameter d can be determined by fixing parameters, a , b and c , the coordinates of one of the points (not reduced to the center of gravity) into equation (3).

The perpendicular distances of all points to the plane are computed as lengths of orthogonal projections of position vectors of points onto the normal vector of the plane:

$$\delta_i = [x_i - x_c \quad y_i - y_c \quad z_i - z_c][a \quad b \quad c]^T \tag{4}$$

where, x_c, y_c and z_c are coordinates of the center of gravity. All points for which $|\delta_i| < t$ are accepted as inliers in the RANSAC algorithm (see section 2.1).

2.3.2 A sphere

The equation of a sphere can be written as:

$$(x_i - x_c)^2 + (y_i - y_c)^2 + (z_i - z_c)^2 - r^2 = 0 \tag{5}$$

Coordinates of four non-coplanar points from the sphere surface are needed to uniquely determine 4 parameters: the coordinates of a sphere center (x_c, y_c, z_c) and radius r . Different procedures can be used to determine the parameters (Franaszek et al., 2009). Sphere parameters can be determined by introducing new variables α, β, γ and ε in equation (5)

$$x^2 + y^2 + z^2 - \alpha x - \beta y - \gamma z + \varepsilon = 0 \tag{6}$$

Variables α, β, γ and ε are determined by solving the four equation of a set of four given points with coordinates (x_p, y_p, z_p) . Parameters of the sphere are obtained by equations:

$$x_c = \frac{\alpha}{2}, \quad y_c = \frac{\beta}{2}, \quad z_c = \frac{\gamma}{2}, \quad r^2 = \left(\frac{\alpha}{2}\right)^2 + \left(\frac{\beta}{2}\right)^2 + \left(\frac{\gamma}{2}\right)^2 - \varepsilon \tag{7}$$

Distances d_i of every point in a point cloud to the center can be computed with the known coordinates of the sphere's center. The orthogonal distance between a point and the sphere surface is then $\delta_i = d_i - r$. All points for which $|\delta_i| < t$ are accepted as inliers in the RANSAC algorithm (see section 2.1).

2.3.3 A cone

The equation of an upright cone can be written as:

$$(x_s - x_0)^2 + (y_s - y_0)^2 - (k \cdot z_s + b)^2 = 0 \tag{8}$$

where x_s, y_s and z_s are coordinates of points laying on the cone; x_0 and y_0 are coordinates of the intersection of the cone axis with the plane $z = 0$; k is a coefficient of a line $R = f(z) = k \cdot z_s + b$; b is a radius of the intersection of the cone and the plane $z = 0$.

To generalize the equation (8) for the situations of an upright cone, the orientation of the cone axis can be described by rotations around the x and y axes of the coordinate system for angles ω_x and ω_y , respectively. A cone is symmetrical with respect to the vertical axis. The rotation between the point cloud coordinate system (x, y, z) and the cone coordinate system (x_s, y_s, z_s) shown in Figure 1 can be described as:

$$\begin{bmatrix} x_s \\ y_s \\ z_s \end{bmatrix} = \mathbf{R} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} \tag{9}$$

where the rotation matrix is $\mathbf{R} = \mathbf{R}_{\omega_y} \mathbf{R}_{\omega_x}$.

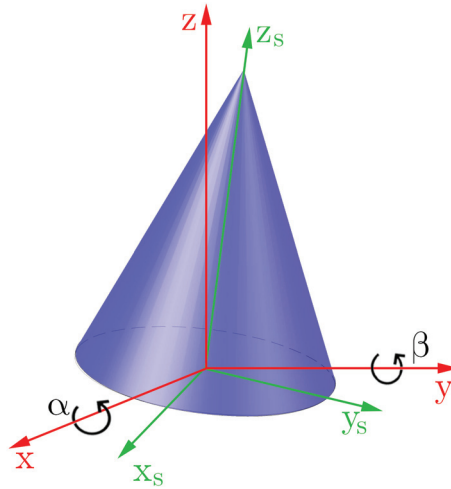


Figure 1: Point cloud coordinate system (x, y, z) and cone coordinate system (x_s, y_s, z_s) .

When equation (9) is put into equation (8) the following relation can be written:

$$(r_{11}x + r_{12}y + r_{13}z - x_0)^2 + (r_{21}x + r_{22}y + r_{23}z - y_0)^2 - (k(r_{31}x + r_{32}y + r_{33}z) + u)^2 = 0 \tag{10}$$

where r_{ij} are functions of angles ω_x and ω_y , as elements of the matrix \mathbf{R} . The parameters to be estimated are: the coordinates of the cone apex, the orientation of the cone axis, and the angle between the base and cone surfaces. A cone can be uniquely determined by six points lying on the lateral surface of the cone. If these are given, a system of six equations of the form (10) with six unknowns can be solved to obtain the parameters of the cone.

Once the parameters are estimated, the orthogonal residuals of points in a point cloud from the lateral surface of the cone are calculated as:

$$\delta_i = \sin(\phi_i) d_i \tag{11}$$

where ϕ_i is an angle between the surface of the cone and the line connecting the apex of the cone and a point. All points for which $|\delta_i| < t$ are accepted as inliers in the RANSAC algorithm (see section 2.1).

2.4 Least square approximation of geometric objects

The result of the RANSAC algorithm is a set of points S^* (see section 2.1). However, a user's ultimate goal is usually to determine the parameters of the selected geometric object model based on the set of points. To obtain the parameters of the geometric model the adjustment of the Gauss-Helmert model is used. Mathematical models for plane, sphere, and cone are given with equations. (3), (5), and (10), respectively. The models represent the relation between *observations* (coordinates of points in) and *unknowns* (parameters of geometric objects).

The model is linearized by deriving the mathematical model equation with respect to observations and unknowns. The functional model of adjustment is written in matrix form as:

$$\mathbf{A}\mathbf{v} + \mathbf{B}\Delta = \mathbf{f} \tag{12}$$

where: \mathbf{A} - the coefficient matrix for the observations; \mathbf{v} - observations residuals; \mathbf{B} - the coefficient matrix for the parameters; Δ - unknown parameters (corrections of the approximate values of the parameters); and \mathbf{f} - the condition equation constant terms.

The unknown parameter vector Δ is obtained by solving equation (12) according to the least square principle:

$$\Delta = (\mathbf{B}^T(\mathbf{A}\mathbf{A}^T)^{-1}\mathbf{B})^{-1}(\mathbf{B}^T(\mathbf{A}\mathbf{A}^T)^{-1}\mathbf{f}) \tag{13}$$

The stochastic properties of the estimated parameters are described by variance-covariance matrix of estimated unknowns:

$$\Sigma_{\Delta\Delta} = \sigma_0^2(\mathbf{B}^T(\mathbf{A}\mathbf{A}^T)^{-1}\mathbf{B})^{-1} \tag{14}$$

where σ_0^2 is the reference variance. Details of the procedure can be found in Kuang (1996) as well as in Grigillo and Stopar (2003).

2.5 Analysis of the RANSAC reliability

The accuracies of parameters obtained through equation (14) are based on residuals of points S^* from a mathematical model of geometrical object. However, an influence of random sampling in the second step of the RANSAC method on estimated values of parameters is not taken into account.

The analysis of reliability (repeatability) is based on one hundred independent repetitions of RANSAC algorithm runs and a parameters estimation for three different point clouds. In all repetitions we used the the input data, as well as the same values of input parameters. This is how we obtain hundred sets of object parameters with corresponding accuracy estimation calculated by equation (14).

Standard deviations $\sigma_{x(g)}$, $\sigma_{y(g)}$ and $\sigma_{z(g)}$ are used as a measure of accuracy of estimated parameters $x(g)$, $y(g)$ and $z(g)$ for least square estimations based on set of points S^* obtained from $\Sigma_{\Delta\Delta(g)}$ (14) for $g = 1, \dots, 100$ repetitions.

As a measure of accuracy of estimated parameters for *single repetition*, $\bar{\sigma}_{x(g)}$, $\bar{\sigma}_{y(g)}$ and $\bar{\sigma}_{z(g)}$ (marked **red and italic** in Table 1) are defined as the root of average of g variances $\sigma_{x(g)}^2$, $\sigma_{y(g)}^2$ and $\sigma_{z(g)}^2$.

The accuracy of a hundred repetitions is calculated as the standard deviation of the $p = 1, \dots, 100$ estimations of parameters and designated as σ_x , σ_y and σ_z . It is marked **blue and underline** in Table 1.

Both measures for a numerical example are shown in Table 1 to clarify the difference between them.

In the analysis of the RANSAC reliability of a generated point cloud it was known which points belong to the plane, therefore we are able to perform the check if it was correctly identified as an inlier or an outlier. Type 1 errors is the number of points which are determined to be inliers, but do not belong to the plane. On the other hand, type 2 errors is the number of points which are not determined as an inlier, but do belong to the plane.

Table 1: A numerical example of accuracy estimation based on **single** and on **a hundred repetitions**.

Repetition	Parameters			Accuracies		
	x [m]	y [m]	z [m]	σ_x [mm]	σ_y [mm]	σ_z [mm]
1	-1.177220	4.039860	-0.272920	0.039	0.016	0.040
2	-1.177620	4.040020	-0.272880	0.038	0.018	0.039
3	-1.177240	4.040080	-0.272950	0.039	0.022	0.039
...
100	-1.177200	4.040040	-0.272980	0.040	0.027	0.040
mean	\bar{x}	\bar{y}	\bar{z}	$\bar{\sigma}_x$	$\bar{\sigma}_y$	$\bar{\sigma}_z$
	-1.177445	4.040202	-0.272933	0.040	0.030	0.041
st. dev.	σ_x [mm]	σ_y [mm]	σ_z [mm]			
	0.172	0.333	0.063			

In the analysis of the RANSAC reliability of a generated point cloud it was known which points belong to the plane, therefore we are able to perform the check if it was correctly identified as an inlier or an outlier. Type 1 errors ϵ_1 is the number of points which are determined to be inliers, but do not belong to the plane. On the other hand, type 2 errors ϵ_2 is the number of points which are not determined as an inlier, but do belong to the plane.

3 RESULTS

In the procedures of self-calibration (Lichti, 2010) we need to measure identical points from different scanner stations. While TLS technology does not allow the measuring of a specific point, we have to signalize the (control) points with objects with known geometry. It is possible to determine characteristic point coordinates of such an object accurately enough.

When scanning objects from multiple scanner positions it is necessary to merge single scans into a common point cloud. This procedure is called 'registration' and is carried out using a similarity transformation of coordinates obtained by single scans into a common reference coordinate system. To determine transformation parameters between coordinate systems of single scans we need to know the coordinates of at least three identical points in both coordinate systems. These points are called 'tie points'. Usage of geometric objects for tie points determination was shown in the study by Barbarella and Fiani (2013).

We propose usage of a sphere or cone for control or tie points signalization. These two geometric models allow quality characteristic point extraction in all three dimensions.

3.1 Plane

A plane can not be used for the determination of characteristic point due to its shape, however it can well be used for segmentation. Segmentation is procedure for dividing point cloud into smaller groups of points, where points belonging to specific group are similar in some way. Such similarity can be belonging to common plane.

Our first test was oriented to extracting the points belonging to the plane from a synthetic point cloud. Points laying on the plane are simulated with a parameters $a = 2$, $b = 4$, $c = -3$, $d = 3$, and

a normally distributed noise with a standard deviation of 5 cm was added. Points that do not lie on the plane and are evenly distributed around the space are added. Ten repetitions of segmentation with RANSAC are performed with changing the percentage of inliers w . In each repetition the true values of the parameters t , w , and the confidence level of 99% are used. The results of the estimated plane parameters and their standard deviations (estimated accuracies) are given in Table 2 and in Figure 2.

Table 2: Results of RANSAC method on simulated planes.

t [cm]	w	p	N	i	e_1	e_2
5	10 (2.4%)	99%	317391	32/410 = 7.8%	30	8
5	20 (4.8%)	99%	42647	34/420 = 8.1%	17	3
5	30 (7.0%)	99%	13559	44/430 = 12.2%	14	0
5	40 (9.1%)	99%	6128	49/440 = 11.1%	15	6
5	75 (15.8%)	99%	1168	80/475 = 16.8%	13	8
5	100 (20.0%)	99%	574	110/500 = 22.0%	13	3
5	150 (27.3%)	99%	225	139/550 = 33.5%	11	22
5	200 (33.3%)	99%	123	191/600 = 31.8%	11	20
5	300 (42.9%)	99%	57	236/700 = 33.7%	8	72
5	400 (50.0%)	99%	35	282/800 = 35.3%	11	129

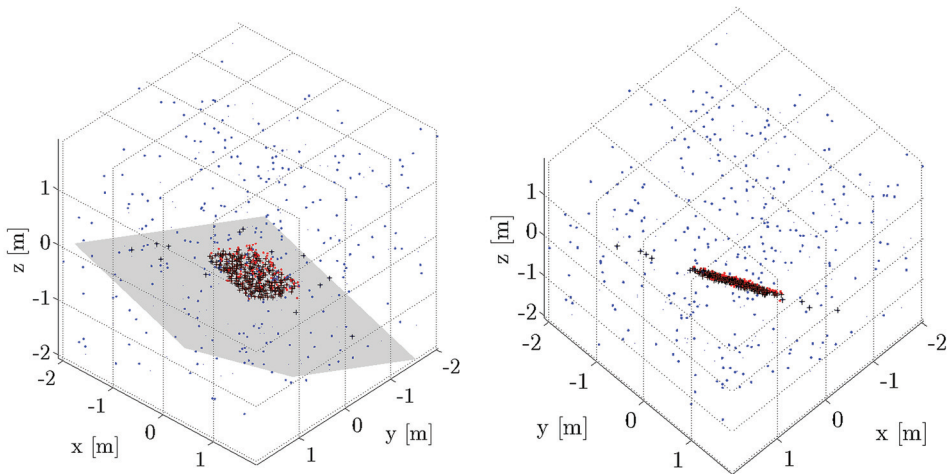


Figure 2: View on results of the RANSAC method on an artificial point cloud from two different perspectives. The first set of data from Table 2 was used. Red - points on generated plane, Blue - points that do not belong to the generated plane, black "+" - points, recognized by RANSAC as points on the plane.

To estimate the RANSAC reliability the calculation of the plane parameters with the input parameters $t = 5$ cm, $w = 50\%$, and $p = 99\%$ was repeated one hundred times. Like for the sphere and for the cone we observe the differences between the parameters accuracy of *single* repetition and *a hundred* repetitions. The results for the plane are given in Table 3 and Figure 3.

Table 3: Accuracy comparison for *single* repetition and *a hundred* repetitions of RANSAC – plane.

parameter	generated	<i>single</i> repetition	<i>a hundred</i> repetitions
	[m]	parameter and accuracy [m]	parameter and accuracy [m]
<i>a</i>	2.000	$a = 1.931 \quad \sigma_a = 0.018$	$a = 2.009 \quad \sigma_a = 0.079$
<i>b</i>	4.000	$b = 4.192 \quad \sigma_b = 0.021$	$b = 3.998 \quad \sigma_b = 0.154$
<i>c</i>	-3.000	$c = -2.971 \quad \sigma_c = 0.034$	$c = -2.985 \quad \sigma_c = 0.110$
<i>d</i>	3.000	$d = 3.050 \quad \sigma_d = 0.015$	$d = 3.004 \quad \sigma_d = 0.111$

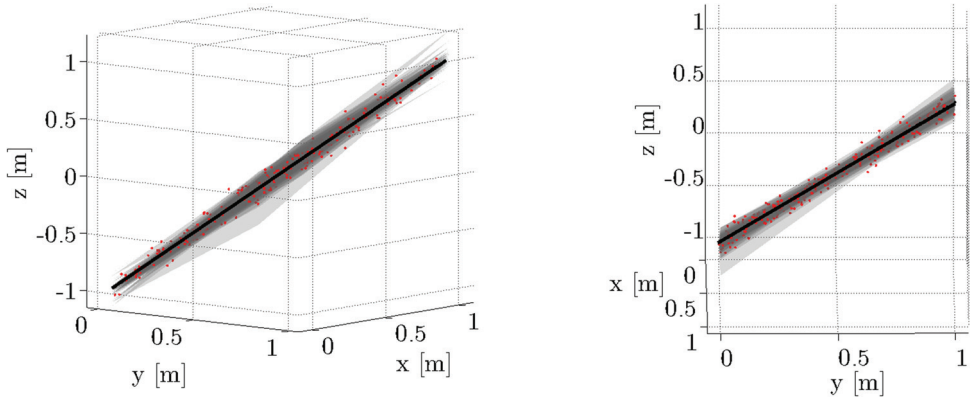


Figure 3: Uncertainty of the plane determination with the RANSAC method. Black - points that lie on the searched plane, red - points on the plane with added normally distributed noise, gray, transparent planes - planes that we got at a hundred repetitions of the RANSAC method on red points.

3.2 A sphere

The simpler geometric models for characteristic point determination is a sphere, since it is completely defined by only four parameters. Still, when extracting center coordinates of a scanned sphere we face some limitations:

- (i) From a single scan station we cannot capture more than half of the sphere’s surface.
- (ii) Only a part of the laser beam is reflected from the edges of sphere (viewed from scanner) and it causes data artefacts (Hebert and Krotkov, 1992).
- (iii) In the section of the sphere surface perpendicular to the laser scanner direction, the echo intensity may be too strong for the sensor, which causes gross error in the measured distance.
- (iv) The scanner’s field view is normally rectangular, which means that besides the sphere there are also some surrounding points captured.

RANSAC is used here to remove points that do not belong to the model of the sphere.

Our analysis was carried out on five point clouds of scanned spheres. Five spheres i.e. V1, V16, V17, V19, and V3 with a radius of 3.5 cm were scanned with the Riegl VZ-400 terrestrial laser scanner. The instrument provides single point accuracy of 5 mm and precision of 3 mm at the distance of 100 m.

The laser beam diameter at the exit is 7 mm and divergence 0.35 mrad (Riegl, 2014). Spheres were scanned at a distance of 30 m with a 1×1 mm resolution. All five point clouds contain errors due to already mentioned reasons (ii), (iii), and (iv). For all point clouds, input parameters were set to $t = 2$ mm, $w = 50\%$, and $p = 99\%$ (see section 2.1). To achieve the required confidence level p , 72 random samples are needed. Table 4 displays the estimation accuracy of sphere parameters for *single* repetition and *a hundred* repetitions of RANSAC (see section 2.5).

Table 4: Accuracy comparison for *single* repetition and *a hundred* repetitions of RANSAC – spheres.

	<i>single</i> repetition [mm]					<i>a hundred</i> repetitions [mm]				
Spheres:	V1	V16	V17	V19	V3	V1	V16	V17	V19	V3
σ_x	0.14	0.13	0.10	0.14	0.24	9.37	0.52	2.48	9.15	38.59
σ_y	0.05	0.05	0.04	0.05	0.07	2.33	0.16	0.95	4.01	6.96
σ_z	0.05	0.04	0.04	0.05	0.05	1.76	0.11	1.02	1.58	2.53
σ_r	0.11	0.10	0.07	0.11	0.22	7.89	0.39	1.92	8.24	25.72

Each of the spheres V1, V16, V17, and V19 is represented in Figure 4 with: a point cloud (black), an adjusted sphere (blue), standard error ellipsoids for the sphere center – for single repetition (black) and a hundred repetitions (red). Error ellipsoids in Figure 4 relate to the accuracy from Table 4, and are plotted in a scale of 10000:1, according to the point cloud.

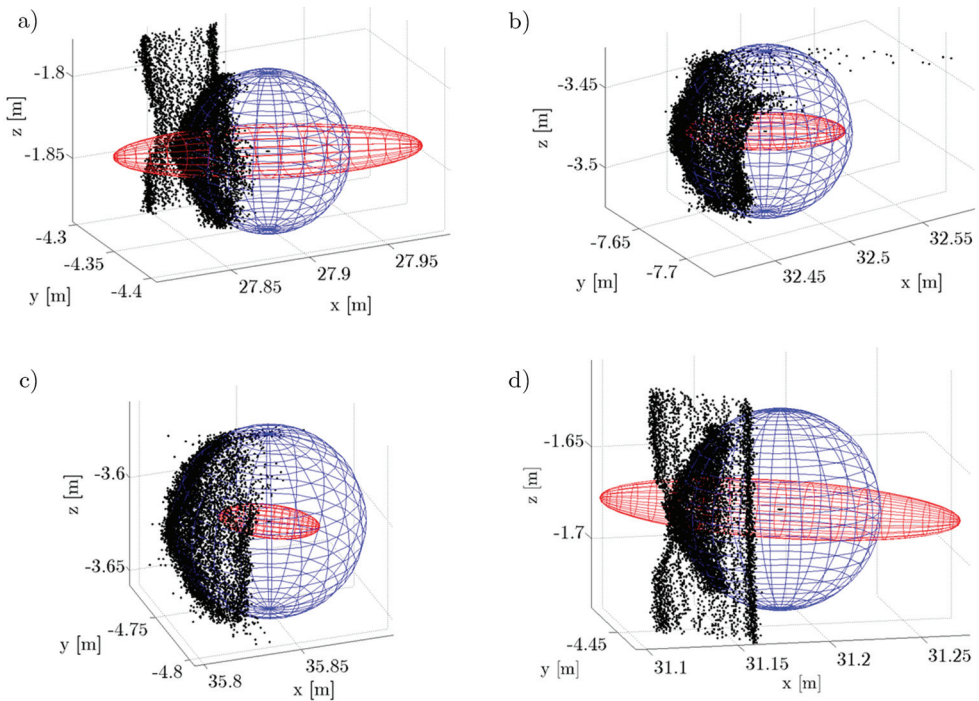


Figure 4: Point clouds, adjusted spheres, and both standard error ellipsoids for spheres a) V1, b) V16, c) V17, and d) V19. (Single repetition error ellipsoids are barely visible).

Sphere V3 is special case where estimated coordinates of centers and radius of sphere V3 are rather varying between single repetitions. Three typical cases of the results for sphere V3 are shown in Figure 5.

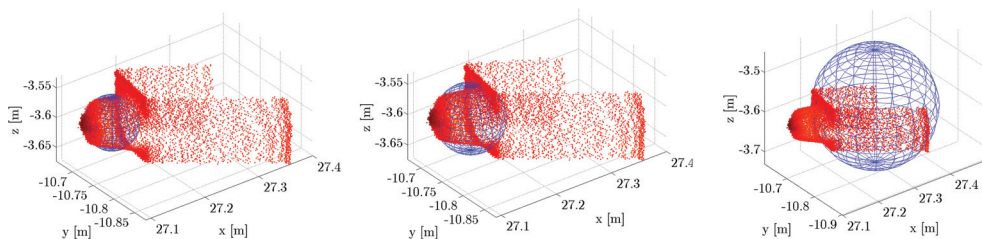


Figure 5: Point clouds (red) and adjusted sphere V3.

3.3 A cone

In the second experiment, cones were examined. The cone apex represents the cone's characteristic point. Cone apex coordinates were calculated according to the procedure in section 2.3.3.

Table 5: Accuracy comparison for *single* repetition and *a hundred* repetitions of RANSAC – cones.

Cone steepness[°]	<i>single</i> repetition [mm]				<i>a hundred</i> repetitions[mm]			
	20	30	45	60	20	30	45	60
σ_x	0.12	0.08	0.05	0.02	1.75	0.46	0.30	0.11
σ_y	0.12	0.09	0.05	0.02	1.73	0.56	0.32	0.10
σ_z	0.06	0.03	0.04	0.03	0.18	0.13	0.16	0.20

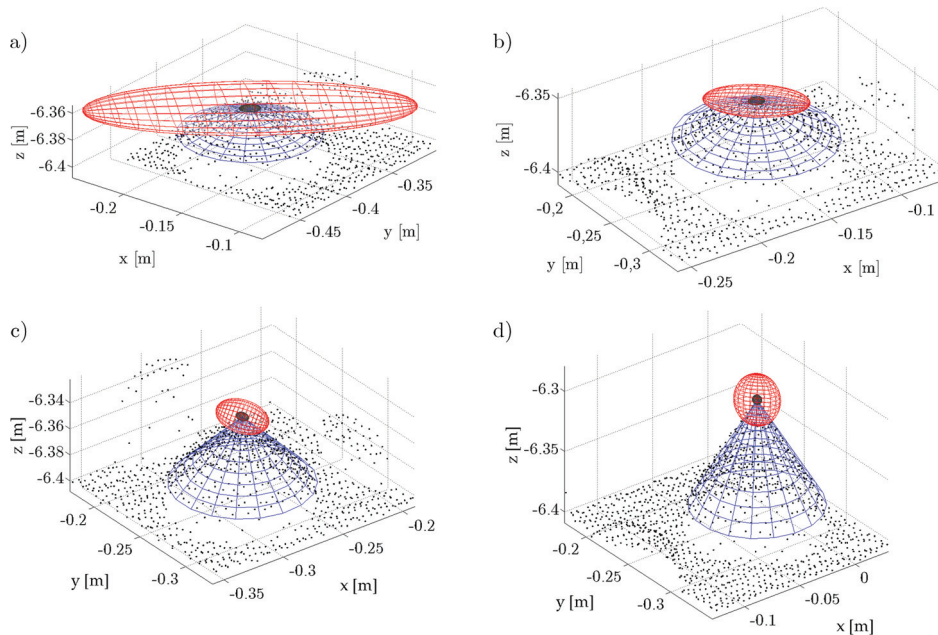


Figure 6: Point clouds (black), adjusted cone (blue), standard error ellipsoids for the cone apex – for single repetition (black) and a hundred repetitions (red) for cones with different angles: a) 20°, b) 30°, c) 45°, in d) 60°.

To test the proposed method of finding the cone model we use part of the data from scanned test field. Scanning is executed with the terrestrial laser scanner Riegel VZ-400 at a distance of 6.4 m, and with approximately 2×2 mm resolution. The test field consists of four cone models with 5 cm radius of the base and different angles between the base and the lateral surface: 20° , 30° , 45° , and 60° . The following parameters are used for the calculation: $t = 2$ mm, $w = 35\%$, and $p = 95\%$. Table 5 displays the average accuracy of the cone apex coordinates for *single* repetition and the dispersion of the cone apex coordinates determined from a *hundred* repetitions.

The graphical results of the cone apex coordinates determination in the test field are shown in Figure 6. The points and the calculated cone model are shown after adjustment of mathematical model using only inliers of the RANSAC algorithm solution. Error ellipsoids in Figure 6 relate to the accuracy from Table 5, and are plotted in a scale of 50000:1, according to the point cloud.

4 DISCUSSION

Some general conclusions about RANSAC performance can be made, based on the experiment, as described in section. 3.2.1, where the true values of the expected percentage of inliers in a point cloud w and the threshold t were known *apriori*:

- greater confidence level p and greater percentage of inliers w imply longer computational time. Equation (2) describes the relation;
- at a lower percentage of inliers, we noticed a higher proportion of type 1 errors and for higher percentage of inliers there may be higher probability of type 2 error.

Based on a hundred repetitions, the plane parameters are determined more accurately than based on single repetition. Similar to the sphere and cone, the parameters estimation from a hundred repetitions is much more dispersed than might be inferred from the accuracies of estimated parameters based on single repetition.

Our primary interest was the accuracy estimation of characteristic points coordinates. Accuracy estimations based on single repetition (RANSAC and least square adjustment) are rather optimistic. The estimation is based on residuals between points and the mathematical model, and as such directly related to the chosen value of parameter t . Smaller t implies that points fit better to the surface and accuracy of estimated coordinates is better. Accuracy estimation on the basis of adjustment does not say much about the reliability of RANSAC. It is not known whether right points were selected as inliers from a point cloud. With multiple repetitions of procedure on the same point cloud at least three times lower accuracy was obtained for the sphere, as well as for the cone.

In the case of sphere V3 RANSAC algorithm was not able to find points belonging to the actual sphere in every repetition (Figure 5). The possibility of making such mistakes can be reduced by preliminary data processing (e.g. intensity filtering), or by including known parameters into the procedure (e.g. sphere radius or cone slope)

Size and orientation of standard error ellipsoids may differ significantly for different geometrical objects. Error ellipsoid orientation for spheres depends on scanners position. The largest semi axis of an ellipsoid always faces towards the scanner station, since it is possible to scan only a part of the surface facing toward

the scanner. For the cones, however, the orientation of error ellipsoids depends on cone geometry as well as on relative scanner - cone position. For the pointiest cone (60°), the largest semi axis of ellipsoid points is in the direction of the cone axis, while for other cones error ellipsoids are flattened in the plane orthogonal to cone axes (Figure 7). Standard error ellipsoids are plotted in a scale of 50000:1 according to the point cloud which is plotted in meters.

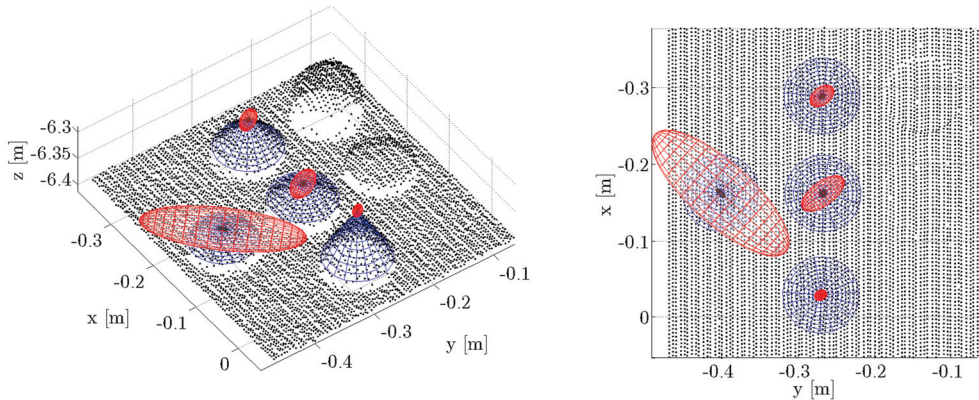


Figure 7: Standard error ellipsoids of RANSAC for cone models. Scanner position is in point (0, 0, 0)

To conclude, the model parameters adjusted from a RANSAC processed point cloud may be inaccurate. Parameters accuracies estimated through adjustment are overestimated. The problem of wrong parameters can be resolved quite simply by repeating the procedure a few times and check the consistency of the obtained results. For accuracy estimation we can say that: actual accuracy depends on the shape of geometric object and accuracy of measured points themselves; and actual accuracy of estimated parameters is lower than accuracy obtained through adjustment of RANSAC processed points.

Precisions and standard ellipsoids in the article are always related to RANSAC procedure solely. Point clouds in scanners own coordinate system was used. When applying RANSAC in practice, errors caused by registration and georeferencing would additionally affect achieved accuracies significantly.

RANSAC is a method with a lot of advantages, and is highly resistant to gross errors in the point cloud. The method can be used for quite large number of tasks and applications. However, the RANSAC method is based on randomness so we have to be aware of the fact that it is not possible to obtain identical results if RANSAC is repeated on the same input data. One of our goals regarding this article is to point out that a reasonable amount of caution is necessary when using RANSAC, especially in cases when results of high accuracy are needed.

Acknowledgements

We would like to thank the European Social Fund for founding the PhD study of first and last author and DFG Consulting for the terrestrial laser scanning. The work is partially founded by Slovenian Research Agency.

References:

- Barbarella, M., Fiani, M. (2013). Monitoring of Large Landslide by Terrestrial Laser Scanning Techniques: Field Data Collection and Processing. *European Journal of Remote Sensing*, 46, 126–151. DOI: <http://dx.doi.org/10.5721/EuJRS20134608>
- Barnea, S., Filin, S. (2007). Registration of Terrestrial Laser Scans via Image-based Features. *ISPRS Workshop on Laser Scanning 2007 and SilviLaser 2007*, Volume XXXVI, Part 3/W52, Espoo, Finska, 32–37.
- Brown, M., Lowe, D. (2002). Invariant Features from Interest Point Groups. *Proceedings of the British Machine Vision Conference*, 656–665. DOI: <http://dx.doi.org/10.5244/C.16.23>
- Fischler, A. M., Bolles, C. R. (1981). Random Sample Consensus: A Paradigm for Model fitting with Application to Image Analysis and Automated Cartography. *Communication of the ACM*, 24(6), 381–395. DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/358669.358692>
- Franaszek, M., Cheok, G. S., Saidi, K. S., Witzgall, C. (2009). Fitting Spheres to Range Data from 3-D Imaging Systems. *IEEE Transaction on Instrumentation and Measurement*, 58(10), 3544–3553. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/TIM.2009.2018011>
- Grigillo, D., Stopar, B. (2003). Metode odkrivanja grobih pogreškov v geodetskih opazovanjih = Methods of Gross Error Detection in Geodetic Observations. *Geodetski vestnik*, 47(4), 387–403.
- Hebert, M., Krotkov, E. (1992). 3D Measurements From Imaging Laser Radars: How Good are They? *Image and vision computing*, 10(3), 170–178. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0262-8856\(92\)90068-E](http://dx.doi.org/10.1016/0262-8856(92)90068-E)
- Huang, T., Zhang, D., Li, G., Jiang, M. (2012). Registration Method for Terrestrial Lidar Point Clouds Using Geometric Features. *Optical Engineering*, 51(2), 021114. DOI: <http://dx.doi.org/10.1117/1.OE.51.2.021114>
- Kim, T., Im, Y. (2003). Automatic Satellite Image Registration by Combination of Stereo Matching and Random Sample Consensus. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 41(5), 1111–1117. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/IGRS.2003.811994>
- Kregar, K., Ambrožič, T., Kogoj, D., Vežočnik, R., Marjetič, A. (2015). Determining the inclination of tall chimneys using the TPS and TLS approach. *Measurement*, 75, 354–363. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.measurement.2015.08.006>
- Kuang, S. (1996). *Geodetic Network Analysis and Optimal Design: Concepts and Applications*. Ann Arbor Press Inc.
- Li, Y., Ma, H., Wu, J. (2011). Planar Segmentation and Topological Reconstruction for Urban Buildings with Lidar Point Clouds, *Proceedings of SPIE 8286*, International Symposium on Lidar and Radar Mapping 2011: Technologies and Applications. DOI: <http://dx.doi.org/10.1117/12.912838>
- Lichti, D. D. (2010) A Review of Geometric Models and Self-Calibration Methods for Terrestrial Laser Scanners. *Boletim De Ciencias Geodesicas*, 16(1), 3–19.
- Marjetič, A., Ambrožič, T., Kogoj, D. (2011). Določitev nevertikalnosti visokih dimnikov = Determination of the Nonverticality of High Chimney. *Geodetski vestnik*, 55(4), 701–712. DOI: <http://dx.doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2011.04.701-712>
- Matas, J., Chum, O. (2004). Randomized RANSAC with Td,d test. *Image and Vision Computing*, 22(10), 837–842. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.imavis.2004.02.009>
- Nister, D. (2003). Preemptive RANSAC for live structure and motion estimation. *Computer Vision, Proceedings, Ninth IEEE International Conference on*, 1, 199–206. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/ICCV.2003.1238341>
- Riegl (2014). Riegl VZ-400. http://www.riegl.com/uploads/tx_pxpriegldownloads/10_DataSheet_VZ-400_2014-09-19.pdf, dostop 21. 2. 2016.
- Seenkooei, A. A. (2001). Strategy for Designing Geodetic Network with High Reliability and Geometrical Strength. *Journal of Surveying Engineering*, 127(3), 104–117. DOI: [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9453\(2001\)127:3\(104\)](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9453(2001)127:3(104))
- Splichal S. (1990). *Analiza besedil. Metodoloski zvezki* 6, Ljubljana: FOD.
- Tarsha-Kurdi, F., Landes, T., Grussenmeyer, P. (2007). Hough-transform and Extended Ransac Algorithms for Automatic Detection of 3D Building Roof Planes from Lidar Data. *ISPRS Workshop on Laser Scanning 2007 and SilviLaser 2007*, Volume XXXVI, Part 3/W52, 407–412.
- Theiler, P.W., Schindler, K. (2012). Automatic Registration of Terrestrial Laser Scanner Point Clouds Using Natural Planar Surfaces. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, I-3, 173–178. DOI: <http://dx.doi.org/10.5194/isprannals-I-3-173-2012>
- Tittmann, P., Shafiq, S., Hartsough, B., Hamann, B. (2011). Tree Detection, Delineation, and Measurement from Lidar Point Clouds Using Ransac. In *SilviLaser 2011 – 11th International Conference on LIDAR Applications for Assessing Forest Ecosystems: Applications for Assessing Forest Ecosystems*, 583–595.
- Tordoff, B. J., Murray, D. W. (2005). Guided-MLESAC: faster image transform estimation by using matching priors. *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, 27(10), 1523–1535. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/TPAMI.2005.199>.
- Torr, P. H. S., Zisserman, A. (2000). MLESAC: A new robust estimator with application to estimating image geometry. *Journal of Computer Vision and Image Understanding*, 78(1), 138–156. DOI: <http://dx.doi.org/10.1006/cvii.1999.0832>
- Trochim, W. M. K. (2015). *Research Methods Knowledge Base*. Cornell: Department of Policy Analysis and Management at Cornell University. <http://www.socialresearchmethods.net/kb/reliable.php>, dostop 21. 10. 2015.
- 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: [http://dx.doi.org/10.2507/IJSIMM13\(2\)3.258](http://dx.doi.org/10.2507/IJSIMM13(2)3.258)
- Van der Sande, C., Soudarissanane, S., Khoshelham, K. (2010). Assessment of Relative Accuracy of AHN-2 Laser Scanning Data Using Planar Features. *Sensors*, 10(9), 8198–8214. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/s100908198>
- Urbančič T., Vrečko A., Kregar K. (2016). The reliability of RANSAC method when estimating the parameters of geometric object. *Zanesljivost metode RANSAC pri oceni parametrov geometrijskih oblik*. *Geodetski vestnik*, 60 (1): 69-97. DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2016.01.69-97

ZANESLJIVOST METODE RANSAC PRI OCENI PARAMETROV GEOMETRIJSKIH OBLIK

OSNOVNE INFORMACIJE O ČLANKU:
GLEJ STRAN 69

1 UVOD

V geodeziji se za zajem prostorskih podatkov vse pogosteje uporabljata lasersko skeniranje in metoda slikovnega ujemanja. Tak zajem podatkov je samodejen in neselektiven. Rezultat je množica točk z znanimi koordinatami. Imenujemo jo oblak točk. Pri obravnavi takšnih podatkov se pojavljata dve težavi, ki otežujeta ali celo onemogočata samodejno obdelavo podatkov ter njihovo uporabo v geodeziji:

- koordinate točk so določene s slabšo natančnostjo kot pri izmeri s klasičnimi geodetskimi tehnikami (na primer polarno tahimetrično izmero), natančnost je tudi težko določljiva ter
- za posamezno točko v oblaku točk ni eksplicitno znano, del katerega objekta iz realnega sveta predstavlja.

Obe težavi lahko rešujemo z metodo RANSAC (angl. RANdom SAmple Consensus). Metodo sta za robustno oceno parametrov matematičnega modela razvila Fischler in Bolles (1981). Uporabila sta jo za določitev parametrov zunanje orientacije fotogrametričnega posnetka na podlagi znanih modelnih in slikovnih koordinat oslonilnih točk. RANSAC je bil na primer uporabljen za izboljšanje ocene transformacijskih parametrov med koordinatnima sistemoma (Brown in Lowe, 2002; Barnea in Filin, 2007) in registracijo satelitskih posnetkov (Kim in Im, 2003), ter predvsem za večjo robustnost delovanja drugih algoritmov. Tudi robustnost in hitrost same metode RANSAC so z različnimi prilagoditvami izboljšali predvsem za uporabo na področju računalniškega vida (na primer Torr in Zisserman, 2000; Matas in Chum, 2004; Nister, 2003; Tordoff in Murray, 2005).

Na področju obdelave lidarskih podatkov se RANSAC pogosto uporablja za segmentacijo oblakov točk. Omenimo le nekatere primere: Tittmann in sod. (2011) so metodo uporabili za prepoznavanje točk na drevesih, tako da so oblike krošenj modelirali s paraboloidi. Tarsha-Kurdi in sod. (2007) so jo uporabili za prepoznavanje točk, ki pripadajo streham. S primerjavo rezultatov z rezultati Houghove transformacije so ugotovili, da so bile točke, ki predstavljajo strehe, z metodo RANSAC določene hitreje in bolj kakovostno. Na podlagi točk, ki predstavljajo strehe in so jih iz oblaka točk prepoznali z metodo RANSAC, so Van der Sande in sod. (2010) izvedli kontrolo relativne natančnosti aerolaserskega skeniranja. Li in sod. (2011) so metodo uporabili za segmentacijo zgradb. Theiler in Schindler (2012) sta jo uporabila pri segmentaciji oblaka točk na ravnine, ki so se uporabljale za samodejno registracijo oblakov točk terestričnega laserskega skeniranja brez uporabe umetnih tarč. Podobno so Huang in sod. (2012) metodo uporabili za prepoznavanje ravnin in valja za potrebe samodejne registracije oblakov točk brez uporabe umetnih tarč.

Zanesljivost v geodeziji navadno opisujemo kot odpornost matematičnega modela proti grobim pogreškom (Seemkoeei, 2001). Sicer zanesljivost pri uporabi raziskovalnih metod razumemo kot kakovost rezultatov teh orodij v smislu ponovljivosti oziroma konsistentnosti (Trochim, 2015). Spichal (1990) opisuje zanesljivost kot dopustno stopnjo slučajnih pogreškov v rezultatih raziskovanja.

V naši raziskavi predstavljamo analizo zanesljivosti izvorne metode RANSAC (Fischler in Bolles, 1981), tako da na različnih primerih pokažemo, kako se razlikujejo rezultati, ki jih dobimo, če metodo uporabimo večkrat na istih podatkih.

Poskusi temeljijo na treh osnovnih geometrijskih oblikah: krogli, stožcu in ravnini. V postopkih laserskega skeniranja se obe telesi uporabljata za določitev karakterističnih točk, ki jih uporabljamo za vezne točke pri registraciji ali kot tarče pri kalibraciji laserskih skenerjev. Ravnine ne moremo uporabljati za določanje karakteristične točke, nepogrešljiva pa je pri postopkih segmentacije oblakov točk.

V članku najprej opišemo orodja, ki jih bomo v raziskavi uporabili. To so: algoritem RANSAC, geometrijski modeli, določitev parametrov geometrijskih oblik z izravnavo po metodi najmanjših kvadratov in določitev natančnosti teh parametrov. Natančnost parametrov enkrat določimo s postopkom izravnave, drugič pa kot standardni odklon rezultatov mnogih ponovitev postopka.

V nadaljevanju preverjamo ponovljivost postopka za določitev koordinat karakterističnih točk iz skenogramov krogel in stožcev. Nato iz umetno generiranih podatkov z metodo RANSAC prepoznavamo ravnino in opazujemo zanesljivost prepoznavanja.

V razpravi poskušamo utemeljiti rezultate in navesti razloge. Sklenemo z nekaj napotki za praktično uporabo metode RANSAC pri obdelavi oblakov točk.

2 METODE

2.1 Opis algoritma RANSAC

Z algoritmom RANSAC iz oblaka točk poiščemo tiste točke, ki pripadajo objektom (ali delom objektov), ki jih lahko opišemo z matematičnimi izrazi. Take točke bomo v nadaljevanju imenovali inlierji. Algoritem RANSAC temelji na ideji, da optimalni parametri modela opišejo model, ki vključuje največ točk. Izvedemo ga tako, da parametre nekega modela geometrijske oblike določimo na podlagi točk, ki jih iz oblaka točk izberemo naključno. Nato preštejemo, koliko preostalih točk oblaka pripada tako določenemu modelu, pri čemer upoštevamo izbran prag dovoljenega odstopanja od modela. Postopek ponavljamo, dokler ne dosežemo želene stopnje zaupanja (Fischler in Bolles, 1981).

Vhodni podatki za algoritem so:

m – najmanjše število potrebnih točk za določitev modela,

t – prag, s katerim so določene točke, ki še pripadajo modelu,

w – pričakovani delež inlierjev v oblaku točk,

p – stopnja zaupanja (verjetnost, da v vsaj enem od poskusov naključno izberemo samo inlierje),

S – podatki oziroma oblak točk.

Algoritem:

1. določi število ponovitev (glej poglavje 2.2);
2. za $k = 1, \dots, N$
 - naključno vzorči m točk iz $S \rightarrow S_k$
 - iz S_k določi parametre matematičnega modela M_k
 - $S_k^* = \{s | s \in S \setminus S_k \wedge \delta_k(s) \leq t\}$
3. $S^* = \{S_k^* | \|S_k^*\| = \max_{k=1, \dots, N} \|S_k^*\|\}$,

kjer je $\delta_k(s)$ oddaljenost točk iz S od matematičnega modela M_k . Rezultat algoritma je množica S^* . To je tista izmed množic S_k^* , ki vsebuje največ točk.

2.2 Določitev števila ponovitev N

Parameter N pomeni število iteracij, ki glede na izbrano stopnjo zaupanja p zagotavljajo, da v vsaj eni od ponovitev določimo parametre modela samo iz inlierjev. Izračunan je iz najmanjšega števila točk m , ki enolično določajo model, ter predvidenega deleža inlierjev w v množici točk S . Tako je w^m verjetnost, da so vse točke v podmnožici S_k inlierji. Iz tega sledi, da je $1 - w^m$ verjetnost, da je vsaj ena od točk iz podmnožice S_k outlier. Pri N ponovitvah je $(1 - w^m)^N$ verjetnost, da je vsaj v eni od ponovitev v množici S_k prisoten outlier. Torej je verjetnost, da algoritem nikoli ne izbere samo inlierjev, enaka (Fischler in Bolles, 1981):

$$1 - p = (1 - w^m)^N. \quad (1)$$

Z večanjem števila ponovitev N lahko stopnjo tveganja $1 - p$ poljubno zmanjšamo. Ob željeni stopnji zaupanja in predpostavki o vrednosti w dobimo parameter N kot rezultat logaritmiranja enačbe (1):

$$N = \frac{\log(1 - p)}{\log(1 - w^m)}. \quad (2)$$

Več o vplivu izbora vhodnih parametrov na rezultate pri iskanju modelov krogle in stožca z algoritmom RANSAC lahko preberemo v Urbančič in sod. (2014).

2.3 Matematični modeli geometrijskih oblik

V prispevku obravnavamo tri geometrijske oblike (ravnino, kroglo in stožec). Za vse tri je treba določiti parametre modela ob minimalnem številu znanih točk m ter odstopanj ostalih točk od modela.

2.3.1 Ravnina

Splošno enačbo ravnine zapišemo kot:

$$ax + by + cz - d = 0, \quad (3)$$

kjer so a, b, c in d parametri ravnine; x, y in z pa koordinate točke, ki leži na ravnini.

V enačbi imamo štiri neznanke, za določitev ravnine pa so nujne tri točke ($m = 3$). Parametre ravnine določimo v dveh korakih: najprej določimo parametre a, b in c , nato pa še parameter d . Parameter d iz

enačbe (3) eliminiramo tako, da koordinatam vseh treh točk odštejemo njihovo povprečje. S tem izhodišče koordinatnega sistema postavimo na ravnino. Ker s premikom nismo vplivali na naklon ravnine, bodo parametri a, b in c , ki določajo smer normale na ravnino, ostali nespremenjeni.

Koordinate, reducirane na težišče, zapišemo kot vrstice v matriko $\mathbf{M}_{3 \times 3}$. Parametri a, b in c so komponente lastnega vektorja, ki pripada najmanjši lastni vrednosti matrike \mathbf{M} . Parameter d določimo tako, da v enačbo (3) vstavimo parametre a, b in c ter koordinate ene od treh izbranih točk.

Pravokotne oddaljenosti vseh točk v oblaku točk S od določene ravnine izračunamo kot dolžino pravokotnih projekcij krajevnih vektorjev točk na normalo ravnine:

$$\delta_i = [x_i - x_c \quad y_i - y_c \quad z_i - z_c][a \quad b \quad c]^T, \tag{4}$$

kjer so x_c, y_c in z_c koordinate težišča oblaka točk. Pri metodi RANSAC za ravnino kot inlierje obravnavamo točke, za katere velja $|\delta_i| < t$ (glej poglavje 2.1).

2.3.2 Krogla

Splošno enačbo krogle zapišemo kot:

$$(x_i - x_c)^2 + (y_i - y_c)^2 + (z_i - z_c)^2 - r^2 = 0. \tag{5}$$

Za enolično določitev krogle potrebujemo štiri točke, ki ležijo na njeni površini in ne ležijo v isti ravnini. Iščemo štiri parametre krogle: koordinate središča krogle (x_c, y_c, z_c) in radij r . Določitve parametrov se lahko lotimo na različne načine (Franaszek in sod., 2009). Lahko uvedemo nove spremenljivke α, β, γ in ε v enačbo (5):

$$x^2 + y^2 + z^2 - \alpha x - \beta y - \gamma z + \varepsilon = 0, \tag{6}$$

kjer spremenljivke in določimo z rešitvijo štirih enačb za štiri dane točke s koordinatami x_i, y_i, z_i . Parametre krogle nato izračunamo z naslednjimi enačbami:

$$x_c = \frac{\alpha}{2}, \quad y_c = \frac{\beta}{2}, \quad z_c = \frac{\gamma}{2}, \quad r^2 = \left(\frac{\alpha}{2}\right)^2 + \left(\frac{\beta}{2}\right)^2 + \left(\frac{\gamma}{2}\right)^2 - \varepsilon. \tag{7}$$

Ko poznamo koordinate središča krogle, lahko izračunamo oddaljenost d_i vseh točk oblaka od nje. Pravokotna oddaljenost točk od površja krogle je $\delta_i = d_i - r$. Pri metodi RANSAC za kroglo kot inlierje obravnavamo točke, za katere velja $|\delta_i| < t$ (glej poglavje 2.1).

2.3.3 Stožec

Enačbo pokončnega stožca zapišemo kot:

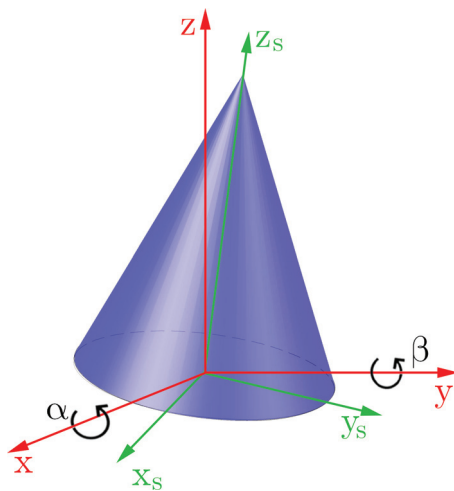
$$(x_s - x_0)^2 + (y_s - y_0)^2 - (k \cdot z_s + b)^2 = 0, \tag{8}$$

kjer so x_s, y_s in z_s koordinate točk na plašču stožca; x_0 in y_0 sta položaja presečišča osi stožca z ravnino $z=0$; k je naklonski koeficient linearne funkcije $R=f(z) = k \cdot z_s + b$; pa polmer stožca na višini $z=0$.

Stožec definirajo koordinate vrha stožca, orientacija stožca v prostoru ter kot med osnovno ploskvijo in plaščem stožca. V splošnem je lahko stožec v prostoru poljubno orientiran, zato enačbo zapišemo tako,

da bo omogočala splošno rešitev. Usmerjenost osi stožca lahko opišemo z zasuki modela stožca v kartezičnem koordinatnem sistemu okoli koordinatnih osi x in y za kota ω_x in ω_y . Stožec je glede na svojo os simetričen, zato zasuk okoli koordinatne osi ni smiseln. Uporabimo skupno rotacijsko matriko, ki jo dobimo z množenjem rotacijskih matrik \mathbf{R}_{ω_x} in \mathbf{R}_{ω_y} v naslednjem vrstnem redu $\mathbf{R} = \mathbf{R}_{\omega_y} \mathbf{R}_{\omega_x}$. Z uporabo skupne rotacijske matrike lahko zapišemo povezavo med koordinatnim sistemom stožca (x_s, y_s, z_s) in zunanjim koordinatnim sistemom (x, y, z) , prikazanim na sliki 1 kot (Marjetič in sod., 2011):

$$\begin{bmatrix} x_s \\ y_s \\ z_s \end{bmatrix} = \mathbf{R} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}. \tag{9}$$



Slika 1: Koordinatni sistem oblaka točk (x, y, z) in koordinatni sistem stožca (x_s, y_s, z_s) .

Če enačbo (9) vstavimo v enačbo (8), dobimo naslednjo povezavo med točkami in parametri stožca, ki je lahko poljubno orientiran:

$$(r_{11}x + r_{12}y + r_{13}z - x_0)^2 + (r_{21}x + r_{22}y + r_{23}z - y_0)^2 - (k(r_{31}x + r_{32}y + r_{33}z) + u)^2 = 0, \tag{10}$$

kjer so r_{ij} elementi rotacijske matrike \mathbf{R} , ki so izraženi kot funkcije kotov ω_x in ω_y . Stožec določa šest točk, zato parametre stožca določimo z rešitvijo sistema šestih enačb, za šest točk, zapisanih v obliki (10).

Z znanimi parametri stožca lahko določimo pravokotne oddaljenosti δ_i vseh točk od modela:

$$\delta_i = \sin(\phi) d_i, \tag{11}$$

kjer je ϕ kot med plaščem stožca in smerjo od vrha stožca proti točki ter d_i razdalja med vrhom stožca in točko. Pri metodi RANSAC za stožec kot inlierje obravnavamo točke, za katere velja $|\delta_i| < t$ (glej poglavje 2.1).

2.4 Izravnava parametrov izbranih geometrijskih oblik

Rezultat algoritma RANSAC je množica točk S^* , ki pripadajo najboljšemu modelu izbrane geometrijske oblike. Uporabnikov končni cilj pa je običajno določitev parametrov modela izbrane geometrijske oblike

na podlagi točk, ki so rezultat algoritma RANSAC. Za rešitev uporabimo splošni model izravnave po metodi najmanjših kvadratov. Matematični modeli za ravnino, kroglo in stožec so podani v enačbah (3), (5) in (10). Modeli predstavljajo soodvisnost med *opazovanji* (v našem prispevku so to koordinate točk, ki ležijo na geometrijski obliki) in *neznankami* (v našem prispevku so to parametri geometrijske oblike).

Model lineariziramo z odvajanjem po opazovanjih in neznankah ter ga v matrični obliki zapišemo kot:

$$\mathbf{A}\mathbf{v} + \mathbf{B}\Delta = \mathbf{f}, \tag{12}$$

kjer so: \mathbf{A} – matrika koeficientov opazovanj, \mathbf{v} – popravki opazovanj, \mathbf{B} – matrika koeficientov parametrov, Δ – popravki približnih vrednosti neznank in \mathbf{f} – vektor odstopanj opazovanj od matematičnega modela.

Iskane vrednosti popravkov približnih vrednosti neznank Δ dobimo z rešitvijo sistema enačb (12) po metodi najmanjših kvadratov:

$$\Delta = (\mathbf{B}^T(\mathbf{A}\mathbf{A}^T)^{-1}\mathbf{B})^{-1}(\mathbf{B}^T(\mathbf{A}\mathbf{A}^T)^{-1}\mathbf{f}). \tag{13}$$

Stohastične lastnosti izravnanih parametrov opisuje matrika:

$$\Sigma_{\Delta\Delta} = \sigma_0^2(\mathbf{B}^T(\mathbf{A}\mathbf{A}^T)^{-1}\mathbf{B})^{-1}, \tag{14}$$

kjer je σ_0^2 referenčna varianca a posteriori. Podrobnosti o izravnavi najdemo tudi v Kuang (1996) ter Grigillo in Stopar (2003).

2.5 Analiza zanesljivosti metode RANSAC

Natančnosti izravnanih parametrov, ki jih izračunamo z enačbo (14), so določene na podlagi odstopanj točk v množici S^* od matematičnega modela. Tako ne ocenimo vpliva naključnega vzorčenja v drugem koraku metode RANSAC na določitev parametrov.

Ob ponovitvi metode z istimi podatki in pri istih nastavitvah vhodnih parametrov rezultat ne bo nujno enak. Ta vpliv smo analizirali tako, da smo za vsak oblak točk metodo RANSAC in izravnavo parametrov oblik izvedli stokrat. Tako smo pridobili sto koordinat karakteristične točke s pripadajočimi ocenami natančnosti.

Analiza zanesljivosti oziroma ponovljivosti metode RANSAC temelji na rezultatih stotih neodvisnih ponovitev izračuna parametrov iskanih geometrijskih oblik. Vrednosti vhodnih parametrov so v vseh ponovitvah enake.

Za merilo natančnosti parametrov $x(g)$, $y(g)$ in $z(g)$, ocenjenih iz množice točk S^* za $g = 1, \dots, 100$ ponovitev, uporabimo standardne odklone $\sigma_{x(g)}$, $\sigma_{y(g)}$ in $\sigma_{z(g)}$, ki so rezultat izravnave po metodi najmanjših kvadratov (matrika $\Sigma_{\Delta\Delta(g)}$).

Kot merilo natančnosti ocenjenih parametrov **posamezne ponovitve** $\bar{\sigma}_{x(g)}$, $\bar{\sigma}_{y(g)}$ in $\bar{\sigma}_{z(g)}$ (v preglednici 1 so zapisane poševno in pobarvane z **rdečo**) uporabimo kvadratni koren srednje vrednosti stotih varianc $\sigma_{x(g)}^2$, $\sigma_{y(g)}^2$ in $\sigma_{z(g)}^2$.

Za **sto ponovitev** natančnost izračunamo kot standardne odklone stokrat izračunanih parametrov. Označimo jih z σ_x , σ_y in σ_z , v preglednici 1 so zapisani podčrtani z **modro** barvo. V preglednici 1 smo za pojasnitev razlik med obema meriloma prikazali praktičen primer izračuna.

Preglednica 1: Numeričen primer izračuna ocen natančnosti za **posamezno** in **sto ponovitev**.

Ponovitev	Parametri			Natančnosti		
	x [m]	y [m]	z [m]	σ_x [mm]	σ_y [mm]	σ_z [mm]
1	-1,17722	4,03986	-0,27292	0,039	0,016	0,040
2	-1,17762	4,04002	-0,27288	0,038	0,018	0,039
3	-1,17724	4,04008	-0,27295	0,039	0,022	0,039
...
100	-1,17720	4,04004	-0,27298	0,040	0,027	0,040
Povprečje	\bar{x}	\bar{y}	\bar{z}	$\bar{\sigma}_x$	$\bar{\sigma}_y$	$\bar{\sigma}_z$
	-1,17745	4,04020	-0,27293	0,040	0,030	0,041
St. odklon	σ_x [mm]	σ_y [mm]	σ_z [mm]			
	<u>0,172</u>	<u>0,333</u>	<u>0,063</u>			

Pri obravnavi generiranega oblaka točk je bilo znano, katere točke pripadajo ravnini, zato smo za posamezno točko lahko preverili, ali je bila z metodo RANSAC pravilno določena kot inlier oziroma outlier. Tako smo lahko določili delež napak prvega in drugega reda. Napaka prvega reda e_1 je število točk, ki jih RANSAC določi kot inlierje, pa ravnini ne pripadajo. Nasprotno je napaka drugega reda e_2 število točk, ki jih RANSAC ne določi kot inlierje, pa ravnini pripadajo.

3 REZULTATI

Pri postopkih samokalibracije terestričnega laserskega skenerja (Lichti, 2010) s skenerjem izmerimo položaje identičnih točk z različnih stojišč. Tehnologija TLS ne omogoča merjenja položaja poljubne točke, zato jih signaliziramo s tarčami v obliki geometrijskih teles. Take tarče omogočajo dovolj kakovostno določitev karakterističnih točk iz oblaka točk.

Pri terestričnem laserskem skeniranju objekta z več stojišč je treba oblake točk združiti v enoten oblak točk. Tako združitev oblakov točk imenujemo registracija. Postopek registracije izvedemo s podobnostno transformacijo oblakov točk v skupni koordinatni sistem. Za določitev parametrov transformacije moramo poznati koordinate vsaj treh identičnih točk v izhodiščnem in ciljnem koordinatnem sistemu. Te točke imenujemo vezne točke. Uporabo veznih točk, materializiranih z geometrijskimi oblikami, sta na praktičnem primeru prikazala Barbarella in Fiani (2013).

Za določitev veznih ali kontrolnih točk predlagamo uporabo geometrijskih oblik krogle in stožca, saj omogočata kakovostno določitev koordinat karakteristične točke v vseh treh dimenzijah.

3.1 Ravnina

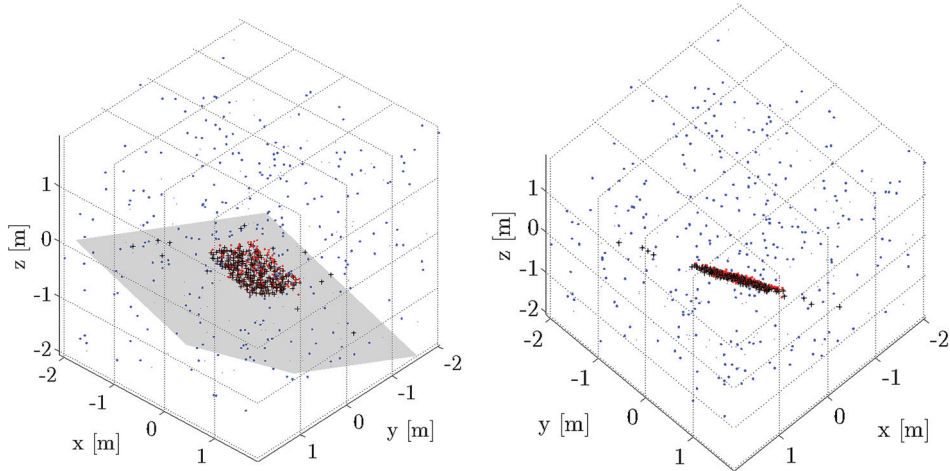
Ravnine zaradi njene oblike ne moremo uporabljati za določitev karakterističnih točk, zelo uporabna pa je pri postopkih segmentacije. Segmentacija pomeni razdelitev oblaka točk na več manjših delov, pri čemer točke teh delov (segmentov) povezujejo skupne lastnosti. Tipična takšna lastnost je pripadnost skupni ravnini.

Točke, ki pripadajo ravnini, smo najprej iskali v umetno generiranem oblaku točk. Simulirali smo točke na ravnini s parametri $a = 2$, $b = 4$, $c = -3$, $d = 3$, ki pa smo jim dodali normalno porazdeljen šum s

standardno deviacijo 5 centimetrov. Oblaku točk ravnine smo nato dodali točke, ki ne ležijo na ravnini in so enakomerno razporejene po prostoru. Izvedli smo deset ponovitev, pri tem pa spreminjali delež inlierjev w . V algoritem smo vsakokrat vnesli znane (prave) vrednosti parametrov t in w in zahtevali 99-odstotno stopnjo zaupanja. Rezultati algoritma, kjer vidimo tudi delež najdenim inlierjev i , so podani v preglednici 2 in na sliki 2.

Preglednica 2: Rezultati metode RANSAC na simuliranih ravninah

t [cm]	w	p	N	i	e_1	e_2
5	10 (2,4 %)	99 %	317391	32/410 = 7,8 %	30	8
5	20 (4,8 %)	99 %	42647	34/420 = 8,1 %	17	3
5	30 (7,0 %)	99 %	13559	44/430 = 12,2 %	14	0
5	40 (9,1 %)	99 %	6128	49/440 = 11,1 %	15	6
5	75 (15,8 %)	99 %	1168	80/475 = 16,8 %	13	8
5	100 (20,0 %)	99 %	574	110/500 = 22,0 %	13	3
5	150 (27,3 %)	99 %	225	139/550 = 33,5 %	11	22
5	200 (33,3 %)	99 %	123	191/600 = 31,8 %	11	20
5	300 (42,9 %)	99 %	57	236/700 = 33,7 %	8	72
5	400 (50,0 %)	99 %	35	282/800 = 35,3 %	11	129

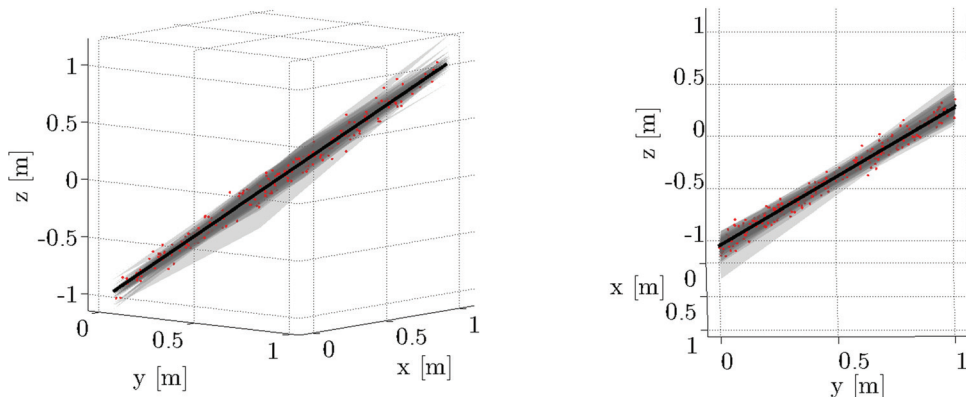


Slika 2: Prikaz rezultatov metode RANSAC na generiranem oblaku točk iz dveh različnih perspektiv. Uporabljen je bil prvi niz podatkov iz preglednice 2. Rdeče točke – točke na generirani ravnini; modre točke – točke, ki ne pripadajo generirani ravnini; črni zanki + – točke, ki jih je kot točke na ravnini prepoznala metoda RANSAC.

Za oceno zanesljivosti algoritma smo izračun pri vhodnih podatkih $t = 5$ cm, $w = 50\%$ in $p = 99\%$ ponovili stokrat in tako kot pri krogli ter stožcu opazovali razliko med natančnostjo parametrov posamezne in vseh ponovitev. Rezultati ocenjenih parametrov in njihovih standardnih deviacij (ocena natančnosti) so v preglednici 3 in na sliki 3.

Preglednica 3: Primerjava natančnosti iz *posamezne* in *stotih* ponovitev – ravnina

Parameter	Generirani	<i>Posamezna</i> ponovitev	<i>Sto</i> ponovitev
	[m]	parameter in natančnost [m]	parameter in natančnost [m]
<i>a</i>	2,000	$a = 1,931 \quad \sigma_a = 0,018$	$a = 2,009 \quad \sigma_a = 0,079$
<i>b</i>	4,000	$b = 4,192 \quad \sigma_b = 0,021$	$b = 3,998 \quad \sigma_b = 0,154$
<i>c</i>	-3,000	$c = -2,971 \quad \sigma_c = 0,034$	$c = -2,985 \quad \sigma_c = 0,110$
<i>d</i>	3,000	$d = 3,050 \quad \sigma_d = 0,015$	$d = 3,004 \quad \sigma_d = 0,111$



Slika 3: Prikaz različnih ravnin, določenih na podlagi rezultatov stotih ponovitev metode RANSAC. Črne točke – točke, ki ležijo na iskani ravnini; rdeče točke – točke na ravnini, ki jim je dodan normalno porazdeljen šum; sive, prosojne ravnine – ravnine, ki smo jih dobili v sto ponovitvah metode RANSAC na rdečih točkah.

3.2 Kroglja

Najbolj enostaven model za določitev karakteristične točke je kroglja. Pri izvedenotanju središča kroglje iz skeniranega oblaka točk pa naletimo na nekatere omejitve:

- (i) z enega stojišča lahko skeniramo največ polovico površine kroglje;
- (ii) na robovih kroglje (gledano s stojišča skenerja) se od kroglje odbije le del laserskega žarka, kar povzroči podatkovne artefakte (Hebert in Krotkov, 1992);
- (iii) na površino kroglje, ki je pravokotna na vpadli laserski žarek, je lahko intenziteta odboja prevelika, to pa lahko povzroči grobi pogrešek merjene dolžine;
- (iv) območje skeniranja je pravokotno okno, kar pomeni, da poleg točk kroglje vedno zajamemo več ali manj okoliških točk, ki ne pripadajo kroglji.

Z metodo RANSAC lahko iz oblaka točk odstranimo točke, ki ne pripadajo modelu kroglje.

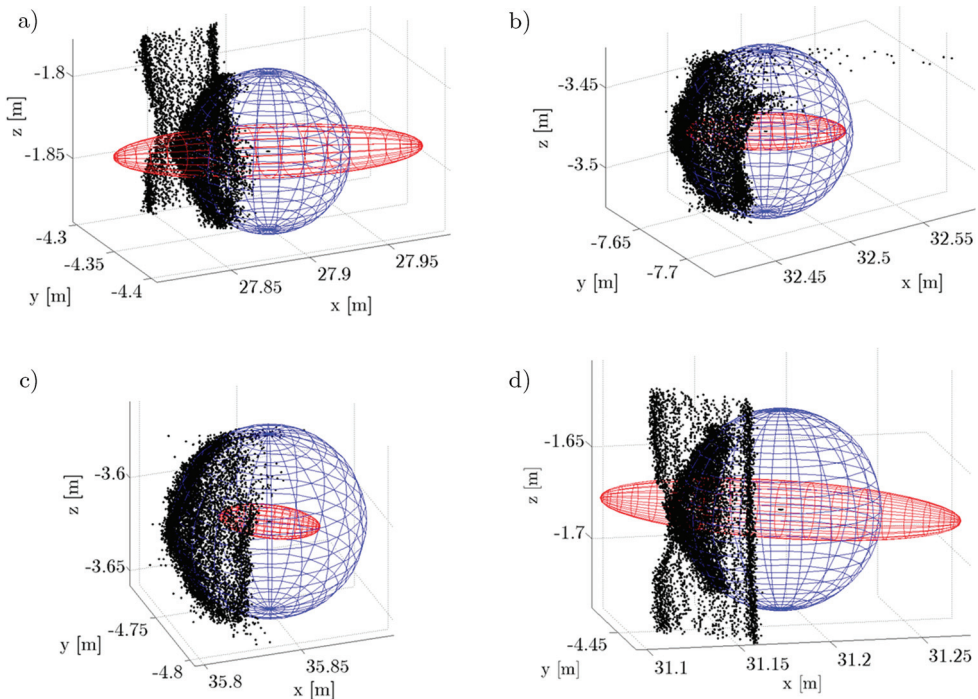
Analizo smo izvedli na skeniranih oblakih točk petih kroglj. Kroglje z enakimi radiji so bile skenirane z instrumentom Riegl VZ-400. Instrument omogoča skeniranje točke na razdalji 100 metrov z natančnostjo 3 milimetre in točnostjo 5 milimetrov, laserski žarek ima pri izhodu premer žarka 7 milimetrov ter divergenco 0,35 mrad (Riegl, 2014). Kroglje so skenirane z razdalje ~ 30 metrov z ločljivostjo približno 1×1 milimeter. Vseh pet skeniranih oblakov točk vsebuje pogrešene točke zaradi zgoraj naštetih razlogov (ii), (iii) in (iv). Za vseh pet kroglj smo vhodne parametre nastavili na

$t = 2 \text{ mm}$, $w = 50 \%$ in $p = 99 \%$. Za želeno stopnjo zaupanja moramo naključni vzorec štirih točk iz vsakega oblaka izbrati 72-krat. V preglednici 4 so ocenjene natančnosti *posamezne* in *stotih* ponovitev postopka (poglavje 2.5).

Preglednica 4: Primerjava natančnosti iz *posamezne* in *stotih* ponovitev – krogla

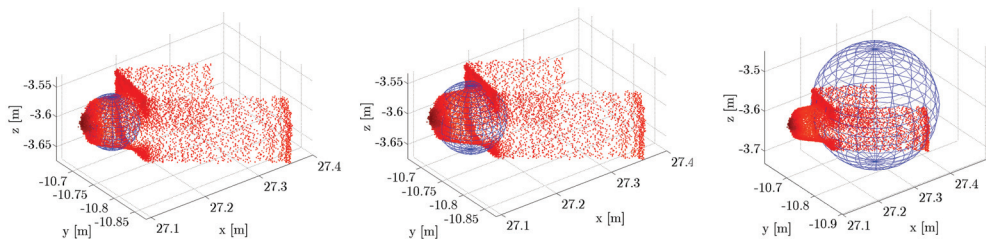
Krogla	<i>Posamezna</i> ponovitev [mm]					<i>Sto</i> ponovitev [mm]				
	V16	V1	V17	V19	V3	V16	V1	V17	V19	V3
σ_x	0,13	0,14	0,10	0,14	0,24	0,52	9,37	2,48	9,15	38,59
σ_y	0,05	0,05	0,04	0,05	0,07	0,16	2,33	0,95	4,01	6,96
σ_z	0,04	0,05	0,04	0,05	0,05	0,11	1,76	1,02	1,58	2,53
σ_r	0,10	0,11	0,07	0,11	0,22	0,39	7,89	1,92	8,24	25,72

Za vsako od krogel V16, V1, V17 in V19 smo na sliki 4 prikazali: oblak točk (črna), izravnano kroglo (modra) ter standardna elipsoida pogreškov za središča krogle – *posamezna* ponovitev (črna) in *sto* ponovitev (rdeča).



Slika 4: Oblaki točk, izravnane krogle ter oba standardna elipsoida pogreškov za krogle V16, V1, V17 in V19. (Standardni elipsoid ene ponovitve je zelo majhen.)

Krogla V3 je poseben primer, pri katerem so središča krogle zavzemala zelo različne vrednosti, ki jih lahko prikazemo s tremi tipičnimi primeri. Prikazani so na sliki 5.



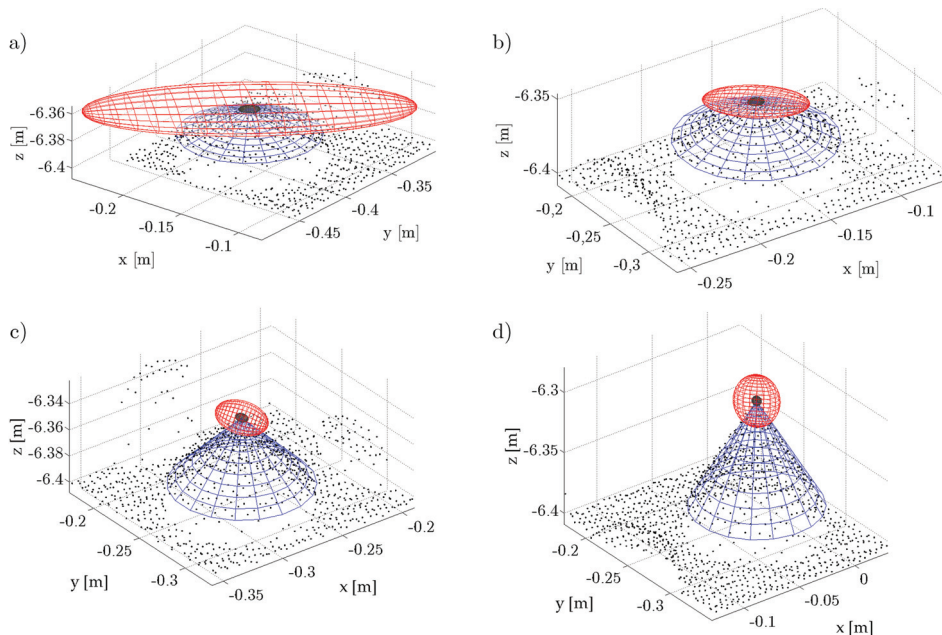
Slika 5: Oblaki točk in izravnane krogle V3.

3.3 Stožec

Pri stožcu je karakteristična točka vrh stožca. Koordinate vrha stožca smo izračunali po postopku v poglavju 2.3.3.

Preglednica 5: Primerjava natančnosti iz *posamezne* in *stotih* ponovitev – stožec.

Strmina stožca [°]	Posamezna ponovitev [mm]				Sto ponovitev [mm]			
	20	30	45	60	20	30	45	60
σ_x	0,12	0,08	0,05	0,02	1,75	0,46	0,30	0,11
σ_y	0,12	0,09	0,05	0,02	1,73	0,56	0,32	0,10
σ_z	0,06	0,03	0,04	0,03	0,18	0,13	0,16	0,20



Slika 6: Prikaz oblakov točk, izravnane stožca in obeh standardnih elipsoidov pogreškov: a) 20°, b) 30°, c) 45° in d) 60°.

Za preizkus predlagane metode iskanja modela stožca bomo uporabili del podatkov skeniranega testnega polja. Testno polje vključuje štiri modele stožcev z radiji osnovne ploskve 5,0 centimetra ter različnimi koti med osnovno ploskvijo in plaščem stožca: 20°, 30°, 45° in 60°. Skeniranje je bilo opravljeno s tere-

stričnim laserskim skenerjem Riegl VZ-400 z razdalje 6,4 metra z ločljivostjo približno 2×2 milimetra. Pri izračunu smo uporabili naslednje parametre: $t = 2$ mm, $w = 35$ % in $p = 95$ %. V preglednici 5 so predstavljene povprečne natančnosti določitve koordinat vrha stožca za *posamezno* ponovitev in razpršenost koordinat vrha stožca, določenih iz *stotih* ponovitev.

Grafični prikaz rezultatov določitve koordinat vrha stožca na obravnavanem testnem polju je na sliki 6. Prikazane so točke ter izračunan model stožca po izravnavi matematičnega modela iz vseh inlierjev za eno od rešitev algoritma RANSAC. Izrisana elipsoda se nanašata na natančnosti iz preglednice 5 in sta v merilu 50.000 : 1.

4 RAZPRAVA

Na podlagi analize rezultatov obdelave generiranega oblaka točk (poglavje 3.3), kjer smo vnaprej poznali prave parametre ravnine, delež inlierjev w in šum na točke ravnine t , lahko razberemo nekaj splošnih značilnosti metode RANSAC:

- večji p in večji w pomenita več iteracij \rightarrow več računskega časa. Razmerje je opisano v enačbi (2);
- pri manjšem deležu inlierjev je bilo več točk z napako tipa 1, pri večanju deleža inlierjev pa se poveča verjetnost za napako tipa 2.

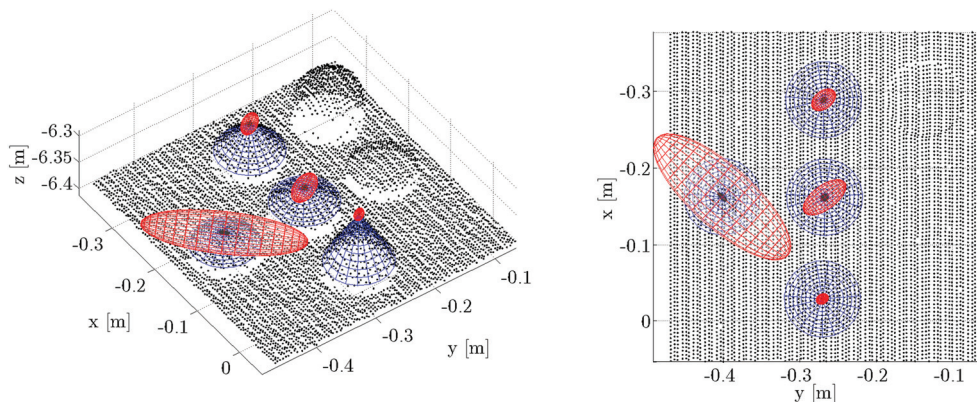
Parametri ravnine so na podlagi stotih ponovitev določeni bolj točno kot na podlagi posamezne ponovitve. Podobno kot pri krogli in stožcu se je pokazalo, da so ocene parametrov iz stotih ponovitev veliko bolj razpršene, kot bi lahko sklepali iz ocene natančnosti parametrov na podlagi posamezne ponovitve.

Pri določitvi koordinat karakteristične točke nas je najbolj zanimala kakovost te določitve. Ocene natančnosti koordinat karakteristične točke na podlagi posamezne ponovitve metode RANSAC so zelo optimistične. Ta ocena je določena na podlagi odstopanj točk, izbranih z metodo RANSAC, od matematičnega modela in je tako neposredno povezana z izbranim pragom t ; manjši kot je t , bolj se bodo izbrane točke prilegale modelu in boljša bo ocenjena natančnost določitve koordinat. Ta mera sicer ne pove ničesar o zanesljivosti metode RANSAC, saj ne vemo, ali so bile iz oblaka točk izbrane prave točke. Ob večkratni ponovitvi metode RANSAC ob istih vhodnih podatkih smo, tako za kroglo kot za stožec, dobili vsaj trikrat večjo razpršenost vseh treh koordinat karakteristične točke kot pri posamezni ponovitvi.

Z metodo RANSAC za kroglo V3 ni uspelo v vseh ponovitvah določiti točk, ki so pripadale dejanski krogli, ampak je več točk pripadalo mnogo večji krogli (slika 5). Možnost za tako napako lahko zmanjšamo s predhodno obdelavo podatkov (na primer s filtriranjem po intenziteti) ali če predhodno poznamo katerega od parametrov (na primer radij krogle ali naklon stožca).

Glede na natančnost skeniranja oziroma natančnost določitve koordinat točk z nastavitvijo praga t v določenih primerih močno posežemo v končni rezultat. Velikost in orientacija standardnih elipsoidov pogreškov sta zelo različna. Orientacija elipsoidov pri krogli je odvisna od položaja skenerja glede na kroglo, največja polos elipsoida je usmerjena v smeri proti skenerju. Pri modelih stožca je pri stožcu z največjim kotom med osnovno ploskvijo in plaščem (60°) razpršenost večja v smeri osi stožca, medtem ko je pri ostalih stožcih razpršenost večja v ravnini, ki je vzporedna z osnovno ploskvijo. Orientiranost

elipsoidov je odvisna tako od geometrije skeniranega stožca kot od relativnega položaja skenerja glede stožec. Položaj skenerja na sliki 7 predstavlja točka (0,0,0). Standardni elipsoidi so glede na oblak točk, ki je prikazan v metrih, izrisani v merilu 50.000 : 1.



Slika 7: Standardni elipsoidi zanesljivosti metode RANSAC za modele stožcev.

Kadar nas torej zanimajo vrednosti in natančnosti parametrov modela, ki jih določimo z izravnavo z metodo RANSAC določenih točk, ni dovolj, da upoštevamo samo natančnosti določitve parametrov, določene z izravnavo. Naši rezultati so pokazali, da je tako določena natančnost vedno precenjena, saj ne upošteva (ne)zanesljivosti metode RANSAC. Z nekajkratno ponovitvijo postopka, ki je v praksi ni težko izvesti, saj RANSAC ni procesno ali časovno potraten, lahko preverimo, ali so rezultati iz različnih ponovitev med seboj konsistentni. Glede ocenjevanja natančnosti parametrov pa lahko povemo, da je dejanska natančnost izvrednotenih parametrov odvisna od oblike geometrijskega telesa in opazovanj samih (torej od konkretnega primera).

Pomembno se nam zdi poudariti, da se vse natančnosti in elipsoidi pogreškov pri obravnavi krogel in stožcev nanašajo na vrednotenje postopka RANSAC, saj smo uporabili oblake točk v koordinatnem sistemu skenerja. Pri uporabi metode RANSAC v praksi bi na natančnost dobljenih parametrov močno vplivali tudi natančnosti koordinat oslonilnih točk, instrumentalni pogreški in pogreški okolja, zato ne bi mogli doseči natančnosti v tem velikostnem razredu.

Postopek RANSAC je zelo robusten. Uporabljamo ga lahko pri mnogo različnih nalogah, zavedati pa se moramo, da temelji na naključju in zato pri ponovitvi postopka ne moremo dobiti identičnih rezultatov. Predvsem želimo poudariti, da je pri uporabi metode RANSAC nujna določena stopnja previdnosti, še posebno, ko potrebujemo rezultate visoke točnosti ali natančnosti.

Zahvala:

Prispevek je nastal v okviru doktorskega študija avtorjev, ki sta ga sofinancirala Evropski socialni sklad ter Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije. Za opravljeno terestično lasersko skeniranje se avtroji prispevka zahvaljujemo podjetju DFG Consulting.

Literatura in viri:

Glej literaturo na strani 83.



Urbančič T., Vrečko A., Kregar K. (2016). The reliability of RANSAC method when estimating the parameters of geometric object. Zanesljivost metode RANSAC pri oceni parametrov geometrijskih oblik. Geodetski vestnik, 60 (1): 69-97. DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2016.01.69-97

asist. Tilen Urbančič, univ. dipl. inž. geod.

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

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

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

asist. Anja Vrečko, univ. dipl. inž. geod.

Tomšičeva ulica 50, SI-2310 Slovenska Bistrica
e-naslov: vrecko.anja@gmail.com



NAČRTOVANJE PRIMESTNIH OBMOČIJ: OD SPALNIH NASELIJ DO TRAJNOSTNIH SOSESK

SUBURBAN DESIGN: FROM “BEDROOM COMMUNITIES” TO SUSTAINABLE NEIGHBORHOODS

Milena Dinić, Petar Mitković

UDK: 711.41

Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.02

Prispelo: 23. 5. 2015

Sprejeto: 16. 2. 2016

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2016.01.98-113

REVIEW ARTICLE

Received: 23. 5. 2015

Accepted: 16. 2. 2016

IZVLEČEK

Eden od pomembnih izzivov v razvoju primestnih območij je vprašanje monofunktionalnosti. Primestna oziroma suburbana območja se pogosto razvijajo kot spalna naselja z velikimi stanovanjskimi nepremičninami, pri čemer je na območju nekdanjih vasi, ki so obdajale mesta, navzoč proces širjenja mest in primestnih satelitskih stanovanjskih sosesk. V prispevku so obravnavani nekateri pristopi k urbanemu oblikovanju, katerih posledica je neprimerna raba zemljišč na obrobju mest in pojav tako imenovanih spalnih sosesk. Predstavljena je primerjalna analiza treh primestnih območij za mesto Niš v Srbiji: velike stanovanjske soseske Krive Livade, razširjenih sosesk Podvinik in Vinik ter območja nekdanjih ruralni naselij Komren in Gornji Komren. Kakovost urbanističnega oblikovanja je ocenjena na podlagi meril, ki se nanašajo na fizične in funkcionalne vidike urbane strukture: centralnih urbanih funkcij, gostote prebivalstva, javnih površin, namenjenih centralnim urbanih funkcijam, in prometne ureditve. V hipotezi raziskave domnevamo, da je monofunktionalnost neprimerna oblika prostorskega razvoja in da mesto potrebuje policentrično urbano strukturo. Kot dober model urbanega območja so predlagane tradicionalne zgoščene soseske s središčem, ki podpira območja za pešce in ponuja raznolike funkcije.

KLJUČNE BESEDE

primestna območja, velike stanovanjske soseske, širjenje mest, satelitska naselja, prostorski razvoj, stanovanjske soseske

ABSTRACT

One of the main issues in the current suburban development is mono-functionality. Suburban formats that mainly function as “bedroom communities” are large housing estates, urban sprawl and suburban satellite housing – former villages surrounding large socialist cities. This paper deals with some urban design principles which encourage unsustainable usage of land at the periphery of cities and cause the “bedroom community” phenomenon. A comparative analysis is performed of three suburban areas where the issue of mono-functionality was/ is present, located within the administrative area of the City of Niš, Serbia: large housing estate in Krive Livade neighbourhood, sprawling neighborhoods Podvinik and Vinik, and former rural settlements Donji Komren and Gornji Komren. The quality of urban design is evaluated using four criteria related to the physical and functional component of urban structure: central urban functions, population densities, public spaces adjacent to central urban functions, and neighborhood traffic. The initial hypothesis of this research is that the mono-functionality represents an unsustainable form of development and that the city needs a polycentric spatial structure. The traditional compact neighborhood with a center, which is pedestrian oriented and has a diversity of uses, is instated as a good quality urban area model.

KEY WORDS

suburbia, large housing estates, sprawl, satellite housing, mixed-use

1 INTRODUCTION

It is very difficult to single out one definition of suburbia, since it is a familiar and complex concept. According to Mumford (2006), suburbia is formed simultaneously with the city, but as a separate social community divided from the city not only by space but also by class stratification. Maksimović (1980) defines suburban area as the territory that surrounds the city, usually organically attached to the urban area in Master plans. In defining suburbia, Hall (1974) uses the following determinants: low population density that significantly reduces the possibilities of establishing social interactions, and a poor quality of life regarding retail and entertainment, adding subsequently one more determinant: auto-dependence in the last 30 years (Hall, 2009). Dunham-Jones & Williamson (2011) find typical suburban form both within and outside the urban border, which is characterized by: low-density, segregation of uses, objects set back in a landscape they dominate, dendritic road pattern with dead ends and culs-de-sac, car-dependency, private buildings as dominant spatial figures and poorly designed public spaces. It can be stated that all definitions of the term suburbia refer to districts at the periphery of cities.

The second half of the 20th century was marked by explosive demographic growth and high degree of urbanization, due to the influx of population from rural into urban areas (Stanilov, 2003). The suburbia as we know it today appeared, in various formats which greatly depend on the social system of the state, political system and market conditions. Stanilov (2003) establishes four basic types of suburban form, stating that this does not conclude the list: *planned new towns*, *informal settlements*, *edge cities* and *urban sprawl*. Similar forms are also instated by other authors: in the socialist city suburban development takes the form of large housing estates, as a type of planned new towns (Hirt & Kovachev, 2006; Nedović-Budić, et al., 2006); current suburban growth in the post-socialist city takes the form of capitalist sprawl (Tamaru, et al., 2009; Sykora & Ourednicek, 2007); edge cities are found in the outskirts of large metropolitan areas in regions with highly developed economies (Garreau, 1992); informal settlements in peri-urban areas are most associated with urban poverty (Deda & Tsenkova, 2006). From the standpoint of this research, the stated typology of suburban forms should be supplemented by an additional format that is of concern for post-socialist cities in Europe – former villages surrounding large cities. These settlements are nowadays located within the administrative boundary of the cities, within the so called city region (Sykora & Stanilov, 2014). They are in various stages of transformation from rural to suburban and represent a specific form of *suburban-rural satellites*. Rural origins and lack of planned development distinguishes them from satellite new towns. Genesis, development circumstances and urban structure distinguishes them from sprawl. The city and its suburban settlements are dealt with together as an urban area, since they are strongly connected (Zavodnik Lamovšek, et al., 2008).

Nowadays, certain deficiencies in suburban planning can be observed in various types of suburban environments, as well as the problems they generated in physical-spatial, functional and socio-economic structure (Dinić, 2015). One of the biggest problems suburbia faces nowadays is mono-functionality, most often the inexistence of any other urban use except the residential one. Such development models result in suburban neighborhoods that are merely “bedroom communities” to their inhabitants. Suburban forms that have been functioning only as city “bedrooms” ever since their emergence are large socialist housing estates and urban sprawl. In the first suburban type the mono-functionality was planned, while in the case of sprawl it was spontaneously developed. The issue of mono-functionality is also present with

suburban satellites - former villages. It doesn't date back to the settlement origins, but is a consequence of the loss of functions due to development circumstances. In other suburban types it is possible to avoid the "bedroom communities" scenario.

In contemporary planning theory, a polycentric spatial structure, or deconcentration of functions from the city center to secondary centers within the administrative territory of a city, represents the only sustainable form of development when it comes to positioning central places. So far, in the ongoing transformation of metropolitan areas in the post-socialist Central and Eastern European countries (CEE), the formation of subcenters outside of the metropolitan core, in a hierarchical network, is not fully articulated (Stanilov & Sykora, 2014). In this regard, the initial hypothesis of this research is that mono-functional suburban settlements cause conflicts in the city development patterns and that there is a significant correlation between the existence of a center and suburban settlement performance. Although mono-functionality represents the main reason for the lack of vitality, some other urban design principles also encourage "unsustainable" use of land in the urban periphery, causing the phenomenon of "bedroom communities". Therefore, the aims of this study are: 1) to establish specific spatial and functional features of urban design that produce the same/ similar problems in suburban settlements – "bedroom communities" and 2) to propose guidelines for shaping suburban settlements based on the identified elements. Characteristics of suburban design are explored on the basis of the established criteria of suburbia's physical and functional structure and their indicators, which are outlined in the second part of the paper.

2 METHODOLOGY

This paper determines the characteristics of the stated suburban types – "bedroom communities", by using empirical research, literature review and practical experience. The research is based on a comparative analysis of three suburban neighborhoods of the post-socialist city, where the issue of mono-functionality was/ is present. The analysed suburban forms are located within the administrative area of the City of Niš, which is a typical post-socialist city and the third largest city in Serbia. Cases are chosen based on the following criteria: 1) a typical suburban neighborhood/ segment – spatial entity which is representative of its type within the established typology of suburban forms, and 2) suburban neighborhood/ segment has a minimum population of 2,000, which corresponds to the smallest spatial-functional residential unit.

The first case is a planned new segment of the City of Niš from the socialist period - large housing estate in the Krive Livade neighborhood. It was built in the 70's, in what was then the outskirts of the city (Figure 1A). Sprawling neighborhoods Podvinik and Vinik, located outside the urban boundary of Niš, were chosen as the second suburban form. The analysed area at the foot of the hill Vinik was formed in the 70's as a settlement of weekend cottages, which were later transformed into permanent homes. New low-density residential development also occurred in this area (Figure 1B). The third analysed suburban type is a zone of two rural settlements, Donji Komren and Gornji Komren in the immediate vicinity of Niš (Figure 1C). This suburban extension generates post-socialist sprawl. All three examples of suburban settlements, despite the diversity of urban form and structure, generate similar problems and manifest similar shortcomings in the usage of space, and therefore make a suitable basis for the analysis of urban design features of "bedroom communities".

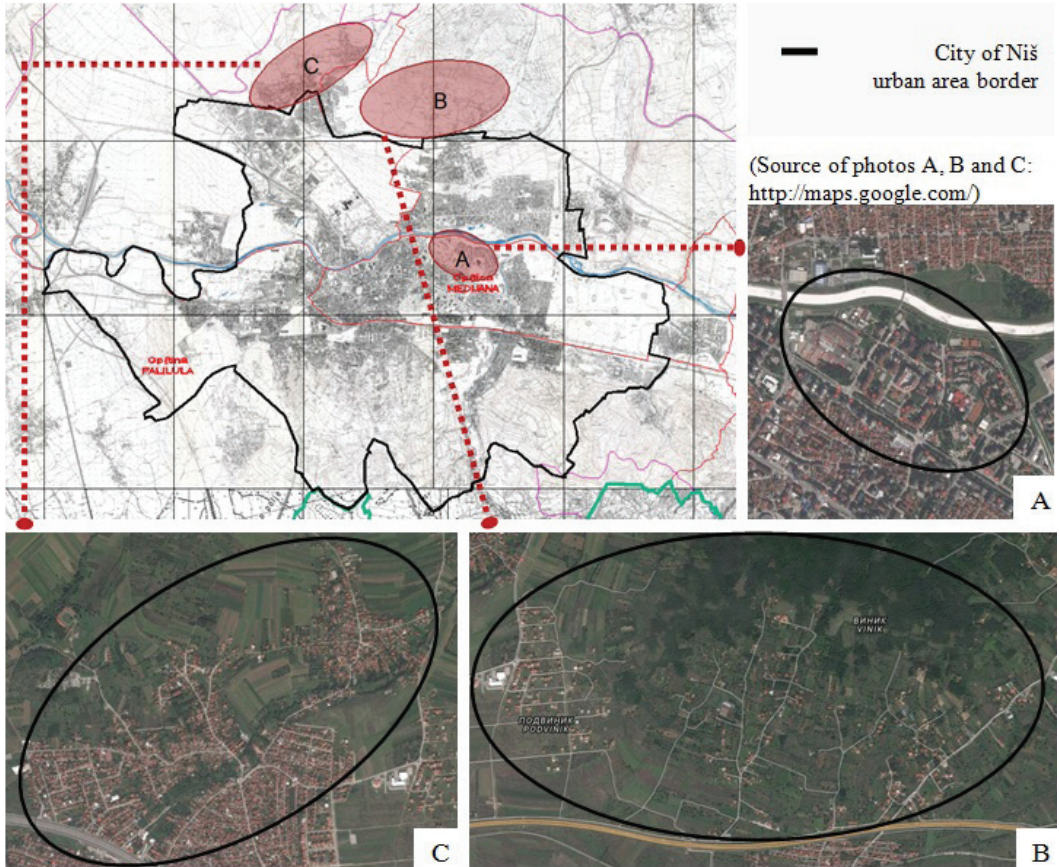


Figure 1: Different suburban forms in the administrative area of the City of Niš and their location. A) Large housing estates, Krive Livade; B) Urban sprawl, Podvinik and Vinik; C) Suburban-rural satellites Donji Komren and Gornji Komren.

In order to evaluate the quality of urban design of the listed suburban forms, this research uses four criteria relating to the physical and functional component of urban structure: 1) central urban functions, 2) population densities, 3) public spaces adjacent to central urban functions, and 4) neighborhood traffic. These criteria reflect the cause-and-effect relationship between suburban design features of and the quality of central zones in suburban areas. Each criterion is evaluated on the basis of measurable indicators (Table 1), with four value-levels established for the evaluation of indicators. A border value is determined for each indicator.

In the functional sense, the first important criterion of suburban design is the existence of *central urban functions* in the neighborhood, whose indicators are diversity and integration. Diversity of uses considers the presence of public services (education, health, government, religious), commercial facilities (retail, services, catering, tourism, business), cultural-entertainment and sports facilities (open, closed), as well as their concentration in relation to the gravitating population. Physical integration monitors the allocation of these uses: mutual integration of central urban functions considers the existence of a hub of activity - the neighborhood center, while the integration of central urban functions and housing

observes the presence of lower-ranked centers. In evaluating the functional integration, mutual integration of central urban functions is assessed on the basis of their compatibility, while the integration of central uses and housing is seen as mixing the uses vertically. In evaluating the central urban functions criterion, *synthesized score* of indicators is determined, based on the sum of sub-indicator evaluation and on the established border values. Each of the value levels is assigned a certain number of points: negative points are awarded to the levels very unfavourable (-2) and unfavourable (-1), while the positive points are awarded to the levels moderately favourable (+1) and very favourable (+2).

In other criteria, evaluation indicators are implemented directly. In the physical and spatial sense, the basic characteristic of suburban form design is the *population density* criterion. A border value between favourable and unfavourable density is set at 100 inhabitants/ha, which represents the value required for a sustainable bus line. Population density of 21 inhabitants/ha is adopted as the lower limit of low-density areas with individual buildings (Drobne, et al., 2014; Dinić, 2015). As insufficient densities and densities that are evenly spread out do not support the development of central uses (Llewelyn-Davies, et al., 2009), uniform distribution of density is considered negative, while the formation of density/activity nodes is considered to be positive. The next important characteristic concerns formation of *the public domain adjacent to central functions*. Regarding this criterion, a positive evaluation is given for the following: existence of pedestrian spaces for gathering and establishing social contact (even if they are spontaneously formed and unorganized), integration of central uses and public space, and intensive use of public space. And finally, the last key criterion concerns *neighborhood traffic*. In considering its indicators, the border value of accessible distance from public transport is established at 800 m or a 10 minute walk (Llewelyn-Davies, et al., 2009). The urban matrix with culs-de-sac and no pedestrian links is assessed as very unfavourable, while cases when links exist but are not clearly defined are evaluated as moderately unfavourable. Pedestrian links to the center are favourable when streets are organized into interconnected networks and when there is a continuity of pedestrian scenery, and very favourable if pedestrian links furthermore interconnect all public spaces in the settlement.

The evaluation is performed for the current condition of settlements, taking all transformations into account. The scores indicate the extent to which indicators affect the individual criteria. The impact of these criteria on the quality of urban design is discussed next, both for each criterion singularly and all criteria in interaction. Based on this analysis, the paper discusses basic principles in structuring the centers of suburban neighborhoods.

3 SUBURBAN DESIGN

Suburban forms - "bedroom communities" have very different genesis and development circumstances, which caused the specific urban design. The characteristics of suburban design of "bedroom communities" are examined and the assessment of urban design quality is performed (Table 1).

Large housing estates (hereinafter **LHE**) were constructed at the periphery of cities in the first decades after WW2, according to the CIAM principles of urban planning. These housing estates were planned and built as master-planned communities, in the form of massive urban extensions at the urban edge (Sykora & Stanilov, 2014). Districts were created with large volume structures in a free-standing manner, using the same monotonous and multiplied forms, with huge setbacks and large green areas between

buildings. Socialist housing estates had some urban attributes regarding density and building typology, but they also featured certain typically suburban characteristics, such as peripheral location and emphasis on residential uses (Stanilov & Sykora, 2014).

Table 1: Evaluation of urban design quality in various suburban forms.

Urb. design criterion	Indicator	Suburban form			Established border values
		LHE	US	SRS	
Central urban functions	<i>Diversity</i>	■ ■	□ □	□	<i>Synthesized score</i>
	Public services	■ ■	□ □	■	-8 to -4 □ □
	Commercial facilities	■ ■	□ □	□	-3,9 to 0 □
	Culture-entertainment	□	□ □	□ □	0,1 to +4 ■
	Sports facilities	■ ■	□ □	■	+4,1 to +8 ■ ■
	<i>Integration</i>	□	NA	□	<i>Synthesized score</i>
	Physical-mutual	■	NA	■	-8 to -4 □ □
	Physical-with housing	□	NA	□	-3,9 to 0 □
Population densities	<i>Value</i>	■ ■	□ □	□	<23 □ □
					23 - 100 □
				101 - 200 ■	
				>200 ■ ■	
	<i>Distribution</i>	□	□	■	uniform distribution with density nodes □
Public spaces adjacent to central functions	<i>Share</i>	■ ■	□ □	■	non-existent □ □
					greenery only □
					unorganized, greenery ■
				planned square, greenery ■ ■	
	<i>Integration</i>	□ □	NA	■	isolated from central functions □ □
					no integration □
				poor integration ■	
				good integration ■ ■	
	<i>Usage</i>	■	NA	□	active ■
					passive □
Settlement traffic	<i>Public transport</i>	■ ■	□	■	>1.200 m (15 min) □ □
					>800 m (10 min) □
					<800 m (10 min) ■
					<400 m (5 min) ■ ■
	<i>Pedestrian links to center</i>	■	□ □	■	non-existent □ □
				ill-defined, unsafe □	
				pedestrian scenery exists ■	
				interconnect all public spaces ■ ■	

Synthesized score: □ □ very unfavourable; □ unfavourable; ■ moderately favourable; ■ ■ very favourable

LHE – large housing estates; US – urban sprawl; SRS – suburban-rural satellites; NA – not applicable

Urban sprawl (hereinafter **US**) in post-socialist cities began late, in the 90’s of the 20th century. Referring to the research of various authors, Sykora & Stanilov (2014) state that, since the mid-90’s, suburbanization has become the predominant mode of urban growth not only in post-socialist metropolitan areas, but in medium-sized cities as well. As a result of a growing public preference for detached single-family houses with private yards, a substantial amount of new residential development occurred at the suburban

periphery (Stanilov, 2007). Hirt & Stanilov (2007) mention another phenomenon in the case of Sofia, where many of the original summer cottages in the so called „villa zones“ abutting many of the peripheral villages, have been converted into permanent residences. Sprawling suburbs often still lack basic public facilities, local centers and infrastructure.

During socialist period, **suburban-rural satellites** (hereinafter **SRS**) were separated from the urban edge by the agricultural belt. These villages were joined with city territory in the 60's and 70's, in order to increase the share of urban population in the country and secure the reserve of land for future urban growth (Stanilov, 2007). The existing network of rural settlements surrounding post-socialist cities is stated as the most important historical and cultural reason of suburbanization and urban sprawl (Couch, et al., 2007). After the collapse of socialism, sprawling development leads to physical merger of urban areas and surrounding villages, so the boundaries between villages and sprawl are now difficult to establish (Dinić, et al., 2014).

3.1 Uses

LHE. The concept of the socialist housing estates is based on CIAM principles of modern city planning, but it is also infused with ideas from the Perry's Neighborhood Unit concept (Stanilov, 2007). In socialist planning theory, each component of such an estate should have been served by corresponding public services according to established standards, in order to ensure equal living standard to everyone (Stanilov, 2007). The reality, however, was different - planners either significantly reduced the people needs for services, or deliberately postponed the construction of non-residential facilities in order to keep the cost low (Hirt & Stanilov, 2007). Therefore, LHE were mono-functional by plan and with a relatively modest degree of public services. Local centers were not completed as planned or their construction had never even begun.

Regarding the analysed neighborhood of Krive Livade in the period of socialism, in addition to public services (school, kindergarten, local office), commercial facilities are present to a small extent (services, daily retail, market place). Due to low concentration of uses and lack of diversity, these facilities have not contributed to the creation of local centers. A Community recreational center for the entire high-rise housing zone was planned in the large green area of undeveloped land, but it was never created. After the fall of the socialist regime, development of consumer and producer services quickly followed the establishment of market economies (Sykora & Stanilov, 2014). In Niš, every kind of urban growth was being supported if it brought investments and new jobs. In the analysed area, possibilities for the change of use and implementation of new facilities were created. New construction of small retail and service facilities in green areas occurred, which had temporary character at first, and were later verified as permanent objects in planning documents. The construction of the church in park area followed next. Outside the former center, green/ undeveloped land is being occupied by commercial development and new housing in a drastic and uncontrolled manner, with new buildings lined along main roads and mainly auto-oriented (Figure 2). There was also a spontaneous change of use of the ground floor premises in a large number of residential buildings - residential and utility spaces were transformed into small retail and service facilities. Today there is a diversity of uses and a high concentration of non-residential facilities in the analysed case, but the integration of new uses has not been achieved, nor has the context-appropriate spatial frame been created.

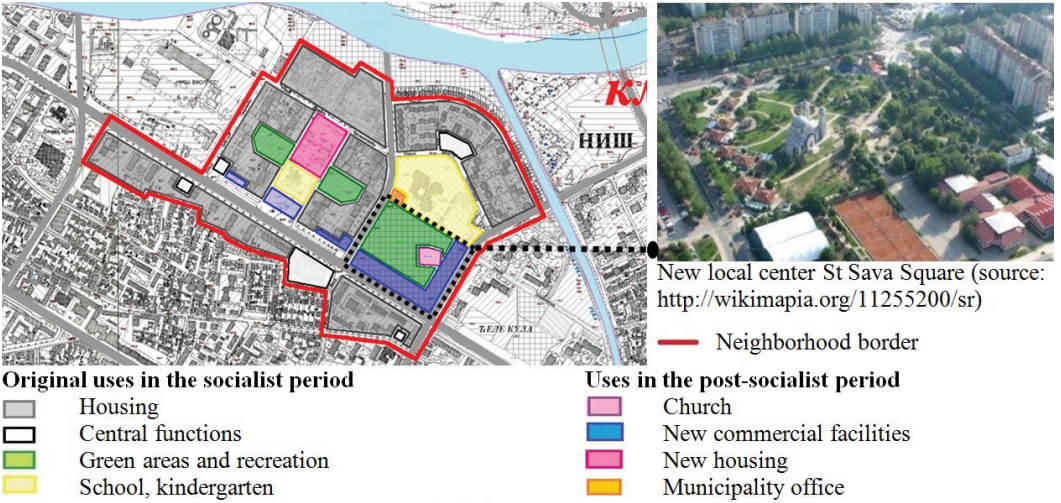


Figure 2: Uses in analysed neighborhood of Krive Livade, Niš, in socialism and after the collapse of socialism.

US. In the post-socialist city, the massive spread of housing beyond the urban edge occurred as a result of many different factors: increase of commercial facilities at the expense of residential uses within the urban core, the restitution of land, the relaxation of land development controls, the establishment of an open land market and the diversification of the housing choices (Stanilov, 2007). Tammaru et al. (2009) note that new development occurs in the form of scattered mono-functional settlements on former agricultural land, adjacent to the existing urban fabric or completely independent of it. Boundaries between urban and rural become unclear.

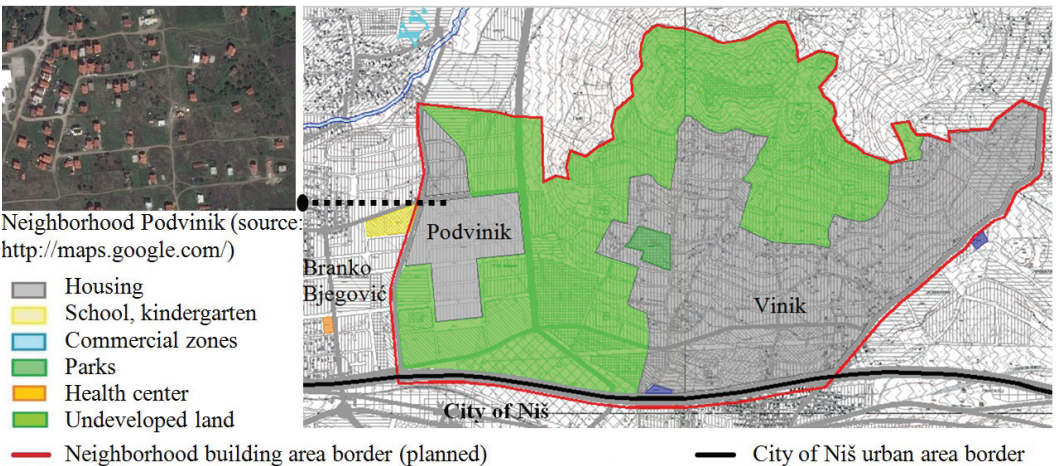


Figure 3: Uses in the analysed urban sprawl segment Vinik and Podvinik, Niš administrative area.

The residential zone of Vinik includes two suburbs in expansion, Vinik and Podvinik. Most of the objects in both neighborhoods were constructed without building permits, so there is no adequate infrastructure in the area. This is solely residential zone (mainly individual buildings on large plots), with no other

amenities, not even a local store. Development of commercial facilities has only just begun along the major roads (Figure 3). Basic urban needs of denizens of Vinik zone are partially met in the neighboring settlement of Branko Bjegović (health center, school, kindergarten, local retail). These facilities are pedestrian-isolated from housing. All other urban needs are met in the city and residents are dependent on cars. The integration of uses doesn't exist. The deconcentration of commercial activities has not yet happened in this area, since the construction of office and retail facilities unfolded in those peripheral areas of the city where the necessary infrastructure was already provided. Planning documents are trying to control sprawl in this area by increasing residential densities, providing public services and creating local centers in both neighborhoods (MP of Niš, 2011).

SRS. The population of these settlements is no longer engaged in farming, but commutes to the neighboring city because of work or education. Majority of suburban-rural satellites, which are nowadays covered by the City Master plan, have retained rural physiognomy, but are treated as urban settlements that will absorb the future demographic growth. The increase of motorization has enabled greater distances between the places of dwelling and working, but it has also allowed for most of urban needs to be met in the city. SRS originally had a mixture of different uses (unlike LHE and US which never had it), but lost some of those uses along with their original character after the annexation to the city. The diversity and share of central urban functions are very low.

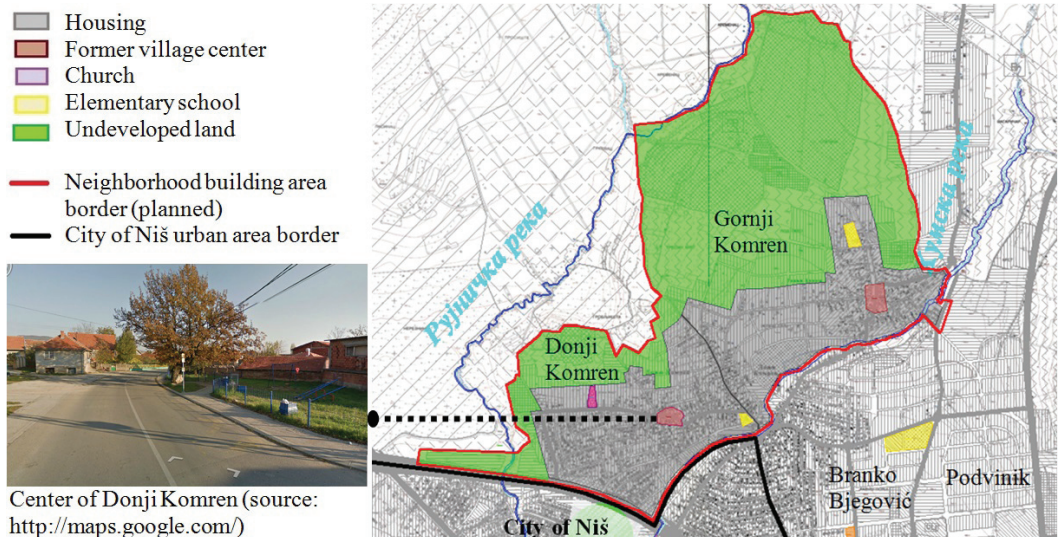


Figure 4: Uses in suburban-rural satellites Donji Komren and Gornji Komren, Niš administrative area.

In the case of suburban settlements of Donji Komren and Gornji Komren, the remains of former village centers are evident. Although these settlements have already developed spatial and structural features of urban settlements, their centers have not undergone this transformation and continue to decline (Figure 4). The center of neighborhood Donji Komren has lost a part of commercial uses (retail), while the center of Gornji Komren has lost the cultural use too (Community Cultural Center is not in use). In the center of Gornji Komren there is only one market for daily supply, a local office and a children's park, the integration of uses is weak. In the center of Gornji Komren there is a

shop, a bar and a park, there is no integration. There are no catering or tourist facilities that would support establishing social contact in the neighborhood centers. Most urban needs are met in the city. After the fall of socialism, the principal development was carried out in the sprawling settlements adjacent to the city. Planning regulations of the City of Niš are nowadays trying to control sprawl by anticipating new central urban functions in dispersed zones, extinguishing the center of neighborhood Donji Komren.

3.2 Population densities

LHE. In market economy, population densities are determined by location: the farther from the city center, the land is cheaper, residential use is more dependent on land factors and densities are lower (Buckley & Tsenkova, 2006). As opposed to that, in socialist cities population densities are higher in LHE zones away from the city center, than in some closer city areas. This spatial-economic illogicality is explained by the fact that socialist cities had larger public areas at their disposal, as the state owned the land, so its market value was of no concern (Hirt & Kovachev, 2006). In LHE, densities are uniform and built forms are evenly distributed (Llewelyn-Davies, et al., 2009), which results in uniform and monotonous areas and prevents the creation of viable activity nodes. The case of Krive Livade neighborhood, former socialist periphery, corroborates the high value of population density (Table 2) and its uniform distribution on one hand, and low-density of non-residential uses and their concentration in isolated low-rise buildings on other hand. In such a setting, high population densities could not provide good grounds for diversified uses and higher share of central urban functions.

US. Even though the phenomenon of sprawling suburbia occurred in Eastern Europe much later than in Western Europe, it unfolded following the capitalist sprawl model. However, compared to their Western counterparts, residential developments in the CEE suburbs are denser and less spread-out. Such a development pattern is a result of several factors: limited level of public financing for infrastructure extensions, high price of land, lower levels of personal incomes and slower rate of residential decentralization (Stanilov, 2007). Residential suburbanization is taking place at a slower rate because it isn't caused by large urban growth in metropolitan areas - it happens mainly through the spatial redistribution of population within metropolitan areas (Sykora & Ourednicek, 2007). Very low levels of population density in the analysed case indicate the beginnings of suburbanization in this area, and do not provide sufficient support for non-residential uses at the local neighborhood level (Table 2). The planning documents in this area provide for further urban growth, with greater densities of both residential and non-residential uses (MP of Niš, 2011).

SRS. Population densities in former villages surrounding socialist cities were sufficient enough for normal functioning of these settlements. Agriculture, as a principal activity, provided existence for the denizens and generated a critical mass for other uses. Annexation of rural and suburban districts by the city stimulated extinction of agriculture and produced the daily migrant phenomenon (Bjelikov, 1978). In this period, majority of rural denizens abandoned the villages and organized their housing in the city, and the population density in villages decreased. Today, after significant expansion of urban boundaries, rural settlements are much closer to the city and are again suitable for dwelling. Altered social

circumstances and transition to market economy ended the social practice of an “obligatory free flat for everyone”. Descendants of the former rural population working in cities now often restore abandoned property or build new buildings on their estates, due to proximity of jobs. Suburban-rural satellites of Niš are characterized by constant demographic growth, which especially intensified in the 80’s, as is the case with the suburban zone of former villages of Gornji and Donji Komren (Dinić, et al., 2014). The case of Komren zone corroborates the satisfactory values of population densities in SRS nowadays (Table 2), which are the highest in the settlements gravity centers.

Table 2: Population densities of various analysed suburban forms.

Suburban form	Case	Population (inhabitants)	Area (ha)	Population density (inhabitants/ha)
Large housing estates	Neighborhood Krive Livade	13.000	45	289
Urban sprawl	Neighborhoods Podvinik and Vinik	2.000	150	13
Suburban-rural satellites	Komren zone, neighborhoods Gornji Komren and Donji Komren	2.800	84	33

3.3 Public spaces

LHE. In socialist cities most of the land was publicly owned, which resulted in great presence of public areas pervading the entire urban structure, and in large surface areas of public spaces themselves (Stanilov, 2007). Public spaces in LHE had no commercial uses whatsoever. Urban design was modest, which is somewhat the result of the lack of an adequate spatial frame, but also the lack of finances. Therefore, public spaces in socialist cities were not intensively used, nor did the public space have an important role in shaping the centers of local communities. In the period of socialism, the analysed neighborhood of Krive Livade was characterized by large and modest public spaces, as well as a vast unorganized green area which was intended for the creation of a local center. There was no integration of public space with those few central uses, nor the integration of the planned central area with other public spaces. The post-socialist period is characterized by commercialization of public space and transformation of urban form. Central park area was transformed into a square, due to a large amount of new construction (Figure 2). Even though the introduction of new facilities helped to form a local Community center, a proper character of the place was not created. The transformation does not result in a balanced ratio of built-undeveloped land, significantly privatizes the space and artificially creates multi-functionality, where there’s only room for profitable facilities. The concentration of uses and users far exceeds the capacity of space.

US. The new suburbs of the post-socialist city, located between the city and the nearby former villages, not only lack infrastructure, but have no public spaces at all, not even basic amenities such as playgrounds (Hirt & Stanilov, 2007). In sprawling neighborhoods the habit of walking is altogether abandoned due to huge walking distances, and thus the focal points of pedestrian traffic - the open and public spaces - disappear. This makes social contact very difficult. The only public spaces are located in the surrounding neighborhoods. In the analysed case of Vinik suburbs in Niš there are no public spaces within the residential zone (Figure 3).

SRS. In socialist period, social interactions in the villages nearby large cities were the most intensive in the area of public facilities, most often a church, a community cultural center or a local shop in the village center. Even though public spaces were not characterized by good urban design, they represented a place of gathering for the locals. The pedestrian way of moving about and a relatively small number of inhabitants that all knew one another played a crucial role in the vitality of public spaces. Settlements mostly had a vital village center. After annexation of villages by cities, the usage of public space in them was reduced, and village centers began to deteriorate. The development of motorization and establishment of public transportation lines have enabled the population to satisfy most of the urban needs in the city, which reduced everyday walks and potential for establishing social contact. The case of Komren area shows the lack of adequate physical framework to support social interactions, which is one of the consequences of low concentration of central functions (Figure 4).

3.4 Traffic

LHE. Communication infrastructure in socialist housing estates was of generous dimensions, and large urban blocks were adapted for car use, which was all a result of strict planning standards. Due to the unclear boundaries of public space, pedestrian and vehicular paths got mixed and public spaces were occupied by parked cars. This phenomenon escalated in post-socialist period due to new construction and new facilities. LHE were always well served by public transport. Pedestrian traffic was developed but didn't encourage social contacts - stretches along LHE served only the basic function of motion. In the analysed neighborhood of Krive Livade, in the post-socialist period, an attempt was made to create street scenery by constructing new commercial facilities along the property lines. Even though pedestrian links to the neighborhood center are now better defined, the pedestrian character of space is jeopardized by the increased parking needs for the new facilities.

US. Since typical suburban development nowadays involves vast areas under detached single-family housing, owning a car is a necessary precondition of suburban life. Many of the former peripheral villages surrounding socialist cities that have served as nucleus of post-socialist suburbanization, are connected with public transit, but the level and quality of this service is significantly below the aspirations of new suburban residents (Stanilov, 2007). Therefore, a rapid increase in the level of motorization occurred. The haphazard, low-density pattern of suburban growth has limited public transit options to the growing suburban areas (Hirt & Stanilov, 2009). The case of zone Vinik shows low population density and auto-designed environments, which do not allow walking or serving suburbia with the public transport, as well as they favour the segregation of uses.

SRS. Regarding the tradition of well-developed public transport in CEE cities, all suburban-rural satellites in the vicinity of the city are mostly served by public transport (Stanilov, 2007), regardless of population density value. However, its quality is questionable – the case of Komren settlements illustrates that departures are not frequent. Transport is conceived mostly to meet the needs of daily commuters to the city. Those inhabitants of the satellites that can afford a car, have one. It is supposed that the use of individual transport would be higher if the socio-economic situation were better. Pedestrian traffic in the analysed settlements is well-developed, which is a rural habit in the usage of space, but was reduced with the loss of central functions.

4 DISCUSSION

It can be stated that these three very different physical forms share some common characteristics of urban design that produce the same problems in all three formats. In the cases analysed, a segregation of uses is performed between the residential zone and the area of central facilities, while residential zones themselves have a small concentration of central uses, or do not have them at all. Attempts have been made in LHE to introduce new facilities in order to increase diversity, but these interventions are not sufficient since new uses do not generate high-quality spatial-functional relations with the existing surroundings. Non-residential uses aren't present in US, while housing is spread out across a vast surface in isolated mono-functional zones. SRS are constantly losing non-residential uses, traditional links between uses and former neighborhood character, with all urban needs being satisfied in the nearby city. Therefore, mono-functionality and poor integration of urban functions represent the main factors in creating the settlements of insufficient vitality – “bedroom communities”.

The conditions for social interactions outside the apartment are to some point created in LHE, due to high population density and good provision of public spaces. In spite of that, a lack of activities is evident in these housing estates, which is a result of modest urban design, poor provision of urban furniture and insufficient definition of space (both on the ground level and in the vertical plane). Newly built commercial facilities are isolated from public spaces and do not contribute to their shaping, and can often visually clutter the area. This feature of LHE points to the fact that the indicator of population density is not a crucial determinant for the neighborhood quality and sustainability. On the contrary, the excessive concentration of tenants produces social conflicts and increases parking needs. Urban sprawl however has entirely different characteristics compared to the previous suburban form – densities are insufficient for any kind of social interaction. With LHE and US there is no continuity in streetscape and no adequate spatial framework for vital public spaces and establishing social relations. The buildings are positioned at a certain distance from the property line, as freestanding, with no physical relations to the adjacent structures. In SRS, despite better population density, favourable allocation of central facilities in the village center and the existence of public spaces (all of which are rural heritage), during the village-to-suburb transformation there was a decline in concentration of central functions and a loss of gathering habit. Public spaces are not used intensively in neither of these suburban forms.

All analysed suburban forms are generally auto-oriented. The example of LHE confirms that the traffic patterns that are conducive to the vitality of suburbia are grid street system and well-developed public transport, while the lack of active street fronts and non-integrated public spaces cause undeveloped pedestrian traffic. Stimulation of individual car traffic has a very negative effect, which in the case of sprawl results in large distances and makes walking impossible. Despite the diversity of shape and population density, both suburban formats, LHE and US, develop auto-oriented commercial strip along major roads, surrounded by parking lots and pedestrian unfriendly. In SRS, the state of traffic can be described as moderately favourable, primarily due to the developed public transportation and the traditional planning principles on which these settlements were based, including pedestrian character. At this point in time, new development in areas between the city and its satellites should be implemented very carefully, due to the currently prevailing scenario of “shrinking cities”, or cities that are experiencing population losses. The rise of standards in post-socialist societies can very easily result in the scenario that even

remote villages, at a 30 minute-ride from the city, become very desirable places because of their contact to nature and higher privacy, just like sprawl settlements. For this reason, improving public transport on the entire city territory must be taken into account, in order to stimulate sustainable transportation models and avoid the excessive use of individual vehicles.

5 CONCLUSION: HOW TO AVOID THE “BEDROOM COMMUNITY” SCENARIO

Cases treated in this paper show that mono-functionality of suburbia and strict segregation of uses lead to adverse development models. Vitality of suburban neighborhoods requires diversity of uses, which is the first but not the only condition of their sustainable development. Experiences in LHE revitalization show that the mere increase in density of central facilities is not a measure sufficient enough to create *genius loci*, or a distinctive character/ spirit of the place (Rossi, 1996). The problem of implementing central content is much more complex, and involves urban economy, sociological aspect and especially, the issue of urban design. When it comes to allocation of uses, in cases of sprawling settlements it is evident that isolated residential zones are not a good solution. Therefore, the implementation of mixed-use development in suburban zones seems to be the best development model, with carefully balanced mixture of central functions and housing as the principal use. Retail, shaped as small local shops within walking distance from housing, must be encouraged in suburbia, for it generates everyday visits and ensures vitality (Gupta, 2008).

Establishing a proper value of urban density parameter in suburban areas is very important. Low population density at the periphery considerably increases the cost of construction and makes public transport impossible. High suburban densities are not economically justified. Therefore, moderate density values are recommended in suburbia, which create a critical mass of people in the street, increase safety and enable the creation of the *genius loci*. Low densities do not support the implementation of mixed use development, but high densities alone are not sufficient to provide vitality. Furthermore, for a suburban settlement it is essential to create an attractive and picturesque neighborhood center with mixed uses, in a space of human proportions, which is well-integrated into the surroundings via pedestrian and car links (Llewelyn-Davies, et al., 2009). The use of public spaces (street, square, park) is preferred, which should be attractive pedestrian-oriented focal points integrated into the network of pedestrian paths. Residents of suburbia must have a place for establishing social contacts outside their home. The presence of public spaces also contributes to the safety of the environment.

Traffic design favouring mixed-use development requires public transport and a grid network with street scenery which allows walking. Establishment of public transportation lines to the suburban districts is necessary. Pedestrian trails and biking treks (especially towards the neighborhood center) are multiply useful as they interconnect public spaces, encourage social contacts and contribute to a healthy way of life.

In order to achieve the sustainability of suburbia, in the process of planning it is most appropriate to use the traditional planning principles of a compact town: pedestrian character of space, local services, diversity of uses, small shops and services at a walking distance from residence, low-rise structures which interact with the environment, district center with a strong *genius loci* and good designed public spaces for establishing social contact. Efficient usage of land and infrastructure is achieved through moderate density values and development of public transport. Synergic action of all these elements of urban design is necessary for sustainable suburban neighborhoods, which will be more than a “bedroom community” to their denizens.

References:

- Bjelikov, V. (1978). Stanovanje u gradu i regionu. Beograd: Prosveta.
- Buckley, R. M., Tsenkova, S. (2006). Urban housing markets in transition: New instruments to assist the poor. S. Tsenkova and Z. Nedović-Budić (Eds.), *The urban mosaic of post-socialist Europe: space, institutions and policy* (pp. 173–194). New York: Physica-Verlag HD. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/3-7908-1727-9_9
- Couch, C., Petschel-Held, G., Leontidou, L. (2007). *Urban Sprawl in Europe: Landscape, Land-Use Change and Policy*. Oxford: Wiley-Blackwell. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/9780470692066>
- Deda, L., Tsenkova, S. (2006). Poverty and inequality in Greater Tirana: The reality of peri-urban areas. S. Tsenkova and Z. Nedović-Budić (Eds.), *The urban mosaic of post-socialist Europe: space, institutions and policy* (pp. 151–170). New York: Physica-Verlag HD. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/3-7908-1727-9_8
- Dinić, M., Đurić, J. & Mitković, P. (2014). Rural settlements in suburban landscape of the post-socialist city – Niš case study. *Landscape Transformations - International interdisciplinary student conference: Conference proceedings* ISBN 978-80-01-05676-9 (pp. 136–143). Prague, October 2014.
- Dinić, M. (2015). *Restrukturiranje centara suburbanih naselja – mogućnosti unapređenja modela od funkcionalnog zoniranja ka mešovitim funkcijama*. Doktorska disertacija. Niš: Građevinsko-arhitektonski fakultet Univerziteta u Nišu.
- Drobne, S., Žaucer, T., Foški M., Zavodnik Lamovšek, A. (2014). Continuous built-up areas as a measure for delineation of urban settlements. *Geodetski vestnik*, 58 (1): 69–102. DOI: <http://dx.doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2014.01.069-102>
- Dunham-Jones, E., Williamson, J. (2011). *Retrofitting Suburbia: Urban Design Solutions for Redesigning Suburbs*. New Jersey: John Wiley and Sons Inc.
- Garreau, J. (1992). *Edge City: Life on the New Frontier*. New York: Anchor Books.
- Gupta, P. K. (2008). *Creating Great Town Centers and Urban Villages*. Washington, D.C.: Urban Land Institute.
- Hall, P. (1974). *Urban and regional planning*. Harmondsworth: Penguin.
- Hall, P. (2009). Introduction. P. Hackett (ed.), *Housing and growth in suburbia* (pp. 3–6). London: The Smith Institute.
- Hirt, S., Kovachev, A. (2006). The changing spatial structure of post-socialist Sofia. S. Tsenkova and Z. Nedović-Budić (Eds.), *The urban mosaic of post-socialist Europe: space, institutions and policy* (pp. 113–130). New York: Physica-Verlag HD. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/3-7908-1727-9_6
- Hirt, S., Stanilov, K. (2007). The perils of post-socialist transformation: Residential development in Sofia. K. Stanilov (Ed.), *The Post-Socialist City: Urban Form and Space Transformations in Central and Eastern Europe after Socialism* (pp. 215–244). Dordrecht: Springer. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-6053-3_11
- Hirt, S., Stanilov, K. (2009). Revisiting Urban Planning in the Transitional Countries. Regional study prepared for *Planning Sustainable Cities: Global Report on Human Settlements*. http://www.archive.spia.vt.edu/SPIA/docs/shirt/Revisiting_Urban_Planning_in_the_Transitional_Countries.pdf, accessed: 28. 10. 2015.
- Llewelyn-Davies, Baxter & associates (2009). *Priručnik za urbani dizajn*. Beograd: Prograf i Orion Art.
- Maksimović, B. (1980). *Urbanizam - teorija prostornog planiranja i uređenja naselja*. Beograd: Naučna knjiga.
- Mumford, L. (2006). *Grad u istoriji: njegov postanak, njegovo menjanje, njegovi izgledi*. Beograd: Book & Marso.
- Nedović-Budić, Z., Tsenkova, S., Marcuse, P. (2006). *The urban mosaic of post-socialist Europe - Introduction*. S. Tsenkova and Z. Nedović-Budić (Eds.), *The urban mosaic of post-socialist Europe: space, institutions and policy* (pp. 3–20). New York: Physica-Verlag HD. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/3-7908-1727-9_1
- Rossi, A. (1996). *Arhitektura grada*. Beograd: Građevinska knjiga.
- Stanilov, K. (2003). Introduction: Postwar growth and suburban development patterns. K. Stanilov and B. C. Scheer (Eds.), *Suburban Form: An International Perspective* (pp. 1–12). London: Routledge.
- Stanilov, K. (2007). Political reform, economic development and regional growth in post-socialist Europe. K. Stanilov (Ed.), *The Post-Socialist City: Urban Form and Space Transformations in Central and Eastern Europe after Socialism* (pp. 21–34). Dordrecht: Springer. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-6053-3_2
- Stanilov, K. (2007). Housing trends in Central and Eastern European cities during and after the period of transition. K. Stanilov (Ed.), *The Post-Socialist City: Urban Form and Space Transformations in Central and Eastern Europe after Socialism* (pp. 173–190). Dordrecht: Springer. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-6053-3_9
- Stanilov, K. (2007). Democracy, markets, and public space in the transitional societies of Central and Eastern Europe. K. Stanilov (Ed.), *The Post-Socialist City: Urban Form and Space Transformations in Central and Eastern Europe after Socialism* (pp. 269–284). Dordrecht: Springer. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-6053-3_13
- Stanilov, K., Sykora, L. (2014). Postsocialist Suburbanization Patterns and Dynamics: A Comparative Perspective. Stanilov, K. and Sykora L. (Eds.), *Confronting Suburbanization: Urban Decentralization in Postsocialist Central and Eastern Europe* (pp. 256–295). Chichester: Wiley-Blackwell. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/9781118295861.ch9>
- Sykora, L., Ourednicek, M. (2007). Sprawling post-communist metropolis: Commercial and residential suburbanisation in Prague and Brno, the Czech Republic. Dijkstra, M., Razin, E. and Vazquez, C. (Eds.), *Employment Deconcentration in European Metropolitan Areas: Market Forces versus Planning Regulations* (pp. 209–234). Dordrecht: Springer. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-5762-5_8
- Sykora, L., Stanilov, K. (2014). The Challenge of Postsocialist Suburbanization. Stanilov, K. & Sykora L. (eds.), *Confronting Suburbanization: Urban Decentralization in Postsocialist Central and Eastern Europe* (pp. 1–32). Chichester: Wiley-Blackwell. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/9781118295861.ch1>
- Tammaru, T., Leetmaa, K., Silm, S., Ahas, R. (2009). Temporal and Spatial Dynamics of the New Residential Areas around Tallinn. *European Planning Studies*, 17, 3: 423–439. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/09654310802618077>
- Zavodnik Lamovšek, A., Drobne, S., Žaucer, T. (2008). Small and medium-size towns as the basis of polycentric urban development. *Geodski vestnik*, 52 (2), 290–312.
- Master Plan of Niš. (2011). *Zavod za urbanizam Niš, Službeni list grada Niša br. 43*.



Dinić M., Mitković P. (2016). Suburban design: from “bedroom communities” to sustainable neighborhoods.
Geodetski vestnik, 60 (1): 98-113. DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2016.01.98-113

Assist. Milena Dinić, Ph.D., Univ. Grad. Eng. of Arch.
University of Niš, Faculty of Civil Engineering and Architecture
Aleksandra Medvedeva 14, SRB-18000 Niš, Serbia
e-mail: milena.dinic@gaf.ni.ac.rs

Prof. Petar Mitković, Ph.D., Univ. Grad. Eng. of Arch.
University of Niš, Faculty of Civil Engineering and Architecture
Aleksandra Medvedeva 14, SRB-18000 Niš, Serbia
e-mail: petar.mitkovic@gaf.ni.ac.rs

NOVE STORITVE OMREŽJA STALNIH GNSS-POSTAJ SIGNAL

NEW SERVICES OF THE SIGNAL PERMANENT GNSS NETWORK

Jurij Režek, Kristina Perko, Niko Fabiani

1 UVOD

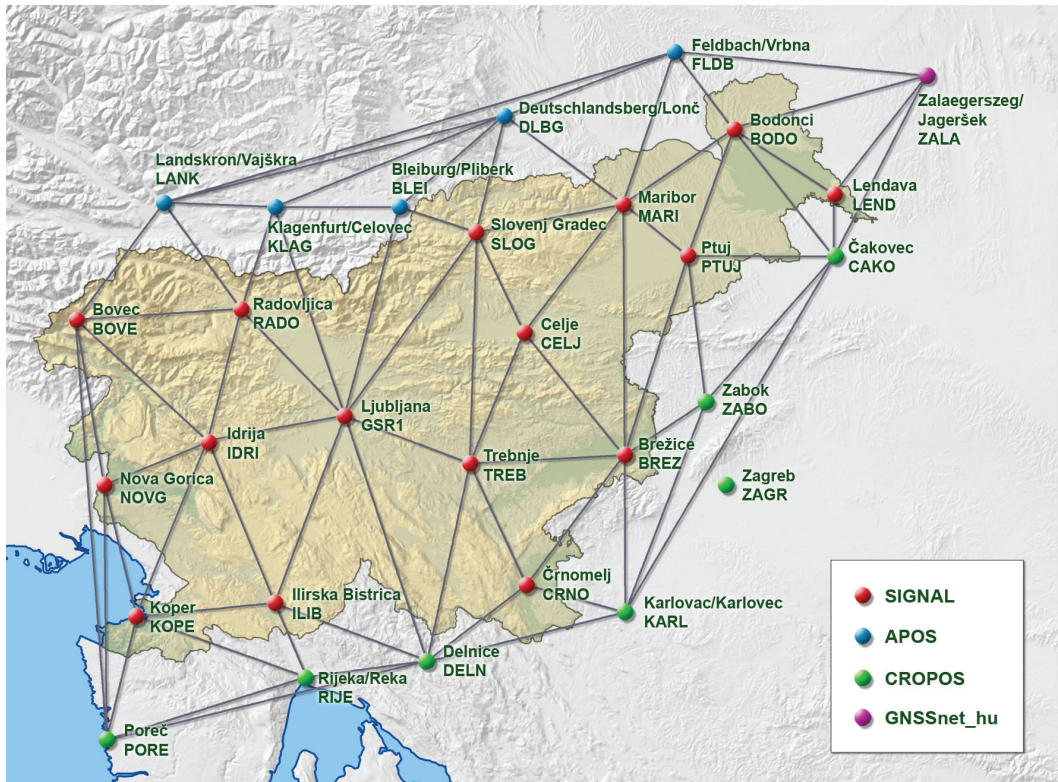
Državno omrežje stalnih GNSS-postaj je pomembna sestavina državnega prostorskega koordinatnega sistema in je namenjeno tudi zagotavljanju podatkov uporabnikom za izvajanje geodetske izmere. Operativno je bilo vzpostavljeno leta 2006, v dobršni meri financirano s sredstvi iz projekta Vzpostavljanje evropskega prostorskega koordinatnega sistema v Sloveniji, ki se je izvajal s sofinanciranjem iz Norveškega finančnega mehanizma. Državno omrežje upravlja Geodetski inštitut Slovenije, oziroma njegova služba za GNSS, vzdrževanje in delovanje omrežja ter stroške njegovega upravljanja pa krije državni proračun oziroma Geodetska uprava RS.

Omrežje stalnih GNSS-postaj sestavlja 16 stalnih postaj na različnih lokacijah na slovenskem ozemlju (slika 1). Na vsaki lokaciji je nameščena ustrezna oprema, od GNSS-sprejemnika samega do ustreznih spremljajočih naprav (antene, usmerjevalnika, modema, UPS, baterij, napajalnika ...). Pogodbeno, z lastnikom stavbe, je zagotovljena tudi pravica do uporabe ustreznega prostora in pokrivanje stroškov električnega napajanja za posamezno postajo. Vzpostavljene so komunikacije z vsake GNSS-postaje do službe za GNSS.

V okviru službe za GNSS je konfiguriran računalniški strežniški sistem in nameščena programska oprema, ki omogoča nadzor nad delovanjem omrežja in hrambo ter posredovanje podatkov. Vrednost celotne investicije v opremo je precejšnja. Za zanesljivo delovanje omrežja je predviden petletni amortizacijski cikel opreme. Tudi redno, dnevno upravljanje in nadzor nad delovanjem omrežja, za kar skrbijo strokovnjaki na Geodetskem inštitutu Slovenije, je strošek, ki ga krije državni proračun oziroma Geodetska uprava RS. Za delovanje, vzdrževanje in upravljanje omrežja je treba letno zagotoviti približno 150.00 EUR, kar pa vsakič ni mogoče.

Omrežje stalnih GNSS-postaj ni namenjeno le temu, da se podatki teh postaj posredujejo uporabnikom za izvajanje geodetske izmere, bodisi kot podatki za naknadno obdelavo meritev ali za izvajanje meritev v realnem času. Namenjeno je tudi temu, da bi spremljali stanje državnega prostorskega koordinatnega sistema, katerega materializacija je podvržena geotektoniki in ima zato lastno notranjo dinamiko sprememb. V strokovnem smislu se tovrstne raziskave stanja horizontalne sestavine državnega prostorskega koordinatnega sistema ne izvajajo. Tako po desetih letih ne moremo več zagotoviti, da so lokacije posameznih postaj omrežja v evropskem terestričnem referenčnem sistemu v geodetskem smislu še tam, kjer smo jih nekoč določili. Deformacije ozemlja Slovenije in s tem odstopanja od točnosti položajev

postaj lahko dosega že več centimetrov, posledično pa uporaba podatkov omrežja za izvajanje geodetske izmere ne omogoča več pričakovane oziroma zahtevane natančnosti meritev. Javna sfera (geodetska uprava in drugi javni subjekti) na žalost še ni finančno podprla tovrstnih raziskav in posledično tudi ne uvedbe sistemov dnevni preračunov položajev stalnih postaj, četudi je to že vpeljana praksa v sosednjih in drugih evropskih državah.



Slika 1: Skica omrežja stalnih postaj SIGNAL.

Posredovanje podatkov omrežja SIGNAL uporabnikom za izvajanje meritev v realnem času že nekaj let izvaja podjetje Telekom Slovenije, d. d. (prej Mobitel, d. d.). Telekom Slovenije v skladu s predpisi in cenikom podatkov geodetske uprave za komercialne namene kupi celoten, letni tok podatkov omrežja SIGNAL, ki mu ga posreduje služba za GNSS. Telekom je kot distributer podatkov oblikoval storitev DGPS, ki jo komercialno prodaja uporabnikom v javni in zasebni sferi kot lastno tržno storitev. Pridobil je nekaj sto uporabnikov iz javne in zasebne sfere, vendar ti pravzaprav nimajo druge izbire ali načina za zagotovitev teh podatkov. Kot distributer podatkov se v vseh preteklih letih ni javil noben drug operater mobilne ali klicne telefonije, kljub pozivu geodetske uprave, ki si je želela vzpostaviti konkurenco med ponudniki, zagotoviti znižanje cene za končnega uporabnika in obenem pridobiti več prihodka v svoj proračun za vzdrževanje, izboljšanje delovanja omrežja in njegov razvoj.

Na geodetski upravi smo se želeli izogniti strokovni in tehnični degradaciji omrežja stalnih postaj GNSS, zato smo se v letu 2015 skupaj z geodetskim inštitutom odločili, da vzpostavimo državni sistem

distribucije podatkov omrežja SIGNAL ter sistem zaračunavanja storitve posredovanja in podatkov samih. V letu 2015 smo uvedli zaračunavanje za naknadno obdelavo podatkov (RINEX) za komercialne namene, obenem pa analizirali možnost uvedbe sistema izdajanja podatkov za meritve v realnem času (RTK). Ocenili smo, da najverjetneje lahko že v prvem letu uvedbe pokrijemo vse stroške vzpostavitve takega sistema. Ocena temelji na pomembni predpostavki, da bo večina uporabnikov, vsekakor pa tisti z geodetskega strokovnega področja, prešla na sistem izdajanja geodetske uprave.

V skladu s predpisi smo oblikovali ceno storitve posredovanja in ceno podatkov. Glede na to, da marsikateri manjši uporabnik potrebuje podatke le občasno, smo oblikovali cenik tako, da jih lahko plača po konkretni porabi ali pa, če je uporabnik večji, po pavšalu. Pavšal pomeni odločitev za celoletno naročnino na storitev in podatke ter je zato za večje uporabnike tudi ugodnejši od obračuna po porabi. Oblikovan je bil cenik in stroškovnik, oboje skladno z zakonodajo in drugimi predpisi, storitev izdajanja in zaračunavanja smo tehnično izvedli v okviru Geodetskega inštituta Slovenije. Že v letu 2015 smo o nameri in dejavnostih obveščali uporabnike, posebej dejavno predvsem tiste s področja geodezije, ki jih je največ, seveda pa tudi druge.

V nadaljevanju prispevka bodo opisane pravne podlage za vzpostavitev sistema izdajanja podatkov RTK omrežja SIGNAL končnim uporabnikom ter tehnična izvedba sistema v okviru službe za GNSS na Geodetskem inštitutu Slovenije.

2 PРАВNA UREDITEV PODROČJA IN STROŠKOVNIKA

Zakon o infrastrukturi za prostorske informacije – ZIPI (Uradni list RS, št. 8/2010 in 84/2015) je dne 26. 1. 2010 sprejel Državni zbor Republike Slovenije, veljati pa je začel dne 20. 2. 2010 ter določa pravila za vzpostavitev in zagotavljanje infrastrukture za prostorske informacije v Republiki Sloveniji. Infrastrukturo za prostorske informacije sestavljajo metapodatki, zbirke prostorskih podatkov in storitve v zvezi s prostorskimi podatki, omrežne storitve in tehnologije, dogovori o souporabi zbirk prostorskih podatkov in storitev v zvezi s prostorskimi podatki, dostopu do njih in njihovi uporabi ter mehanizmi in postopki za usklajevanje in spremljanje ravnanja po ZIPI. S tem zakonom se v pravni red Republike Slovenije prenaša Direktiva 2007/2/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 14. marca 2007 o vzpostavitvi infrastrukture za prostorske informacije v Evropski skupnosti (INSPIRE) (UL L 108, 25. 4. 2007, str. 1), zadnjič popravljena s Popravkom Direktive 2007/2/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 14. marca 2007 o vzpostavitvi infrastrukture za prostorske informacije v Evropski skupnosti (INSPIRE) (UL L 365, 19. 12. 2014, str. 165).

Podzakonski predpis, izdan na podlagi ZIPI, pa je Uredba o podrobnejših merilih in pogojih za določanje stroškov za uporabo omrežnih storitev in pristojbine za souporabo podatkov in storitev (Uradni list RS, št. 66/2012) (v nadaljevanju: Uredba), ki ureja podrobnejša merila in pogoje za določanje stroškov za uporabo omrežnih storitev ter pristojbine za souporabo podatkov in storitev.

Na podlagi ZIPI in Uredbe so bili tako izračunani stroški za uporabo omrežne storitve prenosa podatkov iz zbirke podatkov državnega prostorskega koordinatnega sistema, podatki omrežja SIGNAL, format RTCM ter določena višina pristojbine za souporabo podatkov in storitev glede distribucije RTCM-podatkovnih tokov do uporabnikov omrežja SIGNAL.

Uporaba omrežne storitve in podatkov za pridobitne namene bo uporabnikom na Geodetski upravi prek službe za GNSS na Geodetskem inštitutu Slovenije **od 1. 4. 2016** na voljo v dveh paketih:

— **Po porabi:**

stroški za uporabo omrežne storitve prenosa podatkov državnega prostorskega koordinatnega sistema (podatki omrežja SIGNAL) znašajo za **vsak dan uporabe spletne storitve prenosa podatkov 1,01 EUR brez DDV**.

V skladu z Zakonom o dostopu do informacij javnega značaja (Uradni list RS, št. 51/06 – uradno prečiščeno besedilo, 117/06 – ZDavP-2, 23/14, 50/14, 19/15 – odl. US in 102/15) pa se poleg uporabe omrežnih storitev za ponovno uporabo geodetskih podatkov za pridobitne namene zaračuna tudi cena po ceniku za ponovno uporabo geodetskih podatkov za pridobitne namene, ki znaša **0,0017 EUR brez DDV na sekundo prenesenih podatkov RTCM**.

Primer izračuna:

5-dnevna uporaba/mesec po 20 minut (1200 sekund)

$(5 \times 1,01 \text{ EUR}) + (6000 \text{ sekund} \times 0,0017 \text{ EUR}) = 5,05 + 10,2 = 15,25 \text{ EUR/mesec}$.

Strošek za uporabo omrežne storitve prenosa podatkov znaša torej 15,25 EUR/mesec.

Poleg navedenega ima uporabnik tudi strošek za prenos podatkov pri izbranem ponudniku storitve. Povprečni uporabnik, ki je mesečno na primer 10 ur povezan v omrežje SIGNAL (prek RTCM 2.3), prenese manj kot 50 MB podatkov (po izračunu približno 25 MB). Primer stroška za paket Telemetrija 100 MB znaša 3,45 EUR/mesec.

— **Letni pavšal/naročnina:**

pristojbina je v stroškovniku za souporabo podatkov in storitev določena kot letni pavšal (naročnina) za vsako posamično GNSS-napravo in znaša 2.472,24 EUR brez DDV. Za spodbujanje širše souporabe podatkov in storitev dopušča Uredba o podrobnejših merilih in pogojih za določanje stroškov za uporabo omrežnih storitev in pristojbine za souporabo podatkov in storitev (Uradni list RS, št. 66/2012) znižanje pristojbine, ki je 66 %. Tako znaša znižana pristojbina za souporabo podatkov in storitev **840,56 EUR brez DDV** in se določa za obdobje enega leta, tj. od 1. 4. 2016 do 31. 3. 2017. Pristojbina se obračuna v polnem znesku, če se pogodba sklepa za celotno navedeno obdobje, oziroma se obračuna sorazmerni delež, če je to obdobje krajše. Plačilo pristojbine:

- če je pogodba sklenjena **do 31. julija 2016** in bo pristojbina plačana **v enem obroku** v 15 dneh po podpisu pogodbe, se na pristojbino prizna še 25 % popusta (630,42 EUR);
- če je pogodba sklenjena **do 31. julija 2016** in bo pristojbina plačana **v dveh obrokih**, mora biti prvi obrok plačan v 15 dneh po podpisu pogodbe, drugi obrok pa najkasneje do 30. septembra 2016 ($2 \times 420,28 \text{ EUR}$);
- če je pogodba sklenjena **po 31. juliju 2016**, se **sorazmerni del** pristojbine za souporabo podatkov in storitev plača **enkratnem znesku** v 15 dneh po podpisu pogodbe glede na število mesecev uporabe do 31. 3. 2017. Upošteva se celoten mesec, v katerem uporabnik sklene pogodbo ($70,05 \times \text{št. mesecev}$).

Pogodba za letni pavšal se sklepa do 31. 3. 2017, z možnostjo podaljšanja po izteku.

Oba stroškovnika – za uporabo omrežne storitve prenosa podatkov ali dela podatkov ter za souporabo podatkov in storitev – sta objavljena v katalogu informacij javnega značaja Geodetske uprave Republike

Slovenije (<http://www.gu.gov.si>), na slovenskem geoportalu INSPIRE (www.geoportal.gov.si) in slovenskem prostorskem portalu PROSTOR (<http://www.e-prostor.gov.si>).

Uporaba omrežne storitve ter souporaba podatkov in storitev pa sta za osebe javnega prava za opravljanje nalog javnega značaja brezplačna.

3 OPERATIVNO DELOVANJE

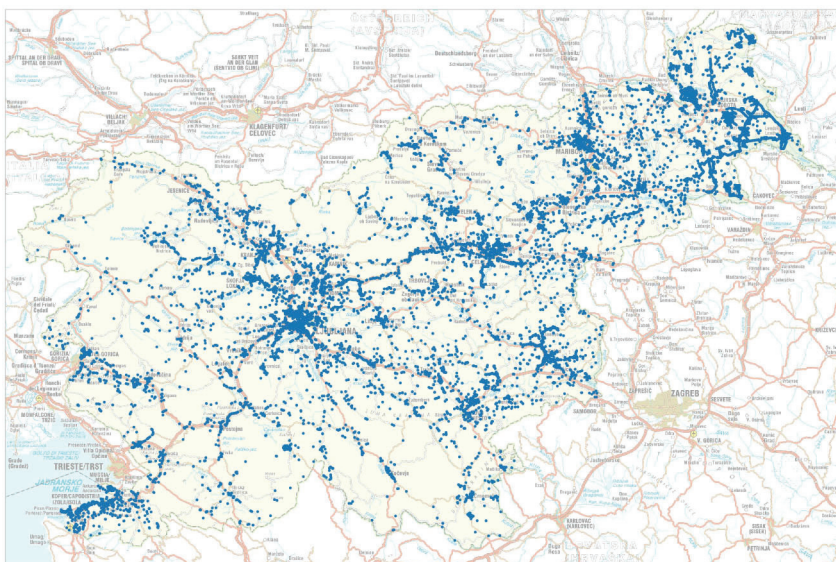
Uporabniki, ki bi želeli uporabljati nove storitve omrežja SIGNAL, se morajo registrirati. Za ta namen je na spletnih straneh omrežja SIGNAL na naslovu www.gu-signal.si/pogodba objavljen obrazec za registracijo. Vanj vpišejo podatke o pravnem subjektu, kontaktne podatke, paket, ki ga želijo naročiti, ter število paketov, ki jih naročajo. Ob vpisu katere koli RTCM-storitve je vpis telefonske številke GNSS-instrumenta obvezen. Na podlagi podatkov bo izdelana pogodba, ki bo poslana vsakemu uporabniku v podpis. Po njenem podpisu bo uporabnik prejel še prijavne podatke, s katerimi bo naročeno storitev začel uporabljati.

Vsak uporabnik prejme individualno uporabniško ime in geslo, s katerim se lahko prijavi na strežnik omrežja SIGNAL in RINEX-portal, kjer lahko tudi uporabniki RTCM-storitev v realnem času pregledajo svojo porabo v različnih obdobjih. RINEX-portal, prek katerega lahko registrirani uporabniki RINEX-storitve prenašajo tudi podatke za naknadno obdelavo, je dostopen na spletnem naslovu <http://178.172.26.131/trimblepivotweb/login.aspx>.

Uporabniki RTCM-storitev Geodetske uprave RS, ki so do sedaj uporabljali storitev DGPS Telekom Slovenije, bodo morali spremeniti nastavitve na GNSS-sprejemnikih, kot na primer IP-naslov NTRIP-strežnika (178.172.26.131), NTRIP-uporabniško ime in geslo, ki ga prejmejo po elektronski pošti, ter ime dostopne točke (angl. Access Point Name – APN). Slednje nastavitve pa so odvisne od telekomunikacijskega operaterja, katerega SIM-kartico bodo uporabljali. Več o samih nastavitvah je napisano tudi na spletnih straneh omrežja SIGNAL na naslovu www.gu-signal.si.

Uporabniki omrežja SIGNAL bodo lahko dostopali bodisi prek NTRIP-mobilnega interneta bodisi prek klicnega CSD-dostopa. Slednji bo v novih storitvah obstajal v omejenem obsegu. Na voljo je pet klicnih linij brez enotnega dostopa za situacije, ko bodo uporabniki na območju, kjer ni na voljo mobilnega interneta ali brezžičnih dostopnih točk. Klicni CSD-dostop omogoča povezavo na dostopno točko, VRS Slovenija 2.3', z možnostjo podaljšane izbire pa tudi na katero koli drugo točko.

Odločitev za postopno opustitev klicnega dostopa je bila sprejeta na podlagi smernic v razvoju telekomunikacij v svetu. GSM/CSD-tehnologija ima omejeno pasovno širino in v prihodnosti ne bo mogla podpirati količine podatkov, potrebnih za nove GNSS-satelitske sisteme (Galileo, Beidou ...) in frekvenca. Upravljalci avstrijskega GNSS-omrežja APOS so v letu 2015 opustili klicni dostop in ga v svojih storitvah ne ponujajo več, enako so storili Hrvati na svojem CROPOS-omrežju, medtem ko upravljalci madžarskega omrežja GNSSNet.hu menijo, da je bil sistem od vedno predrag za vzdrževanje in ga nikoli niso niti ponujali. V Sloveniji je bilo v letu 2015 v primerjavi s prejšnjimi leti zaznati 8-odstotni padec uporabe CSD-tehnologije kot metode dostopa do podatkov omrežja SIGNAL v realnem času. Med analizo GNSS-meritev uporabnikov prek klicnega dostopa pa je bilo ugotovljeno, da je bil velik odstotek meritev opravljen na območjih, kjer je pokritost vsaj enega telekomunikacijskega operaterja z mobilnim internetom dobra (slika 2).



Slika 2: Karta lokacij meritev v realnem času prek klicnega CSD-dostopa.

Tudi sama tehnologija GSM/CSD je v postopnem zatonu. V Avstriji je eno večjih telekomunikacijskih omrežij konec leta 2015 prenehalo podpirati GSM/CSD-tehnologijo, domneva se, da bodo postopoma sledili tudi drugi ponudniki v Avstriji. V Sloveniji omrežje Telemach tehnologije CSD ne podpira, po mnenju strokovne javnosti pa naj bi tudi ostali telekomunikacijski operaterji tehnologijo opustili naj-pozneje do leta 2024.

Za tiste, ki veliko uporabljajo klicni dostop, obstajajo na trgu tudi možnosti nadgradnje instrumenta ali nakup lastne klicne naprave, nekaj zmogljivosti je na voljo tudi še na klicnem sistemu novih storitev.

Ena od prednosti storitev omrežja SIGNAL v realnem času prek storitev Geodetske uprave RS je tudi individualiziran dostop. Na podlagi tega bo lahko služba za GNSS zagotavljala kakovostnejšo podporo ob morebitnih težavah uporabnikov na terenu, prav tako bodo registrirani uporabniki prek RINEX-portala sami preverjali, koliko časa so bili v določenem obdobju povezani, in si na podlagi tega izračunali stroške, povezane z uporabo storitve. Zastopniki GNSS-opreme pozdravljajo odločitev Geodetske uprave RS, da uvede nove storitve, saj je sistem navzven bolj odprt od obstoječega DGPS-paketa in omogoča povezljivost sodobnih GNSS-instrumentov z oblaknimi storitvami, takojšen avtomatski prenos meritev v pisarno ipd.

Storitve v realnem času so v marcu 2016 v testni fazi in na voljo registriranim uporabnikom brezplačno, z aprilom 2016 pa lastnik omrežja, Geodetska uprava RS, uvaja plačljivost za registrirane uporabnike njihovih storitev.

4 SKLEP

Novе storitve omrežja stalnih GNSS-postaj SIGNAL so namenjene pridobitvi dodatnih sredstev za izboljšanje kakovosti omrežja samega, storitev uporabnikom in nadaljnji razvoj omrežja. Geodetska uprava RS je, skupaj z Geodetskim inštitutom Slovenije, v letu 2015 izvedla zahteven projekt vzpostavitve sistema

izdajanja in zaračunavanja podatkov omrežja. Pod nekaterimi predpostavkami se bodo stroški vzpostavitve tega sistema povrnili že v prvem letu delovanja, v nadaljevanju pa se bodo sredstva, pridobljena iz njegovega delovanja, vlagala v izboljšanje kakovosti omrežja samega in nove storitve.

Zavedamo se, da bo del uporabnikov še vedno uporabljal storitve, ki jih ponuja Telekom Slovenije, d. d., delu uporabnikov pa bo treba, skladno s predpisi, zagotoviti tudi brezplačne podatke. Vendar pa upamo, da bo vsaj tista (večja) množica uporabnikov, ki se zaveda problematike kakovosti omrežja SIGNAL – predvsem geodetska podjetja, prešla na storitev geodetske uprave. Ocenjujemo, da ta storitev ne bo manj kakovostna od sedanje DGPS, bo pa v povprečju nedvomno cenejša. Najpomembneje je, da bomo s tem načinom zagotavljali sredstva za delovanje temeljne državne geodetske infrastrukture, namenjene kakovostni izvedbi geodetske izmere.

Viri:

Zakon o infrastrukturi za prostorske informacije – ZIPI. Uradni list RS, št. 8/2010 in 84/2015.

Uredba o podrobnejših merilih in pogojih za določanje stroškov za uporabo omrežnih storitev in pristojbine za souporabo podatkov in storitev. Uradni list RS, št. 66/2012.



mag. Jurij Režek, univ. dipl. inž. geod.
Geodetska uprava Republike Slovenije
Zemljemerska ulica 12, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: jurij.rezek@gov.si

Niko Fabiani, univ. dipl. inž. geod.
Geodetski inštitut Slovenije
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: niko.fabiani@gis.si

Kristina Perko, dipl. inž. geod.
Geodetska uprava Republike Slovenije
Zemljemerska ulica 12, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: kristina.perko@gov.si

ZGOLJ IME NE ZADOŠČA: MEHANIZMI ZA ISTOVETENJE AVTORJA V BIBLIOGRAFSKIH ZBIRKAH

A NAME IS NOT ENOUGH: MECHANISMS FOR AUTHOR IDENTIFICATION IN BIBLIOGRAPHIC DATABASES

Sandi Berk

1 UVOD

Ustvariti si ime pomeni uspeti – kjer koli že. Izsledki več raziskav kažejo, da ob rojstvu prejeto ime tako ali drugače vpliva na kariero posameznika (Konnikova, 2013). Na prepoznavnost ugodno vplivata tudi edinstvenost in nespremenljivost imena. V članku je predstavljena problematika ugotavljanja istovetnosti avtorjev znanstvenih in strokovnih objav. Navedeni so razlogi za težave, ki lahko nastopijo pri njihovem prepoznavanju. Nakazani so tudi mehanizmi za reševanje teh težav. Ti mehanizmi, ki se vzpostavljajo v bibliografskih zbirkah podatkov, deloma temeljijo na povratnih informacijah avtorjev samih.

Namen prispevka je podati nekaj napotkov avtorjem, kako lahko preprosto uredijo težave z izkazovanjem svoje istovetnosti. Obravnavani so največji slovenski bibliografski sistem COBISS.SI (IZUM, 2016b) ter oba najpomembnejša sistema za vodenje bibliografskih zbirk za svetovno akademsko-raziskovalno skupnost: Scopus® (Elsevier, 2016a) in Web of Science™ – WoS (Thomson Reuters, 2016d). Nedvoumno izkazana istovetnost avtorjev v vseh treh zbirkah zagotavlja povezovanje bibliografskih zapisov iz teh zbirk v informacijskem sistemu o raziskovalni dejavnosti SICRIS (IZUM, 2016f), kar omogoča štetje citatov (navedkov) del in s tem njihovo ustrezno vrednotenje.

2 TEŽAVE Z IMENI AVTORJEV ZNANSTVENIH IN STROKOVNIH OBJAV

Razlogi za težave pri prepoznavanju avtorjev po njihovih imenih so lahko različni. Prvi je vsekakor ta, da osebna imena niso enoznačna; več avtorjev ima lahko enako ime. Drugi razlog je raba več različic imena istega avtorja. Za nameček pa avtorji svoja imena tudi spreminjajo. Kombinacija navedenih razlogov v bibliografskih zbirkah onemogoča nezmotljivo umeščanje zapisov zgolj na podlagi imen avtorjev.

Dandanes naj bi v Sloveniji živelo 369 Marij Novak, najdemo pa še 35 osebnih imen s po več kot sto nosilci (SURS, 2016). V SICRIS prijavljenih raziskovalcev in tehničnih sodelavcev je 36.780 (IZUM, 2016f), kar je ~1,8 % vseh prebivalcev v državi. Soimenjaštvo raziskovalcev je torej lahko težava že na državnih ravni in kar predstavljamo si lahko, da je še neprimerno bolj pereča na svetovni ravni. Avtorje sicer dodatno opredeljuje področje delovanja in pripadnost ustanovi, v kateri delujejo oziroma na katero so vezani med izvajanjem raziskav in/ali pripravo neke objave. Področja delovanja pa se prepletajo in s kariero tudi spreminjajo. Prav tako je lahko pri posamezni objavi navedenih več ustanov za posameznega

avtorja (na primer deljene zaposlitve, gostujoči profesorji). Iz takšnih ali drugačnih razlogov se spreminjajo tudi imena ustanov. Pri objavah v tujini se njihova imena včasih navajajo v prevodu. In ne nazadnje, avtorji menjujejo delodajalce. Tudi dodatni podatki o avtorju torej niso vedno dovolj za nedvoumno razločevanje soimenjakov, zaposlenih v velikih ustanovah.

Zasledimo lahko več oblik nedoslednosti pri zapisovanju osebnih imen. Avtorji včasih uporabljajo neformalno različico imena (na primer Jože → Joc). Pogosta je tudi uporaba okrajšane različice rojstnega imena (na primer J. Ray), s čimer se sicer zmanjša možnost, da bi pri citiranju zamenjali vlogo imena in priimka, lahko pa se zelo poveča število imen z enakim zapisom. Okrajšave so včasih uporabljene tudi zgolj za eno izmed rojstnih imen (na primer Lars E. Sjöberg) ali enega izmed priimkov (na primer João A. Torres). Pri zapisovanju dvojnih priimkov je priporočljiva dosledna uporaba vezaja (na primer G. Even - Tzur), saj se sicer rado zgodi, da je prvi priimek obravnavan kot tako imenovano srednje ime, ki je kot v zgornjih primerih lahko ali del imena ali del priimka. V različnih kulturah se imena razlikujejo tudi po tipih (eno-, dvo- in trodelna), vrstnem redu ter naboru lastnoimenskih sestavin – poleg rojstnih in družinskih še poočetna in generacijska imena ipd. – in pomožnih sestavinah, kot so predimki (Berk, 2002). Težave so z nedoslednostjo pri prečrkovanju imen iz nelatiničnih pisav. Dodatni razlogi za pojav več različic imena so še vedno tudi tehnične narave; v zbirki WoS se še vedno izogibajo slovenskih črk č, š in ž.

Razlogi za spreminjanje osebnih imen so največkrat poroka in razveza, lahko tudi numerologija, selitev in naturalizacija, vera ipd. (Berk, 2002). Glede spreminjanja imena v akademsko-raziskovalnih krogih – posebej za že uveljavljeno raziskovalko oziroma raziskovalca – zasledimo predvsem opozorila o negativnih posledicah na nadaljnjo kariero in napotke, kako ublažiti te posledice (na primer Clark, 2014; Kuther, 2014; Renzulli, 2014; Shellenbarger, 2011). Vendar pa je lahko motiv za spremembo imena tudi povečanje prepoznavnosti, zlasti če je ime pogosto; priljubljeno je dodajanje začetnice drugega (srednjega) imena med ime in priimek (na primer McGough, 2014).

3 MEHANIZMI ZA ISTOVETENJE AVTORJEV V BIBLIOGRAFSKIH ZBIRKAH

Bibliografija nekega avtorja v bibliografski zbirki je niz vseh zapisov o delih (objavah idr.), ki se nanašajo nanj. Če so imena več avtorjev enaka ali se enako zapisujejo, obstaja možnost napačnega istovetenja, posledica česar so pomešane bibliografije, ki vključujejo tudi dela avtorjevih soimenjakov. Če se avtorjevo ime (različice imena) uporablja nedosledno, obstaja tudi možnost razpada njegove bibliografije na več delov. Če se avtorjevo ime spremeni, je njegova bibliografija, brez posredovanja avtorja samega, praviloma razdeljena na dve polovici – tisto z deli pred spremembo imena in tisto z deli po njej.

V nadaljevanju so na kratko predstavljeni mehanizmi za istovetenje avtorjev v COBISS.SI, Scopus in WoS. Pri tem ima v bibliografski zbirki ključno vlogo enolični identifikator (istovetnik) avtorja. Za vsako izmed zbirk so podani tudi napotki, kako odpraviti morebitne težave z izkazovanjem istovetnosti.

COBISS.SI, CONOR.SI-ID IN ŠIFRA RAZISKOVALCA V SICRIS

Slovenska vzajemna bibliografsko-kataložna zbirka podatkov COBIB.SI je prosto dostopna (IZUM, 2016a) prek bibliografskega sistema in storitev **COBISS.SI**. Poleg same bibliografske zbirke sistem sestavljajo še nekatere druge zbirke; za nas je zanimiva zbirka osebnih in korporativnih imen CONOR.

SI, ki je prav tako prosto dostopna (IZUM, 2016c) prek istega sistema. V njej so med drugim zbrana imena vseh avtorjev del, ki so vnesena v bibliografsko zbirko COBIB.SI. Posameznemu avtorju v zbirki je dodeljen enolični identifikator **CONOR.SI-ID**. Poleg polne različice trenutno veljavnega imena vsebuje posamezen zapis tudi morebitne ostale (na primer okrajšane) različice tega imena ter morebitna predhodno veljavna imena in njihove različice (na primer pred poroko). Svoj enolični identifikator dobijo vsi vneseni avtorji del v zbirki, tudi (so)avtorji iz tujine.

Informacijski sistem o raziskovalni dejavnosti v Sloveniji **SICRIS** (IZUM, 2016f) je namenjen vrednotenju raziskovalne uspešnosti. Raziskovalci morajo biti vpisani v evidenco Javne agencije za raziskovalno dejavnost (ARRS) in jim je ob prijavi dodeljena šifra raziskovalca. Ta je povezana z ustreznim enoličnim identifikatorjem CONOR.SI-ID. Za vpis v evidenco je treba ustrezati nekaterim merilom, kot je na primer zaposlitev v raziskovalni organizaciji. Omeniti pa velja, da lahko tudi raziskovalci, ki ne ustrezajo vsem merilom za vpis, a se želijo predstaviti v SICRIS, zaprosijo za vnos (IZUM, 2016d). Izpis osebnih bibliografij je mogoč tudi za vse druge avtorje brez šifre raziskovalca, in sicer kot storitev v COBISS.SI (IZUM, 2016e).

Vnašanje del raziskovalcev v COBISS.SI za akademske in raziskovalne ustanove izvajajo izbrane knjižnice kot plačljivo storitev. Pri zahtevku za vnos velja k seznamu avtorjev pripisati ustrezne šifre raziskovalcev, posebej če so med njimi takšni s soimenjaki v zbirki, kar je mogoče enostavno preveriti v CONOR.SI (IZUM, 2016c). Prav tako morajo raziskovalci sami poskrbeti za evidentiranje morebitnih sprememb svojih imen. Zahtevek za spremembe podatkov o raziskovalcu neposredno posredujejo na agencijo (ARRS, 2016). Odpravljanje napak je v splošnem nekoliko oteženo, saj ni enotnega naslova, kamor bi (so)avtorji del lahko poslali zahtevek za popravek v zbirki, ki se nanaša na primer na napačno pripisano jim šifro raziskovalca. Odpravljanje napak pri vnosih torej poteka enako in prek istega posrednika kot sam vnos del.

Vzpostavljene so povezave med zbirkami v sistemih COBISS.SI, Scopus in WoS, kar med drugim omogoča spremljanje citiranosti del. Tudi za morebitne težave pri vzpostavitvi povezav z obema svetovnima zbirkama so lahko krive opisane težave z imeni avtorjev. Če se povezava v nekaj tednih (po vnosu dela v posamezno zbirke) ne vzpostavi, lahko avtorji sporočijo napako podporni službi (podpora@izum.si). V sporočilu je treba navesti COBISS.SI-ID bibliografskega zapisa in pripadajoče podatke iz zbirk Scopus in/ali WoS.

SCOPUS® IN SCOPUS AUTHOR ID

Scopus vsebuje največjo zbirko znanstvenih in strokovnih objav v revijah, knjigah in zbornikih konferenc; vključuje prek 20.000 recenziranih revij. Pokriva nekoliko več kot dve desetletji in ožji izbor starejše literature. Članke iz Geodetskega vestnika najdemo za obdobje od leta 1992 (Frančula, 2012). Zbirka obsega že prek 55 milijonov bibliografskih zapisov, ki vključujejo tudi izvlečke del ter uporabljeno literaturo in vire (s povezavami nanje), kar omogoča vodenje citatov. Uporabniki sistema – storitve so plačljive – lahko praviloma dostopajo tudi do samih člankov in drugih vsebin. Enostavno iskanje po imenu avtorja ali njegovem identifikatorju ORCID (glej spodaj) je prosto dostopno prek spletne storitve Scopus Preview (Elsevier, 2016a) – klik na »Author Preview«. Posameznemu avtorju v zbirki je dodeljen enolični identifikator **Scopus Author ID**. Vsi zapisi posameznega avtorja (bibliografija avtorja) so tako združeni v tako imenovani profil avtorja (Author Profile). Brez prijave (prosti dostop) je storitev omejena

na prvih dvajset zapisov. Te je mogoče razvrstiti po datumu ali citiranosti, s čimer se lahko poveča število različnih zadetkov. Med podatki o avtorju so tudi vse uporabljene različice njegovih imen ter osnovni bibliografski kazalniki in kazalniki citiranosti.

Opisane težave z imeni avtorjev lahko seveda privedejo do vključitve posameznega zapisa (objave) avtorja v profil drugega avtorja. Gre torej za pripis napačnega identifikatorja avtorja. Za odpravo napak v Scopusu lahko avtor zaprosi podporno službo; izpolni elektronski obrazec (Elsevier, 2016c) – v navedenem primeru kot kategorijo izbere »Document details are incorrect« in predlaga ustrezno zamenjavo identifikatorja avtorja. Ob spremembi avtorjevega imena, včasih pa tudi, če obstaja različic imena, ki jih ob vnosu ni bilo mogoče nedvoumno povezati, so zapisi za istega avtorja razdeljeni na dva ali več delov. Tudi takšne ločene profile lahko avtor enostavno združi v celoto tako, da na Scopus pošlje ustrezne povratne informacije (Elsevier, 2016b).

WEB OF SCIENCE™ IN RESEARCHERID

WoS velja za nekakšen standard na področju evidentiranja znanstvene literature in njenega vrednotenja. Vključuje sicer nekoliko ožji nabor periodike kot Scopus (postavlja strožja vstopna merila) – okoli 12.000 recenziranih revij. Članke iz Geodetskega vestnika najdemo v WoS za obdobje od leta 2007 (Koler - Povh in Lisec, 2015). Vendar pa segajo zapisi v tej zbirki za nekatere revije celo v 19. stoletje. Tako vključuje še bistveno več bibliografskih zapisov kot Scopus – več kot 90 milijonov. Podobno kot Scopus vključuje tudi izvlečke del in uporabljeno literaturo (vodenje citatov) ter omogoča dostop do del. V primerjavi s Scopusom zasnova WoS ni predvidevala enoličnega identifikatorja avtorja. Iskanje del posameznega avtorja tako temelji zgolj na imenu (brez šumnikov). Vse storitve so plačljive, potrebna je prijava (Thomson Reuters, 2016d). Vendar pa lahko tudi avtor brez dostopa do WoS zaprosi za odpravo napake, kot je na primer napačno črkovano ime, tako da na tehnično podporo pošlje izpolnjen elektronski obrazec (Thomson Reuters, 2016a).

Od leta 2008 lahko avtorji sami potrdijo istovetnost avtorstva zapisov del v WoS. To omogoča rešitev, imenovana **ResearcherID** (Thomson Reuters, 2016c), in sicer je to enolični identifikator avtorja del v WoS. Gre za nekakšno storitev daj-dam, ki avtorjem ponuja brezplačen profil raziskovalca (Researcher Profile). Z njim avtor dobi možnost analitičnega vpogleda v svojo bibliografijo in predstavitev na spletu – profil je lahko javen. V zameno dobi ponudnik povratne informacije za ureditev zapisov v WoS – potrditev istovetnosti avtorja. Učinek je podoben avtorskem profilu v Scopusu, vendar lahko avtor seznamu doda tudi svoja dela, ki niso v WoS.

Uporabnik z dostopom do WoS lahko ustvarja seznam svojih del z neposrednim iskanjem po tej zbirki, uporabnik brez dostopa pa lahko svoja dela:

- vnese s komercialnim programom EndNote™ (Thomson Reuters, 2016b);
- uvozi iz datoteke v formatu RIS (Research Information System) ali pa
- uvozi neposredno iz ORCID (glej spodaj).

Če avtor že ima svoj ORCID-profil, je zadnja možnost še najbolj prikladna – le klik na gumb »Exchange Data With ORCID«. Ko avtor vnese/uvozi vsa dela v svoj profil raziskovalca, jih lahko poveže z WoS – klik na gumb »Update Using Web of Science Core Collection«. V profil raziskovalca je poleg bibliografije

(My Publications) mogoče vključiti tudi podatke o vseh ustanovah, povezanih z njegovo kariero (My Institutions), ter seveda vsa svoja imena in različice zapisov teh imen (Other Names).

Vzpostavitev povezav del z WoS omogoča prikaz kazalnikov citiranosti (Citation Metrics). Mogoč je tudi vpogled v mrežo sodelavcev (Collaboration Network) in mrežo avtorjev citirajočih člankov (Citing Articles Network) – oboje poimensko, razvrščeno po številu soavtorstev oziroma citatov, po ustanovah, po državah, celo prikazano na karti sveta ... Vzpostavitev povezave ima tudi povratni učinek na WoS – pri vseh delih avtorja, ki ustvari svoj profil raziskovalca, se zapisom v WoS pripiše enolični identifikator avtorja – njegov ResearcherID, če so bila dela uvožena iz ORCID, pa tudi ta identifikator.

IDENTIFIKATOR ORCID

ORCID (Open Researcher and Contributor ID) je zbirka trajnih enoličnih identifikatorjev raziskovalcev in sodelavcev (avtorjev znanstvenih in strokovnih objav), ki jih podeljuje in vodi nepridobitna organizacija ORCID, Inc. Zbirka je bila vzpostavljena leta 2012 in v njej je že več kot dva milijona oseb. Ta za vse sisteme in storitve odprta zbirka bo zagotovila učinkovit mehanizem za povezovanje raziskovalne dejavnosti (medopravilnost) in s tem pospešila prehod znanosti v e-znanost (ORCID, 2016). ORCID je že povezan tako s Scopusom kot z ResearcherID in s tem posredno z WoS. Povezave so obojesmerne. Vključevanje ORCID v znanstveno objavljanje se kaže tudi z uporabo tega identifikatorja pri vse več ponudnikih storitev za elektronsko oddajo rokopisov in spremljanje recenzentskega postopka, na primer Editorial Manager® (Aries Systems), Evis® (Elsevier), ScholarOne Manuscripts™ (Thomson Reuters) idr.

Raziskovalec ob prijavi – ta je brezplačna – pridobi svoj **ORCID ID**. Ta identifikator dejansko določa URI (Uniform Resource Identifier) za dostop do njegovega ORCID-profila (My ORCID Record); zadeva je podobna kot pri DOI (Digital Object Identifier), ki določa URI za dostop do posameznega članka. Raziskovalec nato sestavlja seznam svojih del, in sicer z neposrednim vnosom ali pa z vzpostavitvijo povezav in iskanjem po množici bibliografskih podatkovnih in metapodatkovnih zbirk, kot so Scopus, ResearcherID, CrossRef, DataCite idr. K bibliografiji (Works) lahko doda svoj življenjepis (Biography), podatke o izobrazbi (Education), vseh svojih sedanjih in nekdanjih delodajalcih (Employment), in ne nazadnje vsa svoja imena in različice zapisov teh imen (Also known as). Profil je lahko v celoti ali deloma javno dostopen, ali pa povsem zaseben. Raziskovalec lahko za potrebe svoje predstavitve (na primer za poster) za svoj identifikator ORCID pridobi tudi QR-kodo.

4 SKLEP

Ime avtorja znanstvenih in strokovnih objav včasih ne zadošča za ugotavljanje njegove istovetnosti. Razlogi so podvajanje, nedosledna raba in spreminjanje imen ter nekatere tehnične težave. Za izkazovanje istovetnosti avtorjev del, ki se vodijo v bibliografskih zbirkah sistemov COBISS.SI, Scopus in WoS, skrbi več enoličnih identifikatorjev avtorjev, in sicer CONOR.SI-ID, šifra raziskovalca v SICRIS (za avtorje v evidenci raziskovalcev ARRS), Scopus Author ID, ResearcherID (za avtorje s profilom raziskovalca) ter identifikator ORCID (za avtorje z ORCID-profilom). Zlasti ob spremembi imena avtorja praviloma nastopijo težave s povezljivostjo njegovih bibliografskih zapisov. Podanih je nekaj napotkov za enostavno odpravljanje teh težav. Raziskovalci pa lahko k prihodnji prepoznavnosti precej pripomorejo predvsem s pridobitvijo trajnega enoličnega identifikatorja ORCID, ki zagotavlja njihovo istovetnost na svetovni ravni.

Literatura in viri:

- ARRS (2016). Evidence izvajalcev raziskovalne in razvojne dejavnosti. Ljubljana: Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije. <https://www.ars.gov.si/si/evireg/evireg/vpis.asp>, pridobljeno 29. 2. 2016.
- Berk, S. (2002). Osebna imena in njihovi dodatki v luči slovenskega pravopisa in zakonodaje. *Drevesa*, 9(3–4), 4–14.
- Clark, D. (2014). How to Change Your Name and Keep Your Professional Identity. *Harvard Business Review*, 9. december 2014. <https://hbr.org/2014/12/how-to-change-your-name-and-keep-your-professional-identity>, pridobljeno 29. 2. 2016.
- Elsevier (2016a). Scopus®. Amsterdam: Elsevier. <https://www.elsevier.com/solutions/scopus>, pridobljeno 29. 2. 2016.
- Elsevier (2016b). Scopus Author Feedback Wizard. Amsterdam: Elsevier. <http://www.scopus.com/feedback/author/home.uri#>, pridobljeno 29. 2. 2016.
- Elsevier (2016c). Scopus Support. Amsterdam: Elsevier. http://help.elsevier.com/app/ask_scopus/p/8150, pridobljeno 29. 2. 2016.
- Frančula, N. (2012). Bibliografska i citatna baza Scopus. *Geodetski list*, 66 (89) (1), 71–72.
- Izum (2016a). COBIB.SI: Vzajemna bibliografsko-kataložna baza podatkov. Maribor: Institut informacijskih znanosti. <http://www.izum.si/scripts/cobiss?base=cobib&command=connect>, pridobljeno 29. 2. 2016.
- Izum (2016b). COBISS.SI: Kooperativni online bibliografski sistem in servisi. Maribor: Institut informacijskih znanosti. Dostop 29. februarja 2016 preko spletne strani: <http://www.cobiss.si>.
- Izum (2016c). CONOR.SI: Normativna datoteka osebnih in korporativnih imen. Maribor: Institut informacijskih znanosti. <http://www.izum.si/scripts/cobiss?base=conor&command=connect>, pridobljeno 29. 2. 2016.
- Izum (2016d). Kako pridobim šifro raziskovalca? Maribor: Institut informacijskih znanosti. http://home.izum.si/COBISS/bib/FAQ_SI.html, pridobljeno 29. 2. 2016.
- Izum (2016e). Osebne bibliografije. Maribor: Institut informacijskih znanosti. <http://splet02.izum.si/cobiss/BibPersonal.jsp?init=t&code=&type=conor>, pridobljeno 29. 2. 2016.
- Izum (2016f). SICRIS: Informacijski sistem o raziskovalni dejavnosti v Sloveniji. Maribor: Institut informacijskih znanosti. <http://www.sicris.si>, pridobljeno 29. 2. 2016.
- Koler Povh, T., Lisec, A. (2015). Geodetski vestnik na poti boljše mednarodne prepoznavnosti. *Geodetski vestnik*, 59(2), 289–319. DOI: <http://www.dx.doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2015.02.289-319>.
- Konnikova, M. (2013). Why Your Name Matters. *The New Yorker*, 19. december 2013. <http://www.newyorker.com/tech/elements/why-your-name-matters>, pridobljeno 29. 2. 2016.
- Kuther, T. (2014). Getting Married in Academia: Should You Change Your Name? *About.com*, 4. december 2014. <http://gradschool.about.com/od/forwomen/a/Should-You-Change-Your-Name-After-Getting-Married.htm>, pridobljeno 29. 2. 2016.
- McGough, M. (2014). Want to Be Seen as Smarter and More Important? Use a Middle Initial. *Los Angeles Times*, 6. maj 2014. <http://www.latimes.com/opinion/opinion-la/la-ol-middlename-prestige-study-20140506-story.html>, pridobljeno 29. 2. 2016.
- ORCID (2016). Open Researcher and Contributor ID. Bethesda: ORCID, Inc. <http://orcid.org>, pridobljeno 29. 2. 2016.
- Renzulli, K. A. (2014). How to Change Your Name Without Hurting Your Career. *Money*, 7. avgust 2014. <http://time.com/money/3082547/name-change-when-marry-career-advice>, pridobljeno 29. 2. 2016.
- Shellenbarger, S. (2011). The Name Change Dilemma. *The Wall Street Journal*, 8. maj 2011 (blog). <http://blogs.wsj.com/juggle/2011/05/08/the-name-change-dilemma>, pridobljeno 29. 2. 2016.
- SURS (2016). Kako pogosta sta vaše ime in vaš priimek? Ljubljana: Statistični urad Republike Slovenije. <https://www.stat.si/ImenaRojstva/sl>, pridobljeno 29. 2. 2016.
- Thomson Reuters (2016a). Data Change & Missing Article/Journal Issue Request. Toronto: Thomson Reuters. <http://ip-science.thomsonreuters.com/techsupport/datachange>, pridobljeno 29. 2. 2016.
- Thomson Reuters (2016b). EndNote™. Toronto: Thomson Reuters. <http://endnote.com>, pridobljeno 29. 2. 2016.
- Thomson Reuters (2016c). ResearcherID. Toronto: Thomson Reuters. <http://www.researcherid.com>, pridobljeno 29. 2. 2016.
- Thomson Reuters (2016d). Web of Science™. Toronto: Thomson Reuters. <http://wokinfo.com>, pridobljeno 29. 2. 2016.



Sandi Berk, univ. dipl. inž. geod.
 Geodetski inštitut Slovenije
 Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
 e-naslov: sandi.berk@gis.si

ODZIV ZVEZE GEODETOV SLOVENIJE (ZGS) NA PREDLOG PROSTORSKE IN GRADBENE ZAKONODAJE

RESPONSE OF THE SLOVENIAN SURVEYING ASSOCIATION (ZGS) AT THE SPATIAL AND CONSTRUCTION LEGISLATIVE PROPOSAL

Blaž Mozetič

Zveza geodetov Slovenije se je v februarju odzvala na osnutke Zakona o urejanju prostora (ZUreP-2), Gradbenega zakona (GZ) ter Zakona o pooblaščenih arhitektih in inženirjih (ZPAI), ki so bili v javni razpravi od 20. 11. 2015 do 19. 2. 2016. Sekcija za urejanje prostora pri Zvezi geodetov Slovenije je pripravila posebno stališče.

1 PRIPOMBE NA ZAKON O UREJANJU PROSTORA

Zveza geodetov Slovenije se je prek različnih geodetskih strokovnjakov dejavno vključila v oblikovanje pripomb, mnenj in priporočil k Zakonu o urejanju prostora kot eden od partnerjev v pobudi OdP! (Odgovorno do prostora!). Tako so pripombe na navedeni zakon, ki jih je pripravila ZGS, vključene v pripombe, ki jih je tudi v imenu ZGS na ministrstvo posredoval OdP!.

Posebej opozarjamo, da je pripravljavec zakonskega osnutka v celoti spregledal ureditev področja prostorskih podatkovnih podlag, ki so potrebne za pripravo in prikaz prostorskih aktov. Menimo, da brez ustrezne ureditve tega področja zakonske spremembe ne bodo prinesle zelenih učinkov glede enostavnejših postopkov pridobivanja dovoljenj za posege v prostor ob varovanju lastnine in javnega interesa. Zato naj pripravljavec zakona temu področju v nadaljevanju posveti več pozornosti. Prav tako izpostavljamo, da se mnoga določila zakona nanašajo na zelo omejen prostor (urbana/stavbna zemljišča), kar še posebej bude v oči med ukrepi zemljiške politike.

2 PRIPOMBE NA ZAKON O POOBLAŠČENIH ARHITEKTIH IN INŽENIRJIH

Kot zveza geodetskih strokovnjakov smo zaskrbljeni glede regulacije geodetskega poklica, kot ga predvideva zakon. Med javno razpravo smo glede regulacije geodetskega področja intenzivneje sodelovali tudi s strokovnjaki Fakultete za gradbeništvo in geodezijo pri Univerzi v Ljubljani (v nadaljevanju: UL FGG), ki kot edina akademska ustanova v Sloveniji izvaja študijski program s področij geodezije in geoinformatike. S pripombami navedene institucije se strinjamo.

Zaskrbljujoče je, da se med naloge »pooblaščenega geodeta« vključujejo le zelo omejeni postopki na področju evidentiranja nepremičnin – to področje bi moralo biti posebej regulirano, pri čemer bi bila za pooblastila in nadzor zadolžena Geodetska uprava RS (v mnogih državah je katastrsko področje del javne službe – kot del javne uprave ali pa kot javno imenovane pisarne/biroji).

Naloge, ki so specifične pri načrtovanju posegov v prostor in pri samem poseganju v prostor, v predlogu zakona skoraj niso omenjene (topografsko-katastrska izmera in priprava topografsko-katastrskih podlag za projektno dokumentacijo, verifikacija lastninskega stanja in pravnih ureditev, projekt spremljanja gradnje in deformacij/premikov objektov za zahtevne gradbeno-inženirske objekte, preverjanje lokacije in gabaritov po izvedeni gradnji ipd.).

Kot polnopravna članica Mednarodne zveze geodetov FIG (angl. International Federation of Surveyors) se mora naša zveza (ZGS) jasno odzvati ob takem predlogu zakonske ureditve geodetske stroke, saj predlog nima pomembne mednarodne primerljivosti ter je v nasprotju s sodobnimi mednarodnimi in evropskimi smernicami geodetske in geoinformacijske stroke.

2.1 Stališče ZGS do ureditve poklica pooblaščen prostorski načrtovalec v predlogih ZPAI in ZUreP-2

ZGS je sodelovala v razpravi OdP! glede pooblastila za pooblaščenega prostorskega načrtovalca. Podprla je ureditev posebne licence za prostorskega načrtovalca, katerega naloga je vodenje priprave vseh vrst prostorskih aktov. ZGS meni, da je prostorsko načrtovanje interdisciplinarna dejavnost, v katero je vključenih več strok, in je zato pri pripravi prostorskih aktov treba zagotoviti ustrezno vodenje interdisciplinarnih delovnih skupin. Poklic pooblaščenega prostorskega načrtovalca naj zato izvajajo strokovnjaki z različno izobrazbo, a s širokim spektrom znanj in izkušenj s področja urejanja prostora ter sposobnostjo razumevanja kompleksnosti problematike, vodenja interdisciplinarnih delovnih skupin in usklajevanja med deležniki z nasprotujočimi si interesi. V partnerstvu OdP! do konca javne razprave še ni bil dosežen konsenz glede tega poklica, predvsem zaradi različnih pogledov partnerjev na osnovno izobrazbo, ki omogoča pristop k opravljanju strokovnega izpita.

Posebna stališča glede regulacije področja prostorskega načrtovanja je ZGS oblikovala v okviru sekcije za urejanje prostora, in sicer:

1. Sekcija za urejanje prostora pri Zvezi geodetov Slovenije podpira oblikovanje posebnega reguliranega poklica pooblaščen prostorski načrtovalec (licenca P).
2. Poklicne naloge pooblaščenega prostorskega načrtovalca obsegajo vodenje izdelave vseh vrst razvojnih dokumentov urejanja prostora, ki so oziroma bodo določeni v ZUreP-2 (razen Strategije prostorskega razvoja Slovenije), ter vseh vrst strateških in izvedbenih prostorskih aktov, ki so oziroma bodo določene v ZUREP 2.
3. Predlagamo, da se v ZUreP-2 določijo minimalne odgovornosti pooblaščenega prostorskega načrtovalca, ki so:
 - a. vodenje in koordinacija projekta izdelave prostorskega akta;
 - b. zastopanje interesov pobudnika ob hkratnem varovanju javnega interesa;
 - c. analiza in oblikovanje stališč glede smernic ter mnenj nosilcev urejanja prostora, predlogov in pripomb javnosti;
 - d. preverjanje oziroma zagotovitev ustreznosti strokovnih podlag, na katerih temeljijo rešitve prostorskega akta;
 - e. zagotavljanje strokovnosti in zakonitosti rešitev prostorskega akta oziroma vseh njegovih delov.

4. Pogoji za pridobitev pooblastila za odgovornega prostorskega načrtovalca zaradi vse večje ločnice med projektiranjem in prostorskim načrtovanjem, interdisciplinarnosti področja in vsebine ter namena študijskih programov v Sloveniji ne smejo in ne morejo biti več vezani na pogoje za projektiranje arhitekture in krajinske arhitekture. Do naziva pooblaščenega prostorskega načrtovalca lahko ob pogoju, da a) imajo ustrezne delovne izkušnje na področju in b) opravijo poseben strokovni izpit za pooblaščenega prostorskega načrtovalca, pristopijo:
 - a. diplomanti aktualnih študijskih programov:
 - i. magistri prostorskega načrtovanja (študij na UL FGG),
 - ii. magistri inženirji urbanizma (študij na UL FA),
 - iii. magistri geografije (smer regionalno planiranje in urbano-ruralne študije);
 - b. diplomanti starih oziroma opuščeni študijskih programov:
 - i. magistri znanosti, ki so končali interdisciplinarni podiplomski študij urejanja prostora (študij na UL FGG),
 - ii. univerzitetni diplomirani inženirji geodezije – prostorske smeri;
 - c. pooblaščen arhitekti in krajinski arhitekti (člani ZAPS);
 - d. pooblaščen inženirji (člani IZS gradbene in geodetske stroke).
5. Predlagamo tudi, da se v ZUreP-2 določi zakonska obveznost imenovanja in angažiranja interdisciplinarne strokovne skupine in opredelijo naloge posameznih članov, glede na vrsto in namen prostorskega akta ter ureditev, ki se s prostorskim aktom načrtujejo. Eden od članov strokovne skupine mora biti tudi pooblaščen geodet z ustreznimi izkušnjami na področju priprave prostorskih aktov, katerega naloga je zagotovitev prostorskih podatkov za pripravo in prikaz prostorskega akta, in sicer v kakovosti in vsebini, ki je odvisna od vrste in namena prostorskega akta in ureditev, ki se s prostorskim aktom načrtujejo. Alternativa k temu predlogu pa je dopolnitev poklicnih nalog pooblaščenega geodeta oziroma inženirja geodetske stroke v ZPAI, in sicer tako, da se k nalogam, ki jih opravlja, dodajo tudi naloge, ki se nanašajo na izdelavo prostorskih strokovnih podlag za prostorsko načrtovanje in izdelavo podlag za prikaz kartografskih oziroma grafičnih delov prostorskih aktov.
6. Čeprav sestava prostorskega sveta vlade za prostor ni neposredno povezana z dejavnostjo prostorskega načrtovanja, pa je pomembno, analogno s 5. točko naših pripomb, da se med stalne člane prostorskega sveta uvrsti tudi Geodetska uprava Republike Slovenije, in sicer kot državni organ, ki sistemsko zagotavlja osnovne podatke o prostoru, potrebne za izdelavo in prikaz prostorskih aktov vseh vrst.

3 PRIPOMBE NA GRADBENI ZAKON

Predlog zakona ne predvideva izdelave geodetskega načrta v okviru izdelave projektne dokumentacije, prav tako ne obvezne vsebine in vloge geodetskega načrta.

Obrazložitev: Geodetski načrt je prikaz dejanskega stanja na terenu v državnem koordinatnem sistemu, na njem so prikazani tako lokacijski kot višinski podatki o stanju v prostoru ter lastniško-pravne omejitve. Načrt, kot ga poznamo danes, pa bi bilo treba dopolniti s prikazom lokacij omejitev iz prostorskih aktov in drugih pravnih režimov ter določiti, da se v geodetskem načrtu vsi podatki lokacijsko in časovno uskladijo. Za kakovostno umeščanje posegov v prostor je takšen načrt osnova,

temelj za projektanta, ki na njegovi podlagi izdelava projekt. Obenem projektiran poseg na kakovostnem geodetskem načrtu zagotavlja zaščito javnega interesa in preprečuje načrtovanje morebitnih posegov na tujem zemljišču (ali preblizu zemljišča drugega lastnika). Geodetski načrt stanja terena pred posegom v prostor bi morali skupaj s projektno dokumentacijo umestiti v zbirko podatkov o graditvi.

VPIS PODATKOV O ZAKOLIČENJU POSEGA V PROSTOR V ZBIRKO PODATKOV O GRADITVI.

Obrazložitev: Zakon predvideva obveznost zakoličbe posega v prostor. Zakoličenje posega v prostor je prenos projektiranega stanja na teren. Predlagamo, da se osnovni podatki o zakoličenju vpišejo v zbirko graditve, tako omogočimo prvo kontrolo med izdanim gradbenim dovoljenjem (ki je izdano na podlagi dokumentacije PGD) in prenosom projektiranega posega na teren (izvede se na podlagi dokumentacije PZI). Tu bi moral geodet potrditi skladnost lokacijskih podatkov iz dokumentacije za izdajo gradbenega dovoljenja in zakoličenih točk predvidenega posega.

PREDLOG ZAKONA NE PREDVIDEVA IZDELAVE GEODETSKEGA NAČRTA PO KONCU GRADNJE.

Obrazložitev: Geodetski načrt po izvedenem posegu v prostor je podlaga za vpis v uradne evidence; omogoča pa tudi primerjavo projektiranega in z gradbenim dovoljenjem dovoljenega posega v prostor in dejansko izvedenega.

PREDLOG ZAKONA NE OPREDELJUJE KLJUČNIH GEODETSKIH POSTOPKOV PRI SPREMLJANJU GRADNJE IN SPREMLJANJU STABILNOSTI ZAHTEVNIH GRADBENO-INŽENIRSKIH OBJEKTOV.

Obrazložitev: Zaradi varovanja ljudi in premoženja moramo ob gradnji spremljati stanje okoliških objektov in objekta, ki se gradi. V okviru gradnje v strnjjenih naseljih je že danes praksa, da se investitor odloči za permanentno spremljanje posedanaj okoliških objektov. Predlagamo, da se ta obveza v izogib poškodbam na že zgrajenih objektih in napravah opredeli v zakonu. Za zahtevnejše gradbeno-inženirske objekte bi morali izdelati geodetski projekt, ki poleg geodetskega načrta vključuje zasnovo geodetske mreže in načrt spremljanja gradnje objekta, načrt spremljanja stabilnosti oziroma deformacij objekta in okolice vpliva objekta po končani gradnji (če je to potrebno). Vsi zahtevni gradbeno-inženirski objekti namreč že sedaj zahtevajo spremljanje pomikov in deformacij tal ter objektov med izvajanjem posegov v prostor, prav tako je treba večje objekte (ali območja) tudi po končanem posegu že sedaj redno geodetsko spremljati, da se pravočasno zaznajo morebitni premiki ali deformacije in se preprečijo morebitne nesreče, škoda in poškodbe. Gradbena zakonodaja mora to področje jasno urediti, zakonsko morajo biti jasno opredeljena tudi pooblastila.

Upamo, da bo naš odziv v pomoč pri pripravi zakonodaje, s katero bi celovito uredili področje gradnje, prostorskega načrtovanja in regulacije poklicev na področjih geodezije, inženirstva in prostorskega načrtovanja.



mag. Blaž Mozetič, predsednik ZGS
Zveza geodetov Slovenije
Zemljemerska ulica 12
SI-1000 Ljubljana
e-naslov: blaz.mozetic@gov.si

STALIŠČE FAKULTETE ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO PRI UNIVERZI V LJUBLJANI O PREDLOGU NOVE PROSTORSKE IN GRADBENE ZAKONODAJE

OBSERVATIONS OF THE FACULTY OF CIVIL AND GEODETIC ENGINEERING AT THE UNIVERSITY OF LJUBLJANA ON THE NEW SPATIAL AND CONSTRUCTION LEGISLATIVE PROPOSAL

Matjaž Mikoš s sodelavci

Na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani (UL FGG) smo se odzvali na predlog Zakona o urejanju prostora, Zakona o graditvi objektov ter Zakona o pooblaščenih arhitektih in inženirjih, ki jih je v javno obravnavo dalo ministrstvo za okolje in prostor konec preteklega leta. Kot smo zapisali v svojem odzivu iz februarja, na fakulteti razumemo željo po spremembi zakonodaje s področja urejanja prostora, graditve objektov in ureditve regulacije inženirske dejavnosti, vendar nas ne ocena stanja, ne namen sprememb, ne predlagane ključne rešitve ne prepričajo. Zastavljeni koncept ne zagotavlja sistemske ureditve področij prostorskega načrtovanja in graditve objektov ter nima mednarodne primerljivosti. Ugotavljamo, da so predlogi zakonov v predlagani obliki škodljivi tako za področje urejanja prostora kot za področje graditve objektov ter ne upoštevajo najnovejših dognanj in pristopov pri umeščanju objektov v prostor. Stroka o graditvi objektov je v zapostavljenem položaju, postopki v inženirski stroki so v novih predlogih izrazito poenostavljeni, prisotni so pritiski na zmanjšanje števila reguliranih poklicev.

Predlagani zakoni prav tako ne zagotavljajo obljubljenih optimizacij postopkov in večje preglednosti. Predvidene poenostavitve postopkov gredo predvsem na račun stroke in inženirstva, upravni postopki pa so še bolj zapleteni kot do sedaj. Zavedati se moramo, da dosedanji sistem – čeprav ni idealen – ne pomeni ovire, ki je vnaprej načrtovana, temveč zaščito javnih interesov.

Pooblaščenih inženirjev tehničnih strok, z njihovim znanjem, izkušnjami, pridobljenimi tudi po končanem formalnem izobraževanju, ne moremo in ne smemo nadomestiti s strokovnjaki drugih ved, ki nimajo nujno potrebnih znanj v procesu graditve objektov (od najenostavnejših do zahtevnih objektov ter projektov infrastrukturne, prometne, komunalne, energetske ali druge inženirske narave).

Ugotavljamo celo, da so predlogi novih zakonov v nasprotju z javnim interesom. Upravičeno lahko sklepamo, da novi predlogi zakonov vzpostavljajo mehanizme, s katerimi bi nekatere skupine lažje obvladovale predvsem segment javnih investicij, pri čemer se na tej poti najbolj poskuša izogniti vsem, tudi »tehničnim oviram«, ki jih očitno pomenijo dosedanji sistemi nadzorov, revizij, postopkov pridobivanja pooblaščenecv posameznih strok, mehanizmov strokovnih preverjanj in kontrol.

Kot vrhunska znanstvena in strokovna ustanova smo pripravljeni dejavno sodelovati v pripravi strokovno utemeljenih in sodobnih rešitev področne zakonodaje. Predvsem želimo opozoriti, da je sedanji proces priprave zakonodaje povsem nepregleden, saj strokovnim organizacijam in združenjem onemogoča dejavno

sodelovanje pri njenem nastajanju. Od prve najave sprememb zakonodaje (december 2013) smo namreč pričakovali, da bo pripravljavec zakona jasno podal cilje in namen sistemskih sprememb, nato pa podal jasna izhodišča in strukturo zelenih sprememb. Praksa ločenih pogovorov s posameznimi skupinami deležnikov ni v skladu z uveljavljenimi postopki sodelovanja javnosti in zainteresiranih deležnikov ter je celo v nasprotju z Aarhusko konvencijo (1998).

Ministrstvo zato pozivamo, naj po koncu javne razprave objavi vse prejete pripombe in se glede njih opredeli. V nadaljevanju pa naj ponovno vzpostavi strokovno in interdisciplinarno sodelovanje v javnem interesu, v katerem bo tudi samo aktivni sogovornik.

Pomemben del priprave novih sistemskih zakonodajnih rešitev je tudi horizontalna preveritev določb z drugimi področnimi oziroma sektorskimi zakoni, da se prepreči pojavljanje nasprotujočih si zahtev pri izpolnjevanju in uresničevanju zakonskih določb v praksi.

V nadaljevanju v treh poglavjih podajamo konkretne pripombe in opozorila, na katere pasti in težave je treba biti pripravljen že med pripravo sistemske zakonodaje na tako kompleksnem in interdisciplinarnem področju, kot je urejanje prostora.

1 PRIPOMBE NA PREDLOG ZAKONA O UREJANJU PROSTORA (ZUREP-2)

Struktura osnutka Zakona o urejanju prostora (ZureP-2) je v tej fazi še neuravnotežena, prav tako je terminologija neustrezna ter ni usklajena z veljavnimi standardi in zakoni. Med drugimi smo pričakovali, da bodo sorodne vsebine združene v enem poglavju. Tako se nosilci urejanja prostora pojavljajo v enem delu (13. člen), njihove naloge pa v drugem (38. člen). Težko je slediti tudi sistemu prostorskih aktov. Ne glede na to, da je Strategija prostorskega razvoja RS (SPRS) državni dokument, ga je vendarle treba umestiti v sistem vseh prostorskih aktov. Ni jasno, na kaj se navezujejo državna prostorska pravila ali državni prostorski red (iz predloga ni razvidno, kako se bo dokument dejansko imenoval). V zakonu tudi ni določen rok, do katerega bo vlada predpisala podrobnejšo vsebino ter način vzpostavitve in vodenja zbirke državnih prostorskih pravil (37. člen) in drugih podzakonskih aktov (več členov v predlogu zakona).

Osnutek ZUreP-2 je v splošnem preobsežen in ureja tudi vsebine, ki nedvoumno spadajo med izvršilne predpise. Ta zakon dejansko ne prinaša bistvene vsebinske preнове sistema prostorskega načrtovanja, tudi na področju regionalnega prostorskega načrtovanja ne prinaša pričakovanih rešitev, zato priprava tako obsežnega predloga zakona (300 členov) ni smiselna. Uvedba regionalnega prostorskega načrtovanja terja globlji premislek, predvsem pa določitev pripravljavca regionalnih zasnov prostorskega razvoja ter prenos posameznih pristojnosti za prostorsko načrtovanje z državne in lokalne ravni na regionalno raven. Pomembno je tudi vprašanje financiranja, ki je bilo tudi že večkrat javno izpostavljeno.

Posebej opozarjamo na del z naslovom **Zemljiška politika**, ki je terminološko in strokovno neustrezen ter ne prinaša ustreznih izhodišč za oblikovanje zemljiške politike in izvajanje ukrepov zemljiške politike na ravni države in lokalnih skupnosti. Pohvalno je sicer, da je zakonodajalec vključil ta vidik v predlog zakona, toda številne določbe (ukrepi zemljiške politike) se nerazumljivo nanašajo le na stavbna zemljišča oziroma so ti ukrepi namenjeni »zagotavljanju stavbnega fonda«. Tako parcialno gledanje prostora (le nekaj odstotkov celotne države so stavbna zemljišča!) in omejevanje ukrepov urejanja prostora na stavbna zemljišča je v sistemskem zakonu na področju urejanja prostora nerazumljivo. Kot primer preozkega

obravnavanja prostora (stavbna zemljišča) navajamo tudi komasacije, kjer bi moral zakonodajalec resnično gledati prostor kot celoto in komasacije opredeliti (bodisi v tem zakonu ali v posebnem zakonu) kot prostorsko-inženirske ukrepe, ki jih je mogoče izvajati na vseh zemljiščih. Ločeno obravnavanje komasacij v različnih zakonih ter različne institucije, ki naj bi izvajale te komasacije po različnih zakonih (upravne enote – občine – navsezadnje tudi Geodetska uprava RS), lahko prinesejo le zmedo in kaos – ne le pri izvajanju postopkov, ampak tudi v prostoru.

Osnutek zakona je v delu, ki se nanaša na ocenjevanje vrednosti nepremičnin, prav tako neprimeren, ker cenilcu država (stranka v postopku) kot razlastitveni upravičenec predpisuje način ocenjevanja odškodnine v svojo korist. S predpisano obvezno uporabo posplošene tržne vrednosti pri ocenjevanju odškodnine prinaša neobjektivnost, pristranskost in neodvisnost cenilca, kar je v nasprotju z mednarodnimi standardi. UL FGG v zvezi s predlogom ZURP-2 podaja še nekatere pomembnejše ugotovitve in pripombe, ki pripravljavcu zakona lahko pomagajo izboljšati predlog sistemskih rešitev.

2. člen: Uporabljeni izrazi ponovno uvaja spremembe nekaterih že uveljavljenih izrazov oziroma ne odpravlja raznoterosti terminov, ki se v različnih zakonih uporabljajo za isti pojav. Tu izpostavljamo le dva primera. Prvi je gradbena parcela (funkcionalno zemljišče). Ob spremembah prostorske zakonodaje vidimo priložnost, da se uvede enoten pojem funkcionalnega zemljišča, pri čemer ga je seveda treba horizontalno poenotiti tudi v drugih področnih zakonodajah. Drugi izraz, katerega razlago izpostavljamo, je, navajamo: *»prostorski razvoj je uravnoteženo uresničevanje prostorskih potreb sedanje in prihodnjih generacij ob hkratnem upoštevanju konkurenčnosti in tržnih zakonitosti pri gospodarjenju s prostorom«*. Vsekakor je sporno upoštevanje le konkurenčnosti in tržnih zakonitosti pri gospodarjenju s prostorom. Kje je varovanje kulturne dediščine, naravnih vrednot, kmetijskih zemljišč, identitete prostora, varstvo pred naravnimi in drugimi nesrečami, če naštejemo le nekaj ključnih dejavnikov, ki jih je nujno upoštevati pri načrtovanju prostorskega razvoja? Prav tako je nezaželeno stalno uvajanje novih terminov glede na obstoječo zakonodajo (primer: razvojno območje naselja v 30. členu, posamična poselitve v 33. členu ipd.).

2. poglavje I. dela: Načela urejanja prostora: Pogrešamo tudi načelo zagotavljanja prostorske kohezije v skladu z evropsko Teritorialno agendo do 2020 (TA2020), ki postavlja temelje novi regionalni politiki Evropske unije, ki bo gradila na prostorskem pristopu in lokalnih značilnostih. Teritorialna agenda je prilagojena tudi krovnii strategiji Evropa 2020. Če evropske in nacionalne politike izhajajo iz značilnosti posameznih območij in se lahko prilagajajo lokalnim posebnostim, se ne izboljša samo njihova sprejemljivost v javnosti, temveč tudi možnosti za uspešno izvajanje (IPoP, <http://ipop.si/2011/05/25/evropa-poudarja-prostorski-pristop/>). Tudi evropske strategije se dejansko izvajajo na lokalni ravni, zato je prostorski vidik kohezijske politike ključen.

10 člen: Pristojnosti države in občin: če bi dejansko želeli uveljaviti prostorsko načrtovanje na regionalni ravni, bi morali v zakonu opredeliti tudi pristojnosti na regionalni ravni. Predlog zakona tega ne predvideva, zato se sprašujemo, ali bo učinek vpeljave prostorskih aktov na regionalni ravni kaj drugačen od obstoječe ureditve v Zakonu o prostorskem načrtovanju.

2. poglavje IV. dela: Prostorski akti: V poglavju so naštetii vsi prostorski akti in njihova razmerja (državni prostorski načrt, skupni prostorski akt oziroma skupna zasnova prostorskega razvoja, medobčinski izvedbeni prostorski akt oziroma regionalni prostorski načrt, občinski prostorski načrt, občinski

podrobni prostorski načrt in urbanistični načrt). Pozdravljamo odločitev, da je državni prostorski načrt spet vključen v sistemski zakon, kljub temu pa ugotavljamo, da predlog sistema prostorskih aktov še ni v celoti domišljen. Predlagamo, da pripravljavec zakona, na podlagi predlaganih rešitev, pripravi shemo vrst in hierarhične urejenosti prostorskih aktov ter preveri, ali celoten sistem vsebinsko zdrži.

V členih se mešajo pojmi skupna in regionalna zasnova prostorskega razvoja. Slednji v zakonu pred tem sploh ni opredeljen. Prav tako je uveden pojem posebne oblike sodelovanja države in občin (80. člen). Predvsem na regionalni ravni ni jasno, kakšno ureditev želi pripravljavec zakona sploh predlagati. Kakšna je vloga skupnega in kakšna medobčinskega prostorskega akta? Dober je predlog o usklajenosti regionalnega razvojnega programa in skupne zasnove prostorskega razvoja (in regionalnega prostorskega načrta). Kakšna je potem vloga medobčinskega prostorskega načrta? Menimo, da tako kot v dosedanjih zakonskih rešitvi tudi po morebitni uveljavitvi predlaganih rešitev v praksi ne bo zaživel.

Pozdravljamo ponovno uvedbo urbanističnega načrta in zazidalnega preizkusa, pogrešamo pa krajinsko zasnovo, ki je v Sloveniji že bila vključena v sistem prostorskega načrtovanja kot pomemben dokument urejanja odprtega prostora. Občinski prostorski načrt sam po sebi ne prinaša novih rešitev, ki bi bile nujne glede na razdrobljenost in velikost slovenskih občin. V tem delu smo pričakovali ustrežnejše rešitve, tudi v povezavi z uvedbo regionalne zasnove prostorskega razvoja. Občinski podrobni prostorski načrti so predlagani skoraj enako kot obstoječa rešitev. Na UL FGG se še vedno zavzemamo, da bi jih še enkrat vsebinsko opredelili glede na vsebino predlaganih rešitev (ureditveni, zazidalni, lokacijski načrt so bile rešitve, ki so v preteklosti že bile uveljavljene in prepoznane tudi v širši javnosti).

2.7 Odstopanja od prostorskih aktov: Menimo, da je takšen način dopuščanja odstopanj od določb prostorskih aktov nedopusten. Vsi prostorski akti so pripravljani na podlagi številnih analiz in strokovnih podlag, prikazanega stanja v prostoru, smernic in mnenj nosilcev urejanja prostora, v skladu s predpisi in pod budnim nadzorom pripravljavca prostorskega akta, ki skrbi tudi za zakonitost, torej morajo biti vse predlagane razvojne in prostorsko ureditvene rešitve takšne, da odstopanj načeloma ne more biti. To je primer poenostavljanja mimo preverjenih in utemeljenih strokovnih rešitev in postopkov, ki vodijo v stihijski razvoj prostora. Vnaprejšnje vgrajevanje takšnih odstopanj pa pomeni vnašanje nereda in stihijskega ter nenadzorovanega razvoja v prostoru, celo dopuščanje špekulativnih namer posameznih deležnikov oziroma investitorjev. Ali gre v resnici za legalizacijo črnih gradenj?

2 PRIPOMBE NA PREDLOG GRADBENEGA ZAKON (GZ)

Predlog Gradbenega zakona se osredotoča predvsem na gradnjo *»enostavnih stavb«*. Terminologija in definicije strokovnih izrazov, ki so uporabljeni v zakonu (že primer *definicije »stavbe«*), niso ustrezni in niso usklajeni z uveljavljeno strokovno terminologijo ter standardi na področju, ki ga ureja predlog gradbenega zakona. Po predlogu zakona so povsem prezrti gradbeni inženirski objekti, ki so veliko bolj kompleksni posegi v prostor kot stavbe. V obrazložitvi zakona predlagatelj namerno izpušča objekte iz naslova z obrazložitvijo, da je z novim zakonom želel zaobjeti tudi posege v prostor, ki niso objekti (priprava zemljišč, utrditve, izkopi ipd.). Po klasifikaciji objektov so te ureditve praviloma del inženirskih objektov ali pa so navedene kot samostojni objekti. Takšna neusklajenost terminologije in zakonodaje ima lahko resne posledice v praksi.

Zaskrbljujoče je, da v zakonu, po zgledu razvitih zahodnih držav, ni izpostavljena skrb za varno gradnjo, ki je pomembna tudi za zagotavljanje varnosti ljudi in zaščito pred nesrečami. Tu poudarjamo, da zakon ne predvideva projektiranja in izvajanja projektov geodetsko-inženirskega opazovanja zahtevnejših gradbenih objektov med gradnjo in po njej, kar je popolnoma nerazumljivo. Prav tako je nekoliko zapostavljen pomen pravilnega lociranja objektov v prostor – poudarjamo, da pri umeščanju objektov v prostor ni pomembna le topografija, ampak tudi lastništvo! V ta namen bi morali zahtevati za vsak projekt kakovostne geodetske podlage z ocenjeno kakovostjo podatkov in ustrezno katastrsko preureditvijo nepremičnin, na koncu gradnje pa preveritev stanja (odmik od sosednjih parcel, velikosti objektov) ter evidentiranje v nepremičninskih evidencah.

Novi predlog gradbenega zakona v fazi projektiranja predpisuje bistveno osredotočenost projektanta na tako imenovani glavni projekt (projekt za izvedbo; PZI), kar je smiselno, vendar obenem v zakonu ni nikjer razvidna potreba po reviziji takšnega projekta. Pojem »revizija« je opuščen, predlog novega zakona ga ne pozna več! Vodji gradnje (ki je lahko tudi projektant) je prepuščen strokovno-tehnični pregled, tudi za najpomembnejše objekte. Če je institut »vodja gradnje« pogojno še spremenljiv za stavbe, to nikakor ni sprejemljivo za zahtevne inženirske projekte. Kako si predlagatelji zakona predstavljajo uveljavitev vloge »vodje gradnje« v procesu graditve jedrske elektrarne, iz predloga zakona ni mogoče razbrati. Z navedenim novim izrazom »vodja gradnje«, ki v predlagani obliki pomeni veliko spremembo, deregulacijo in hkrati vpeljuje možnost konflikta interesov, pa ustvarja še dodatno in nepotrebno zmedo v dosedanjem poimenovanju. Narobe je, da se na tak (verjetno nepremišljen) način opušča skozi desetletja vzpostavljen sistem nadzora, mehanizmov za preprečevanje napak, vzpostavljanje zanesljive kontrole ... Prav pri zahtevnih objektih je smiselno, da se takšen »glavni projekt« obvezno pregleda (revidira) neodvisno pri drugem izdelovalcu (odgovornem revidentu) projektne dokumentacije. Takšen neodvisni pregled bi moral biti tudi korektno in uravnoteženo finančno ovrednoten, da je stimulacija odgovornega revidenta drugačna, kot je bila pri revizijah po sedanji in prejšnjih različicah zakona. Trenutno zakon predvideva revizijo projekta za gradbeno dovoljenje (PGD), kar je nesmiselno, saj odgovorni revident običajno ni pregledoval projektne dokumentacije, ki je bistvena za samo izvedbo (izvedbeni načrti).

V prilogi 1 k predlogu novega zakona sploh nista razvidni stopnja in zahtevnost posameznih postopkov za večje gradbeno-inženirske objekte (prometna infrastruktura z objekti; energetski objekti, kot so hidro- in termoelektrarne, jedrske elektrarne ...). Na koncu tabele so samo omenjeni »Drugi gradbeni inženirski objekti«, za katere pa tudi ni specificiranih stopenj in zahtevnosti. Da je zmeda pri razumevanju osnutkov zakona še večja: po terminologiji in klasifikaciji vrst objektov (Uradni list RS št. 33/2003) v kategorijo »drugi gradbeni inženirski objekti« spadajo prav posegi v prostor, za katere predlagatelj zakona pravzaprav utemeljuje izbris termina objekti v naslovu zakona.

V 24. stavku 2. člena gradbenega zakona je podana površna, necelovita in nerazumljiva opredelitev stavbe: *»stavba je objekt s streho, v katerega lahko človek vstopi, pri čemer ni nujno, da ima stene, ki je primeren za in namenjen zaščiti ljudi, živali in stvari«*. Naj navedemo opredelitev stavbe po sedaj veljavnem Zakonu o graditvi objektov: *»stavba je objekt z enim ali več prostorov, v katere človek lahko vstopi in so namenjeni prebivanju ali opravljanju dejavnosti«*, tudi v Evropski direktivi (2010/31/EU) je stavba opredeljena kot *»krita konstrukcija s stenami, v kateri se uporablja energija za zagotavljanje notranjih klimatskih pogojev«*.

Pripombe imamo na ukinitve oblike gradnje, kot je samogradnja oziroma gradnja v lastni režiji. Zakaj se je zakonodajalec odločil za to, nam ni poznano, posebej še, ker je ta oblika gradnje v upadanju in na splošno ni pereča težava gradbeništva v Sloveniji. Poleg tega bo ukinitve te oblike najbolj udarila po najrevnejšem sloju prebivalstva, takšnih, ki gradijo po korakih, kolikor jim dopuščajo finančna sredstva, tudi kmetih idr.

Določiti bi morali minimalne pogoje, ki jih morajo izpolnjevati izvajalci gradbenih del (tj. sklenitelji pogodb) za večja javna naročila, kot so: minimalno število zaposlenih, minimalno število inženirjev s pooblastilom po odgovornosti za vodenje del.

Predvsem priporočamo, da država najprej poskrbi za kakovost in urejenost pri lastnih investicijskih projektih, saj že sama z izbiro najcenejšega (projektanta, izvajalca ...) močno vpliva na kakovost izbora, pri tem pa ne upošteva morebitnega mreženja in različnih povezav med deležniki (investitorji, izvajalci, inženirskimi podjetji ...). V izogib tem težavam predlagamo, tako kot v urejenih državah, da bi smele v verigi izvajalcev in podizvajalcev obstajati največ tri ravni (tj. glavni izvajalec s svojimi podizvajalci, ti pa naprej samo še z eno ravno). Tako bi se izognili težavam, ko že na samih razpisih in natečajih zmagajo inženirska podjetja, ki z izvajanjem gradbenih del nimajo nič, vso izvedbo oddajo naprej, z drobljenjem in množico podpogodbениkov pa se v verigi pogosto izgubijo plačila. Zagotovili bi enakopravnost in preglednost nastopa potencialnih izvajalcev na trgu, saj v zadnjem času dela pridobivajo predvsem inženirska podjetja, ki jih praviloma v celoti oddajo podizvajalcu in verižno naprej.

Nujno bi bilo treba uvesti pregleden in pravičen mehanizem priznavanja dosedanjih referenc izvajalcev del in tudi strožje dodatno vseživljenjsko izobraževanje pooblaščenih inženirjev.

3 PRIPOMBE NA PREDLOG ZAKONA O POOBLAŠČENIH ARHITEKTIH IN INŽENIRJIH (ZPAI)

V prvem odzivu UL FGG na ZPAI, ki smo ga pripravili že januarja, smo izpostavili, da se v razvitih državah zakonodaja na področju graditve objektov razvija v smeri strogega inženirskega pristopa, s poudarkom na zagotavljanju varne gradnje in stabilnosti objektov, na področju prostorskega načrtovanja v smeri interdisciplinarnosti, na področju regulacije inženirske dejavnosti se urejajo inženirske kompetence, področje državne geodetske službe pa se ne meša v to skupino in se ureja z državnimi/deželnimi pooblastili.

V predlogu zakonodaje pogrešamo najprej enakopravno obravnavo gradbene, geodetske in prostorsko načrtovalske stroke z ostalimi strokami. Deregulacija poklica gradbenega inženirja, zapostavljenost gradbenih inženirskih objektov, ukinitve revizije projektov, nižanje zahtevane izobrazbe za gradbenega inšpektorja in sporna vloga vodje gradnje so nesprejemljivi predlogi, saj bodo imeli, če bodo sprejeti v tej obliki, nevarne posledice za varnost in kakovost objektov ter posledično za življenje in zdravje državljanov. Podobno sta nesprejemljiva predloga glede vloge in regulacije geodetske in prostorsko načrtovalske stroke v povezavi z graditvijo objektov, saj se zanemari pomen umeščanja objektov v prostor. Z vidika varovanja in urejanja prostora se zanemari vloga prostorsko načrtovalske stroke, z vidika relacije med subjekti in zemljišči pa se popolnoma zapostavlja tudi vloga geodetskega inženirstva in inženirskega nadzora pri graditvi objektov za zagotavljanje kakovosti in varnosti objektov. Na UL FGG takemu nevarnemu razvrednotenju gradbeno-inženirske, geodetsko-inženirske in prostorsko načrtovalske stroke ostro nasprotujemo.

V stališču UL FGG na celoten sklop predloga zakonodaje smo želeli dodatno opozoriti na še nekatere pomanjkljivosti. Nerazumljivo je prenašanje različnih nalog (storitev) med strokami – tako lahko pooblaščen arhitekt po tem predlogu zakona med drugimi izvaja geodetske storitve! Prav tako je nerazumljivo deljenje nazivov na pet skupin, kjer se gradbeništvo enostavno izgubi v »inženirstvu«. Zakon se nanaša na področje graditve objektov in nikjer v zakonu ni izrecno omenjenih inženirjev gradbeništva, katerih prvobitna dejavnost je prav umeščanje objektov v prostor. Iz dikcije zakona je razvidno, da so gradbeniki in gradbeništvo nasploh uvrščeni v amorfno strukturo »inženirjev«, ki so po predlogu zakona v podrejenem položaju glede na arhitekta. Vse, kar zakon gradbenikom in ostalim inženirjem dovoljuje (4. člen), je, da lahko pooblaščen inženir sodeluje s pooblaščenim arhitektom in pooblaščenim krajinskim arhitektom pri izvajanju nalog, opredeljenih v določilih taistega člena v zakonu. To pomeni, da so gradbeni inženirji, ki so edini od vseh inženirskih strok usposobljeni za upravljanje zahtevnih inženirskih projektov, postavljeni v vlogo pomočnikov, če dosledno beremo zakonska določila, arhitektom in krajinskim arhitektom pri, na primer, gradnji jedrske centrale. Tu bi se morala končati vsaka resna razprava in tu pozivamo pisce predloga zakona k malo več samorefleksiji. Naj vsak udeleženec v procesu graditve opravlja delo, za katero je usposobljen, in naj bodo vsebine prioriteta, ne forma. Žal predlagatelji zakona dalj od tega ne vidijo.

Geodetsko pooblastilo se nanaša le na delček geodetske dejavnosti (»le na evidentiranje nepremičnin«), kar kaže, da predlagatelj zakona sploh ne pozna obsega geodetske dejavnosti in storitev. Med drugim je zakon neuskladen s številnimi veljavnimi zakoni ali pa grobo posega vanje (Zakon o geodetski dejavnosti, Zakon o evidentiranju nepremičnin, Zakon o državnem geodetskem referenčnem sistemu itn.). Kaj je s storitvami evidentiranja GJI, topografije, fotogrametrije, geodetskimi deli na geodetskem referenčnem sistemu (ta definira osnovo za umeščanje prostorskih podatkov v referenčni sistem, sicer ne bi bilo mogoče uporabljati različnih prostorskih podatkovnih nizov!), inženirske geodezije, ključno področje za ustrezno umeščanje objektov v prostor, za spremljanje gradnje in deformacij objektov/premikov po končani gradnji? Nejasne so prehodne odločbe, to je status odgovornih inženirjev in drugih strokovnjakov z licencami pri IZS in ZAPS.

Področje geodetske dejavnosti, ki se ga le delno dotakne ta zakon (storitve po zakonu, ki ureja evidentiranje nepremičnin), bi moralo biti urejeno tako, da bi »pooblastila« za izvajanje katastrskih postopkov izdala Geodetska uprava RS, ta bi morala biti tudi pristojna za nadzor. Postopki evidentiranja nepremičnin in postopki katastrskega preurejanja nepremičnin so izredno zahtevno področje geodetske dejavnosti, kjer se odloča o lastninski in drugih stvarnih pravicah v prostoru, lastninska pravica pa je ustavno zaščitena pravica! Inženirska geodezija in druga že navedena področja geodetske dejavnosti so tista, ki bi jih bilo treba urejati v zakonu o pooblaščenih inženirjih!

Opozarjamo tudi na neustreznost ureditve pooblaščenega prostorskega načrtovalca, saj je opredeljen prezko in je prav tako v podrejenem položaju do arhitektov in krajinskih arhitektov. Prvi med vsemi bi moral zakonodajalec poznati vsebino študijskih programov, ki določajo cilje in kompetence, ki jih pridobijo študenti ob dokončanju študija. Zato še enkrat poudarjamo, da predvidena pooblastila v okviru pridobljenih pravic v 58. členu ZPAI strokovnjake na področju prostorskega načrtovanja, ki so končali različne, vendar ustrezne študijske programe s tega področja, obravnava NEENAKOPRAVNO. Prav tako se PRISTRANSKOST sedanjega ZGO-1 do poklica prostorskega načrtovalca prenaša v nov zakon.

Zaradi vsega navedenega zakonodajalcu ponovno predlagamo, da področje dela prostorskih načrtovalcev uredi v skladu z veljavnimi učnimi načrti študijskih programov in poda polna pooblastila tudi magistratom prostorskega načrtovanja. Prav tako opozarjamo, da morajo biti poklicne naloge pooblaščenega prostorskega načrtovalca opredeljene za vodenje in izdelavo VSEH prostorskih aktov NA VSEH RAVNEH in ne le za na sodelovanje pri izdelavi izvedbenih in strateških prostorskih aktov.

Opomba: Dokument je pripravila delovna skupina, ki so je na UL FGG imenovali študijski odbori posameznih oddelkov (po abecednem vrstnem redu): *viš. pred. mag. Mojca Foški, asist. Peter Kante, doc. dr. Božo Koler, doc. dr. Andrej Kryžanowski, doc. dr. Roman Kunič, izr. prof. dr. Anka Lisec in doc. dr. Alma Zavodnik Lamovšek.*



prof. dr. Matjaž Mikoš

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

PUBLIKACIJA KULTURA PROSTORA IN GRADITVE ZDAJ!

PUBLICATION »KULTURA PROSTORA IN GRADITVE ZDAJ!«

Tomaz Černe

Inženirji in geodeti, arhitekti in krajinski arhitekti, prostorski načrtovalci in geografi, povezani v skupino Odgovorno do Prostora!¹ (OdP!), smo se poenotili v prizadevanjih za urejen prostor ter kakovostno, varno in trajnostno gradnjo. Dokaz za to je publikacija Kultura prostora in graditve zdaj!, ki je bila izdana januarja 2016 in predstavljena javnosti na odmevni tiskovni konferenci 16. 3. 2016 v slavnostni dvorani Fakultete za gradbeništvo in geodezijo.



Slika 1: Tiskovna konferenca na UL FGG 16. 3. 2016.

¹ Partnerji projekta *Odgovorno do prostora!* so: Zbornica za arhitekturo in prostor Slovenije, Inštitut za politike prostora, Fakulteta za arhitekturo – katedra za urbanizem, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Filozofska fakulteta – Oddelek za geografijo, Oddelek za krajinsko arhitekturo pri Biotehniški fakulteti, Inženirska zbornica Slovenije, Društvo urbanistov in prostorskih planerjev Slovenije, Društvo krajinskih arhitektov Slovenije, Zveza geodetov Slovenije in Društvo arhitektov Pomurja. Projekt je v izhodišču podprlo več kot 200 posameznikov, ki strokovno delujejo na področju urejanja prostora.

Skupina Odgovorno do prostora! je bila oblikovana na podlagi sklepov odmevnega posveta vseh strok v državnem svetu v začetku leta 2010. V šestih letih delovanja je partnerstvo izvedlo kar 58 aktivnosti: dogodkov, odzivov na aktualna dogajanja in predpise, izjav za javnost, pozivov vladi in tiskovnih konferenc. Stroka tako vseskozi dosledno in javno sporoča, zakaj in kako so nekatera ravnanja in predpisi škodljivi za slovensko družbo in prostor. Aktivnosti OdP! lahko spremljamo na spletnih straneh OdP! na naslovu http://www.zaps.si/index.php?m_id=odgovorno_do_prostora.



Slika 2: Publikacija Kultura prostora in graditve zdaj! (levo) je izdala skupina Odgovorno do Prostora! (desno).

Publikacija Kultura prostora in graditve zdaj! je vnovični poskus združene stroke, da zbudi odgovornost politike za razmere v prostoru, da prekine prakso kratkoročnih in ozkogledih rešitev ter obnavljanja pri načrtovanju sprememb. Čas, način in vsebina delovanja skupine OdP! dajejo publikaciji kredibilnost in moč, ki bi morala zdramiti širšo javnost in zbuditi zanimanje politike. S publikacijo stroka sporoča javnosti in politiki, da je oblikovana intelektualna platforma, ki se zaveda usodnosti razmer, razume njihov negativni vpliv na okolje, prostor in narodno gospodarstvo. Predvsem pa, da stroka pozna rešitve.

V publikaciji so na začetku postavljena temeljna izhodišča, na katerih temelji njena vsebina. Sledi ocena stanja, opisani pa so tudi temeljni razlogi za slabo stanje v prostoru. Osrednji del publikacije sestavljajo cilji, usmeritve in predlogi za izboljšanje stanja na področju urejanja prostora in graditve objektov.

Pomembna vloga za povečanje kulture prostora in graditve je namenjena geodetski stroki. V publikaciji je združena stroka zaznala izjemen pomen geodezije za prostorski razvoj Slovenije. Avtorji ugotavljajo, da je bila geodetska služba odpeljana iz lokalnega okolja, čeprav je tam zelo dobro sobivala z deležniki urejanja prostora in zagotavljala podatkovno infrastrukturo. Nekatere ključne evidence prostorskih podatkov so bile opuščene, druge pa vsebinsko osiromašene, kar je sedaj nepremostljiva ovira za učinkovito urejanje prostora in izvajanje zemljiških ukrepov. Posebna težava je neobstoje evidence stavbnih zemljišč in gradbenih parcel, kar onemogoča snovanje in

izvedbo pravih ukrepov zemljiške politike. Čeprav smo v evidence vlagali sredstva, se z njihovo nadgradnjo ni povečala njihova uporabnost na področju urejanja prostora. Zemljiški kataster se oddaljuje od smernic mednarodne zveze geodetov (FIG), ki predvidevajo razvoj zemljiškega katastra v večnamensko zbirko podatkov o zemljiščih.



2. TEMELJNA IZHODIŠČA

2.1 ODGOVORNO RAVNANJE S PROSTOROM JE IZJEMNO POMEMBNO ZA DRUŽBO

- Ker je prostor omejena dobrina. • da l in t
- Ker sta grajen prostor in krajina, tako kot jezik in umetnost, izredno pomembna gradnika identitete družbe. • da l stat
- Ker urejen grajen prostor in vitalna krajina omogočata kakovostno bivanje ter trajnost in konkurenčen gospodarski razvoj družbe. • da l kot

2.2 POTREBEN JE SPLOŠEN DRUŽBENI DOGOVOR O PROSTORSKI KULTURI IN KULTURI GRADITVE

- Ker je kakovost naravnega in grajenega okolja eno ključnih težišč javnega interesa; • da l z er neg
- ker je treba urejati prostor in graditi celovito, razvojno in vzdržno; • da l dit kor
- ker je treba na vseh področjih preprečiti nadaljnjo neodgovorno rabo prostora, ki povzroča dolgoročne posledice in tudi nepovratno škodo. • da l P o g pre

Slika 3: Temeljna izhodišča, predstavljena v publikaciji Kultura prostora in graditve zdaj!

Na podlagi zgornjih ugotovitev so oblikovani naslednji cilji in ukrepi, ki jasno začitujejo razvoj geodezije v naslednjih letih:

1. Vzpostavitev lokalne geodetske službe. Za vse občine oziroma za več občin skupaj je treba zagotoviti izvajanje določil predpisov s področja geodetske dejavnosti o vzpostavitvi lokalne geodetske službe. Lokalna geodetska služba mora biti sposobna občinam zagotavljati vso ustrezno operativno, strokovno in informacijsko podporo na področju zajema, vodenja in uporabe podatkov o nepremičninah in prostoru. Zato mora prevzeti nalogo zbiranja in vodenja podatkov, pomembnih za področje upravljanja zemljišč, urejanja prostora in graditve objektov na lokalni ravni, zajem in izboljšavo podatkov, pomembnih za občine, izvajanje zemljiških operacij, povezovanja ter usklajevanja z državno geodetsko upravo in drugimi občinami ter vodenje sistema zemljiške administracije na lokalni ravni.

2. Ustrezne parcelacije in komasacija. Treba je izdelati analizo učinkovitosti zemljiških ukrepov, uvedenih pred dobrim desetletjem z Zakonom o urejanju prostora (prepoved parcelacije, komasacija stavbnih zemljišč, razlastitev ipd.), ter jih nadgraditi.

3. Evidenca stavbnih zemljišč. Uvesti moramo kazalnike za spremljanje stanja prostora, ki omogočajo spremljanje stanja na trgu nepremičnin, da bi lahko pravočasno ukrepali z zagotavljanjem zadostne ponudbe opremljenih gradbenih zemljišč na ustreznih lokacijah. Treba bi bilo spremljati pozidanost stavbnih zemljišč (členitev na zazidana in nezazidana stavbna zemljišča) in območij prenove zaradi določitve prostorskih zmogljivosti za razvoj investicij. Uvesti je treba model vrednotenja stavbnih zemljišč na podlagi razvojne stopnje, ki naj odraža javna in zasebna vlaganja v razvoj teh zemljišč ter njihovo opremljenost z ustreznimi izvedbenimi prostorskimi akti, komunalno opremo, soglasji in dovoljenji.

Brez ustreznih podatkov o stavbnih zemljiščih žal ni učinkovite zemljiške politike na tem področju. Zato je treba čim prej začeti sistematično zbirati podatke o zazidanih in nezazidanih stavbnih zemljiščih in dejanski rabi urbanih zemljišč.

V praksi se vsakodnevno kaže potreba po teh podatkih na lokalni ravni, predvsem za zagotavljanje učinkovitega gospodarjenja s prostorom. Pomanjkanje teh podatkov je tako na primer v letu 2014 med drugim vplivalo na presojo ustavnega sodišča RS v zvezi z Zakonom o davku na nepremičnine. Rešitev se kaže v vzpostavitvi in vzdrževanju evidence stavbnih zemljišč, ki bi morala postati ena prvih prednostnih nalog resornega ministrstva na področju dokončne vzpostavitve prostorskega informacijskega sistema. Evidenca stavbnih zemljišč se mora voditi v zemljiškem katastru in mora vsebovati podatke o zazidanih stavbnih zemljiščih (funkcionalna območja že zgrajenih objektov ter gradbene parcele obstoječih in načrtovanih objektov) in nezazidanih stavbnih zemljiščih, razvrščenih v različne razvojne stopnje, glede na stopnjo komunalne opremljenosti oziroma glede na zmožnost pridobitve gradbenega dovoljenja.

4. Vzpostavitev večnamenskega katastra. Poleg vključitve podatkov o stavbnih zemljiščih je treba zemljiški kataster nadgraditi v večnamenski kataster, kot je določen v smernicah mednarodne zveze geodetov (FIG), imenovanih Kataster 2014. V teh smernicah je zapisano, naj kataster vključuje tudi podatke o javnopravnih omejitvah in režimih. Takšen kataster mora postati jedro učinkovitega upravljanja zemljišč (angl. fit for purpose land-administration). Cilj, ki si ga mora Slovenija postaviti na področju razvoja katastrskega sistema, mora biti vzpostavitev zemljiške administracije, ki bo učinkovito služila vsem namenom in potrebam državljanov in organizacij na področju gospodarjenja z zemljišči in urejanja prostora. S takšnim sistemom bo tudi mogoče učinkovito usklajevati interese v prostoru ter urejati razmerja med prostorskimi akti ter varovanji in omejitvami po posebnih predpisih.



4.4.6 VZPOSTAVITEV EVIDENCE STAVBNIH ZEMLJIŠČ, VEČNAMENSKEGA KATASTRA IN SISTEMA ZEMLJIŠKE ADMINISTRACIJE

Trg nepremičnin lahko deluje učinkovito le ob pogoju uravnotežene ponudbe in povpraševanja, ki jo je mogoče zagotavljati s stalnim spremljanjem in ukrepanjem. Ustrezna ponudba opremljenih stavbnih zemljišč na primernih lokacijah je eden ključnih pogojev za uravnotežen prostorski razvoj Slovenije.

Uvesti je treba kazalnike za spremljanje stanja prostora, ki omogočajo spremljanje stanja na trgu nepremičnin, da bi lahko pravočasno ukrepali z zagotavljanjem zadostne ponudbe opremljenih gradbenih zemljišč na ustreznih lokacijah. Treba bi bilo izvajati spremljanje pozidavnosti stavbnih zemljišč (dnevitv med zazidanimi in nezazidanimi stavbnimi zemljišči) in območij prenove zaradi določitve prostorskih kapacitet za

Slika 4: Vzpostavitev večnamenskega katastra je eden izmed ukrepov, predstavljenih v publikaciji Kultura prostora in graditve zdaj!

5. Izvajanje direktive INSPIRE. Za učinkovito spremljanje stanja v prostoru in za upravljanje prostora bo nujno vzpostaviti infrastrukturo za prostorske informacije, ki bo vsebovala kakovostne in enostavno dostopne zbirke prostorskih podatkov in standardizirana pravila za njihovo medopravilnost in souporabo. Vzpostavitev takšnega sistema je predvidena tudi v Direktivi Evropskega parlamenta in Sveta o vzpostavitvi infrastrukture za prostorske informacije v Evropski skupnosti, imenovani tudi direktiva

INSPIRE. V infrastrukturi za prostorske informacije, ki jo v skladu z direktivo INSPIRE gradimo v Republiki Sloveniji, je treba upoštevati predvsem potrebe, ki jih imamo na področju urejanja prostora in graditve objektov.

Izraz podpore za opravljeno delo in prizadevanja avtorjev publikacije je s častnim pokroviteljstvom vsem dogodkom, povezanim s publikacijo, ki jih bodo izvajali partnerji OdP!, izkazal tudi predsednik Republike Slovenije Borut Pahor.



SEZNAM DIPLOM NA ODDELKU ZA GEODEZIJO UL FGG

OD 1. 11. 2015 DO 31. 1. 2016

Teja Japelj

»Šola je bila vedno najpomembnejši medij za prenašanje bogastva tradicije z generacije na generacijo. Danes to morda velja še toliko bolj, ker je zaradi razvoja ekonomije pomen družine kot nosilca tradicije oslavljen. Nadaljevanje in zdravje človeške družbe je torej še toliko bolj odvisno od šol.« (Albert Einstein)

V 21. stoletju naj bi bilo znanje največ vredno premoženje institucij. Predavatelji imajo veliko znanja, ki ga modro delijo z drugimi glede na dejstva, spretnosti in veščine, pridobljene z izkušnjami in izobraževanjem. Naj tudi vsi naši diplomanti ne pozabijo, da znanje pridobi pravo vrednost le, če je modro uporabljeno, če je uporabljeno razumno. Modrost je usmerjena v dobro sebi in drugim, njen smisel je v tem, da jo vnašamo v načrtovanje, urejanje življenja, medsebojnih odnosov ter srečne in pravične družbe. Naj vsi naši diplomati razumejo znanje kot kapital, saj je v družbi znanja to eden najpomembnejših virov.

Visokošolski študijski program geodezije so končali tri študenti, prvostopenjski študijski program tehnično upravljanje nepremičnin dva študenta ter drugostopenjski študijski program geodezija in geoinformatika pet študentov.

VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJSKI PROGRAMI GEODEZIJE

Miha Ovca: Množična izboljšava zemljiškega katastra s postopkom nove izmere

Mentorica: izr. prof. dr. Anka Lisec

Somentor: viš. pred. dr. Miran Ferlan

http://drugg.fgg.uni-lj.si/5423/1/GEV417_Ovca.pdf

Darko Pavlovič: Geodetska dela pri izgradnji montažnega objekta

Mentor: doc. dr. Božo Koler

http://drugg.fgg.uni-lj.si/5437/1/GEV419_Pavlovic.pdf

Petra Škulj: Strokovne podlage za oblikovanje zemljiške politike v občini Ribnica

Mentorica: izr. prof. dr. Maruška Šubic Kovač

Somentor: asist. mag. Matija Polajnar

http://drugg.fgg.uni-lj.si/5424/1/GEV418_Skulj.pdf

TEHNIČNO UPRAVLJANJE NEPREMIČNIN, 1. STOPNJA

Katarina Vidmar: Analiza sprememb gospodarskega profila občin Slovenije
 Mentor: viš. pred. mag. Samo Drobne
 Somentorica: doc. dr. Alma Zavodnik Lamovšek
http://drugg.fgg.uni-lj.si/5438/1/BTU055_Vidmar.pdf

Tomaž Šuštar: Določitev nevertikalnosti zvonika v Črnem Kalu
 Mentor: doc. dr. Božo Koler
 Somentor: asist. Tilen Urbančič
http://drugg.fgg.uni-lj.si/5409/1/BTU054_Sustar.pdf

GEODEZIJA IN GEOINFORMATIKA, 2. STOPNJA

Maša Boh: Analiza postopkov urejanja in registriranja nepremičnin v sistemu zemljiške administracije v Sloveniji
 Mentorica: izr. prof. dr. Anka Lisec
 Somentorica: Janja Borec Merlak, univ. dipl. inž.
http://drugg.fgg.uni-lj.si/5393/1/BGD006_Boh.pdf

Jernej Nejc Dougan: Samodejno prepoznavanje prehodov za pešce na digitalni sliki
 Mentorica: doc. dr. Mojca Kosmatin Fras
 Somentor: asist. dr. Dejan Grigillo
http://drugg.fgg.uni-lj.si/3960/1/BGG013_Dougan.pdf

Tina Golob: Vzpostavitev geodetske mreže za spremljanje stabilnosti melišča na Potoški planini
 Mentor: doc. dr. Božo Koler
 Somentor: asist. Tilen Urbančič
http://drugg.fgg.uni-lj.si/5399/1/BGD008_Golob.pdf

Urša Poglajen: Prostorske analize podatkov Reševalne postaje UKC Ljubljana
 Mentor: prof. dr. Goran Turk
 Somentor: viš. pred. mag. Samo Drobne
http://drugg.fgg.uni-lj.si/3980/1/BGG022_Poglajen.pdf

Danijel Vinko: Zmožnosti in uporabnost Topcon Hybrid Positioning sistema v detajlni izmeri in detajlni zakoličbi
 Mentor: izr. prof. dr. Dušan Kogoj
 Somentor: prof. dr. Bojan Stopar
http://drugg.fgg.uni-lj.si/5426/1/BGD010_Vinko.pdf

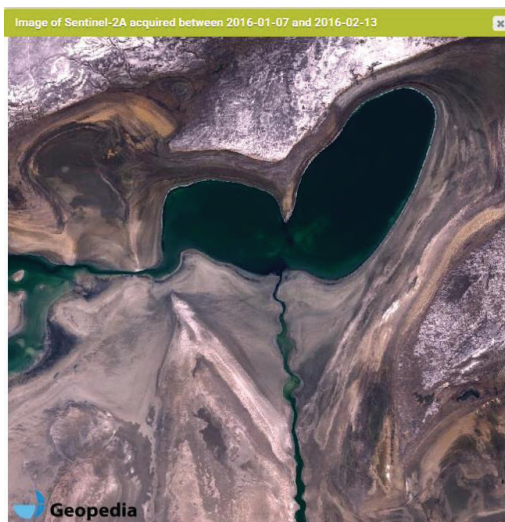
GEO & IT NOVICE

Aleš Lazar, Klemen Kregar

Podatki s satelita Sentinel-2A so že na voljo

Evropska vesoljska agencija (ESA) je 23. junija 2015 izstrelila satelit **Sentinel-2A**, drugega iz družine Sentinel. Ortorektificirani posnetki iz podatkov, ki jih na Zemljo pošilja ta satelit, so brezplačni in javno dostopni.

Multispektralni senzor na Sentinelu-2A zajema svetlobo v 13 kanalih z različnimi prostorskimi ločljivostmi. Prostorska ločljivost rdečega, zelenega, modrega in bližnje infrardečega kanala je 10 metrov. Podatki ostalih kanalov v infrardečem delu spektra se zajemajo s prostorsko ločljivostjo 20 metrov, atmosferski podatki pa z ločljivostjo 60 metrov. Čas ponovnega obiska satelita nad ekvatorjem je deset dni in se proti poloma skrajša zaradi večjega prekrivanja pasov snemanja. Predvideno je, da se bo konec leta 2016 satelitu v orbiti pridružil še drugi satelit iz para, tj. Sentinel-2B. S tem se bo čas vnovičnega obiska skrajšal na največ pet dni. Izkazalo se je, da je velik del Evrope že sedaj, ko je v orbiti samo en satelit, posnet vsakih pet dni. V naslednjem letu lahko torej na območju Slovenije pričakujemo nove podatke vsakih dva do tri dni.



Od konca novembra, ko je začela ESA distribuirati podatke, so na voljo posnetki, ki pokrivajo več kot 1,3 milijarde kvadratnih kilometrov površine (približno 75 trilijonov pikselov). To pomeni približno devetkratno površino kopenskega dela Zemlje, medtem ko posnetki oceanov niso na voljo. S tako veliko količino podatkov ni enostavno operirati. ESA je za namen njihove distribucije vzpostavila svoje znanstveno središče **Scientific Hub**. Zanimanje za podatke je izredno veliko, zato so imeli pri ESA kar nekaj težav z zagotavljanjem nemotenega delovanja storitve.

Da bi uporabnikom olajšali dostop do podatkov, so v slovenskem podjetju Sinergise ob pomoči ponudnika oblačne platforme Amazona celoten

arhiv podatkov prenesli na AWS (Amazon Web Service, <http://sentinel-pds.s3-website.eu-central-1.amazonaws.com/>). Tam lahko uporabniki z nastavitvijo časovnega intervala zajema podatkov in največjega odstotka dovoljene oblačnosti poiščejo podatke, ki jih zanimajo, ter jih prek brskalnika prenesejo na računalnik. Za prvi vpogled v podatke in širši krog uporabnikov pa je morda še bolj zanimiva njihovo

va spletna aplikacija Razglednice iz vesolja (<http://www.sentinel-hub.com/apps/postcards/>). Aplikacija omogoča enostaven vpogled v posnetke na izbrani lokaciji in z izbranimi nastavitvami, na voljo pa so tudi različni prikazi, narejeni s kombinacijami posnetkov iz različnih kanalov (npr. lažni barvni prikaz, indeks NDVI ...).

Podatki Sentinel-2 ponujajo veliko možnosti, med drugim so uporabni za spremljanje stanja vegetacije, analizo sprememb rabe in pokrivnosti tal ter kartiranje naravnih tveganj in posledic naravnih nesreč. Del odgovornosti in priložnost za njihovo uporabo je s tem, ko so podatki tako lahko dostopni, tudi na vsakem izmed nas.

Vir: Sinergise, februar 2016 – <http://www.sentinel-hub.com/>; ESA, februar 2015 – <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/home>

Lasersko skeniranje asteroida Bennu

Septembra 2016 je načrtovana izstrelitev sonde OSIRIS-REx, ki bo premerila asteroid Bennu, pristala na njem in se vrnila z vzorcem materiala. Ameriška in kanadska vesoljska agencija NASA in CSA bodo skupaj z Univerzo v Yorku na svojo sondo **OSIRIS-REx** (*Origins-Spectral Interpretation Resource Identification-Security-Regolith Explorer*) namestili laserski skener OLA (angl. OSIRIS-REx Laser Altimeter), ki so ga zasnovali v podjetju Teledyne Optech.

Med približevanjem sonde asteroidu bo OLA (angl. OSIRIS-REx Laser Altimeter – laserski višinomer) skenirala površje asteroida in izdelala visoko ločljiv 3D-načrta Bennuja, ki bo znanstvenikom pomagal razumeti njegovo morfologijo in izbrati najprimernejši kraj za pristanek sonde. Bennu je karbonaten asteroid, ki se od rojstva našega osončja najverjetneje ni veliko spreminjal, zato znanstveniki upajo, da bo misija ponudila vpogled v razvoj našega osončja.

OLA je opremljen s hitrim zrcalom za skeniranje in dvema ločenima laserjema. Medtem ko so na prejšnjih misijah laserski razdaljemer uporabljali le za določanje oddaljenosti sonde od asteroida, bo OLA s skenersko tehnologijo razširila meritve po celotni površini Bennuja. Laser velikega dosega za meritve, daljše od sedmih kilometrov, bodo uporabljali med približevanjem sonde asteroidu, laser kratkega dosega, ki izmeri 10.000 točk na sekundo, pa bo skeniral površje, ko bo sonda v bližnji orbiti.

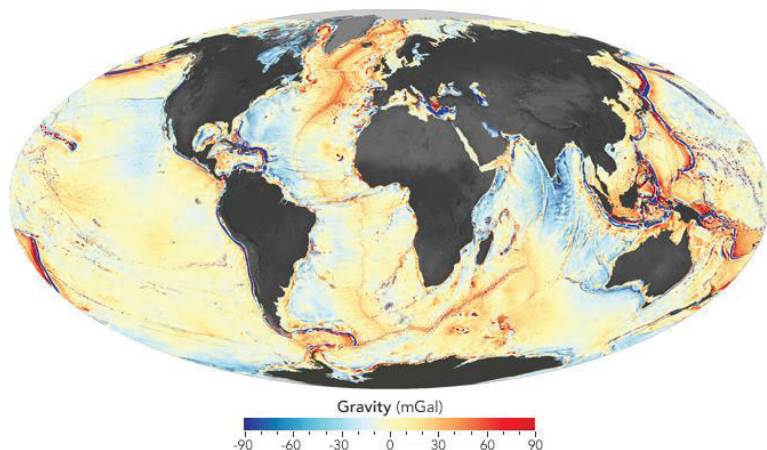
OLA ni prvi Teledynov instrument, ki bo potoval v vesolje. Izdelali so že atmosferski lidar za NASIN Phoenix Mars Lander, ki je odkril pomembne informacije o vremenu na Marsu, tudi dokaz, da na tem planetu sneži. Poleg tega so v podobni nalogi izdelali »rendezvous lidar« za satelite XSS-11 raziskovalnega laboratorija ameriških zračnih sil. Lidar je uspešno sledil drugim satelitom v orbiti ter ocenjeval možnosti za pristajanje na satelitu in njegovo servisiranje.

Vir: Teledyne Optech, februar 2016 – <http://www.teledyneoptech.com>

Kartiranje morskega dna z meritvami gravitacije

Raziskovalci so izdelali karto morskega dna za ves svet z novim tipom podatkov. Karta je posebna, saj so za prikaz morskih tal uporabili podatke o Zemljinem gravitacijskem polju. Uporabna je za podmornice, ladje in druge, ki potrebujejo navigacijo pod in nad gladinami oceanov, saj so nekartirana območja vedno problematična za raziskovalce in vse, ki bi radi delali ali potovali po morjih.

Gravitacijska karta morskega dna je poleg navigacije uporabna tudi za znanstvenike, ki se ukvarjajo s premikanjem kontinentalnih polc in tektonskih plošč. To neposredno vpliva na podvodne formacije, kot so doline, bazeni in gorovja, s preučevanjem podmorske geografije pa se lahko naučimo, kako so premiki ustvarili današnjo podobo Zemljinega površja. S karto je mogoče odkriti območja z netipično gravitacijo. Takšne anomalije so na primer našli v Indijskem oceanu.



na katerih bi se lahko pojavljali potresi. Preučevanje gibanja plošč in območij pričakovanih trkov znanstvenikom omogoča, da nadaljujejo poskuse napovedovanja potresov.

Vir: GIS Lounge, februar 2016 – <https://www.gislounge.com>

RISCAN PRO 2.2

Rigel je izdal posodobitve svojih programov za obdelavo podatkov terestričnega laserskega skeniranja. Posodobitev vključuje številne nadgradnje, najpomembnejši pa je nov format za Riegelovo točkovno bazo (RDB 2.0), ki oblaku točk omogoča nove in napredne zmogljivosti.

Slika prikazuje oblak točk Koloseja, zajet z instrumentom Riegl VZ-400, ki so pobarvane glede na reflektivnost, amplitudo, razpršenost, pravo barvo, število odbojev žarka in višino.

V novi verziji programa je mogoče s funkcijo »Level of Detail« (raven podrobnosti) simultano prikazovati in upravljati ogromne datoteke, stotine skenogramov in milijarde točk. Novi program omogoča uporabniku hitro preklapljanje med



različnimi tipi prikazovanja točk glede na njihove atribute, kar zagotavlja impresivno stopnjo vizualizacije podatkov.

Značilna je tudi posodobitev funkcije za filtriranje, ki po novem podpira vse atribute iz celega postopka obdelave oblaka. To pomeni, da tudi oblak točk, sestavljen iz različnih skenogramov, ohrani vse atribute, kot so reflektivnost, število odbojev in deviacije.

V tandemu s programi za obdelavo podatkov terestričnega laserskega skeniranja je izdan tudi format RDB 2.0 SDK za podporo programskim paketom drugih razvijalcev. Novi format postavlja temelj za rast dodatnih zmogljivosti za povečanje števila hkratnih delovnih postopkov. Z dodatnimi metapodatki bo vključeval možnosti pozicioniranja in georeferenciranja oblakov točk.

Vir: Riegl, februar 2016 – <http://www.riegl.com>; Geoinformatics, februar 2016 – <http://www.geoinformatics.com>

YellowScan Surveyor

Francosko podjetje YellowScan trdi, da je februarja 2016 izdalo najlažjo in najnatančnejšo LIDAR UAS integrirano platformo, ki nosi ime **YellowScan Surveyor**. Platforma meri 100 mm x 150 mm x 140 mm in je prirejena za srednje velike brezpilotne letalnike (UAV), ki jih najpogosteje uporabljajo geodetska podjetja. Skupaj z baterijo tehta le 1,5 kilograma. Iz specifikacije je razvidno, da je na platformi nameščena lidarska naprava **Velodyne Puck (VLP-16)**, ki tehta 830 gramov. Hitrost aerolaserskega skeniranja znaša 300.000 točk/sekundo (300 kHz). Merilni doseg aktivnega laserskega žarka znaša 100 metrov. Priporočljivo je izvajanje 3D-skeniranja na višini od 20 do 60 metrov.

Za pozicioniranje in orientiranje prostorskih podatkov je na platformo nameščena skrbno izbrana komponenta **Applanix APX15**. Komponenta s senzorji za GNSS in IMU meri 6 cm x 6,7 cm ter tehta 60 gramov. Na podlagi celotne integracije platforme z merilnimi senzorji izdelovalec navaja, da je natančnost skeniranja 3 centimetre, absolutna natančnost georeferenciranja oblaka točk pa 5 centimetrov.

V podjetju YellowScan so novo rešitev za brezpilotne letalnike z nameščenim laserskim skenerjem začeli razvijati v začetku leta 2015. Razvoj temelji na podobnih načelih kot pri njihovem predhodnem produktu YellowScan Mapper, na robustnosti in popolnoma integriranem sistemu. Platforma je prilagojena za hitro in enostavno namestitev na vsak bolj profesionalen letalnik (UAV). Avtonomija baterije omogoča dvournno delovanje, kar pomeni, da je uporaben v številnih aplikacijah, na primer za topografske meritve, v gozdarstvu, okoljskih raziskavah, arheologiji, pri meritvah daljnovidov, v gradbeništvu, rudarstvu.

Vir: YellowScan, februar 2016 – <http://www.yellowscan.fr>



Loon Copter leti, plava in se potaplja

Loon Copter je prvi dron, ki lahko leti, plava in se potopi. Izdelali so ga raziskovalci laboratorija za raziskave vgrajenih sistemov univerze v Oaklandu (Oakland University). Načelo delovanja »večnamenskega« drona je relativno preprosto. Votle cevi mu omogočajo plavanje na vodi, ko pa se odprejo in napolnijo z vodo, se dron prelevi v podmornico, pri čemer ga pogonjajo propelerji. Ko pa upravljevec iz ogrođja iztisne vodo, se dron dvigne na površje in lahko vzleti.

Raziskovalci laboratorija za raziskave vgrajenih sistemov univerze v Oaklandu so s svojim izumom zmagali na tekmovanju *Drones for Good*, ki je bilo organizirano v Dubaju. Za nagrado so prejeli milijon ameriških dolarjev.

Vir: DNE Tehno, januar 2016 – <http://dne.ena.com/>; Gizmag, januar 2016 – <http://www.gizmag.com/>



Google je nevronska mrežo naučil prepoznati kraj, kjer je bila zajeta

Računalniki znajo že precej dobro ugotoviti, kaj je na fotografiji, večji izziv (tudi za ljudi) pa je vprašanje, kje je bila posneta. V podjetju Google želijo odgovoriti tudi na to vprašanje, zato so vzpostavili umetno nevronska mrežo, imenovano **PlaNet**, ki iz vsebine fotografije prepozna lokacijo. Napreden sistem se samodejno »uči« na podlagi znanih vhodnih podatkov in rešitev.

Pri prvem preizkušanju so v nevronska mrežo PlaNet poslali 91 milijonov fotografij z znanimi koordinatami nastanka, da se nauči locirati slike. Svet so razdelili na 26.000 območij, katerih velikost je obratno sorazmerna s številom tam posnetih fotografij. Islandija je tako enotno območje, velik del Afrike in Sibirije pa manjka, ker fotografij od tam ni.

Preizkus na novih 2,3 milijona fotografijah je pokazal, da je računalnik v 48 odstotkih pravilno določil celino, v 28 odstotkih pa državo. Strokovnjaki so si enotni, da se je novost odrezala več kot odlično, saj so bile prepoznane povsem običajne fotografije, ki so bile zajete naključno, recimo dveh konj ali vhoda v stanovanjski blok, ne pa fotografije z Eifflovim stolpom v ozadju. In navedeni delež je še vedno boljši kot pri ljudeh.

Pri tem velja še omeniti, da je bila baza podatkov, uporabljena pri preizkusu, velika le 377 megabajtov. Le zamisliti si lahko poizkušamo, kaj se bo zgodilo, ko se bo napihnila za nekaj velikostnih razredov. Tedaj bodo računalniki ob pogledu na katero koli fotografijo precej natančno ugotovili, kje ste jo posneli.

Vir: Monitor, marec 2016 – <http://www.monitor.si/>

Garmin prevzel DeLorme

Dne 11. februarja 2016 je Garmin prevzel DeLorme. Garmin proizvaja male naprave, v katerih se uporablja GNSS-tehnologija. Prisotni so v petih segmentih industrije: avtomobilizmu, letalstvu, pomorstvu, na

prostem in za fitness. DeLorme je usmerjen v osebno satelitsko sledenje, pošiljanje sporočil in navigacijo. Njihova najbolj prepoznavna linija produktov inReach omogoča uporabnikom pošiljanje in prejemanje satelitskih sporočil ter sprožanje SOS-sporočil v nujnih primerih. Naprave so priljubljene pri pomorščakih in avanturistih, ki potujejo na oddaljena območja brez telekomunikacijskih celičnih storitev.

Ameriško podjetje DeLorme proizvaja tudi GIS in kartografske produkte. V svojem lokalnem okolju so znani po izdaji atlasa z naslovom Maine Atlas & Gazetteer, kjer so na velikem formatu prikazane oddaljene ribolovne točke in poti v zvezni državi Maine (skrajni severovzhodni del ZDA).



mestu Yarmouth največji vrtljivi svetovni globus, ki se ponaša s premerom 12,5 metra. V Guinnessovo knjigo rekordov je vpisan že od leta 1999.

Vir: GIS lounge, februar 2016 – <http://www.gislounge.com>

Garmin želi s prevzemom okrepiti razvoj tehnologije in naprav z dvosmerno satelitsko komunikacijo. Glede na lansko finančno sliko prevzem ne preseneča, saj je lani DeLorme imel 20 milijonov dolarjev prihodkov, od tega polovico z izdelki inReach. Prevzem pa kljub vsemu ne bo brez glavobolov, saj je DeLorme v patentnem sporu z BriarTek in mu grozi globa z 6,2 milijona dolarjev.

DeLorme je poleg izdelkov inReach znan tudi po tem, da ima v svoji zgradbi na sedežu podjetja v

Morda niste vedeli:

- Najdražji material na svetu sliši na ime »**endohedral fullerenes**«. Za zdaj ga proizvajajo le v laboratoriju **Designer Carbon Materials**, ki je nastal v sodelovanju z **Univerzo v Oxfordu** iz Združenega kraljestva. Laboratoriju je januarja 2016 uspelo prodati prvih 200 mikrogramov materiala »endohedral fullerenes« (*tretjina teže človeškega lasa*), kupec pa je preračunano zanj odštel kar 29.500 evrov.


Material »endohedral fullerenes« je bil odkrit že leta 2015, gre pa za sferično ogljikovo nanozgradbo, ki je grajena na osnovi čvrste kletke iz 60 ogljikovih atomov, v njih pa so atomi nekovinskih ali enostavnih molekul, kot so dušik, fosfor in helij. Zaradi edinstvenih lastnosti materiala raziskovalci proučujejo celo možnost, da bi novost uporabljali kot gonilo atomskih ur. To je lahko velik potencial pri navigacijskih sistemih GNSS, saj bi z natančnejšim določevanjem časa prišli do natančnejše določitve položaja posameznih naprav in sistemov. (Računalniške novice, januar 2016)

Aleš Lazar, univ. dipl. inž. geod.
MAGELAN skupina d.o.o.
Glavni trg 13, SI-4000 Kranj
e-naslov: lazarales@gmail.com

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

SLAVNOSTNA AKADEMIJA Z NASLOVOM ZEMLJOVID ZA DOBRO ODLOČANJE

Jožica Marinko, Bojana Kelbel

Mednarodno kartografsko združenje ICA (International Cartographic Association, <http://icaci.org/>) je s podporo Organizacije združenih narodov – OZN razglasilo leto 2015 in 2016 za mednarodno leto kart s sloganom  **WE MAPS** INTERNATIONAL MAP YEAR 2015-2016.

V okviru jubilejnega leta kart bodo po svetu potekale številne prireditve. Njihov namen je okrepiti prepoznavnost geodetske in geoinformacijske stroke, predvsem pa prispevati k zavedanju o pomenu kakovostnih prostorskih podatkov za družbo, saj se več kot 80 % vseh naših odločitev neposredno ali posredno nanaša na lokacijo v prostoru. Geodeti poudarjamo, da so pogoji za uporabo naših podatkov znanje, pravilna interpretacija in ažurnost, saj se baze podatkov nenehno dopolnjujejo in spreminjajo. Posledice so najbolj vidne v praksi, in sicer kot neskladja in nekakovostni končni produkti. Bistvo, ki ga vedno poudarjamo, je verodostojnost podatkov, odgovornost ter posledično varnost ljudi in investicij (policija, vojska, civilna zaščita, zavarovalnice, reševalci, uprave, agencije, državni organi, občine, razvojne agencije idr.). Zveza geodetov Slovenije, tudi kot članica mednarodnega združenja ICA, je v ta namen organizirala slavnostno akademijo in na poseben način zaznamovala mednarodno leto kart.



Slika 1: *Tomaž Petek*, sekretar na Geodetski upravi RS; *Dominik Bovha*, direktor GZC d.o.o., *Željko Obradović*, generalni direktor Geodetske uprave federacije BiH; *Andrej Mesner*, GIZ GI; *doc. dr. Božena Lipej*, GIZ GI; *Rafael Bohak*, predsednik Celjskega geodetskega društva; *Anton Kupic*, generalni direktor Geodetske uprave RS; *Milan Brajnik*, direktor Geodetskega inštituta Slovenije; *Lidija Stebernak*, državna sekretarka na Ministrstvu za okolje in prostor RS; *doc. dr. Dušan Petrovič*, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo; *prof. dr. Menno - Jan Kraak*, predsednik Mednarodnega kartografskega združenja ICA, Nizozemska; *mag. Erna Flogie Dolinar*, generalna sekretarka ZGS; *Jožef Horvat*, poslanec državnega zbora RS, predsednik odbora za zunanjo politiko; *mag. Blaž Mozetič*, predsednik ZGS (Foto: Mladen Stanojević).

V Thermani Laško je 3. marca 2016 v organizaciji Zveze geodetov Slovenije in Celjskega geodetskega društva potekala slavnostna akademija pod naslovom *Zemljovid za dobro odločanje*. Akademija ob 5. evropskem dnevu geodetov in geoinformatikov, ki je bil letos posvečen Ruđerju Boškoviću, ter ob mednarodnem letu kart je potekala pod častnim pokroviteljstvom predsednika Republike Slovenije Boruta Pahorja. Rdeča nit dogodka je bil »zemljovid«, ki se z razvojem družbe in predvsem tehnologij skozi zgodovino spreminja. Pomen kakovostnih prostorskih podatkov ostaja vso zgodovino izjemen. Državna sekretarka Lidija Stebernak je v otvoritvenem govoru poudarila, da je ministrstvo za okolje in prostor skupaj z geodetsko upravo, ki je organ v sestavi ministrstva, odgovorno za vzdrževanje najbolj obsežnih nizov prostorskih podatkov državne javne uprave. Zato je naravno, da geodetska uprava ob podpori ministrstva prevzema vlogo koordinatorja na področju državne prostorske podatkovne infrastrukture in pri izvajanju evropske direktive INSPIRE. Ministrstvo podpira pobude in projekte, ki so namenjeni izboljševanju kakovosti prostorskih podatkov, povezljivosti različnih podatkovnih zbirk in dostopnosti teh podatkov. Prav zaradi usklajenega in kakovostnega upravljanja prostora ter učinkovitega gospodarjenja z nepremičninami bo ministrstvo, pristojno za prostor, skupaj z geodetsko upravo v finančni perspektivi 2014–2020 izvedlo program projektov eProstor.



Slika 2: Državna sekretarka Lidija Stebernak, Ministrstvo za okolje in prostor RS (Foto: Mladen Stanojevič).

Predsednik Zveze geodetov Slovenije mag. Blaž Mozetič je poudaril, da je zagotavljanje kakovostnih prostorskih podatkov za dobre odločitve večni izziv geodetske stroke že od njenih začetkov. Geodetske metode zajemanja prostorskih podatkov in njihovega prikazovanja so se razvijale skupaj z novimi znanstvenimi in tehničnimi dosežki, kakor tudi z rastjo človekovega zavedanja o njegovih vplivih na okolje, prostor in družbo. Zato je geodet dolžan nameniti posebno pozornost razumljivosti kartografske predstavitve podatkov, da lahko odločevalci dobro opravijo svoje delo. Pomenljiv naslov slavnostne akademije *Zemljovid za dobro odločanje* pa provokativno izpostavlja, da so najbolj ažurni ali sveži prostorski podatki že v danem trenutku zastareli, a so vendarle edina podlaga za sprejemanje odločitev, katerih posledice bodo vidne v prihodnosti.

Med gosti akademije je bil tudi podjetnik Duško Kos (Studio Moderna, d. o. o.), ki je predstavil svoj pogled na odločitve in širši prostor s prodajnega vidika. Nakazal nam je pet osnovnih vodil kulture v

njihovem podjetju, med drugim to, da če dva mislita enako, je eden vedno preveč, in da kupci najbolje povedo, kaj je prav. Zanimivo je bilo njegovo pričevanje o odnosih in delu v podjetju ter dejstvo, da smo že toliko omreženi, da pride informacija do kupca že v sedmih korakih. Zanimivo je bilo slišati, kaj vse potrebujemo za dobro medsebojno komunikacijo, ki vodi k uspehom in dobrim odločitvam.



Slika 3: Duško Kos, Studio Moderna (Foto: Mladen Stanojevič).

V nadaljevanju nas je nagovoril cenjeni gost, predsednik mednarodnega kartografskega združenja ICA prof. dr. Menno-Jan Kraak. Predstavil je dejavnosti združenja ob mednarodnem letu kart 2015 in 2016, ki poteka pod sloganom **WE MAPS** INTERNATIONAL MAP YEAR 2015-2016. Nazorno nam je opisal, kako lahko različni vizualni elementi, izbira barv in predstavitev podatkov na kartah vplivajo na naše odločitve. To pomeni, da lahko z različnimi prikazi dosežemo poljuben krog uporabnikov, ti pa na podlagi prikazov sprejemajo pomembne odločitve.

Glede na sedanje družbene razmere v svetu je bila še toliko bolj aktualna risba z naslovom Ves svet je na isti ladji, ki so jo lani na mednarodni konferenci v Riu de Janeiru izbrali za zmagovalno v kategoriji otrok od šest do osem let. Na slavnostni akademiji je predsednik mednarodnega kartografskega združenja nagrado za najboljšo risbo na svetu podelil Andražu Umku iz OŠ Antona Martina Slomška Vrhnika.



Slika 4: Prof. dr. Menno-Jan Kraak izroča priznanje mlademu avtorju Andražu Umku (levo); doc. dr. Dušan Petrovič, mentorica Katja Glavič, Andraž Umek, mag. Blaž Mozetič in prof. dr. Menno-Jan Kraak (desno) (Foto: Mladen Stanojevič).

Slavnostna akademija je bila tudi priložnost, da je Zveza geodetov Slovenije podelila plaketo za življenjsko delo izrednemu profesorju za področje geodezije in geoinformatike dr. Radošu Šumradi. Iz obrazložitve velja izpostaviti: »Dr. Radoš Šumrada se je v svoji karieri posvetil raziskovalnemu in pedagoškemu delu. Mednarodni trendi razvoja geodetske stroke so tudi po njegovi zaslugi vplivali na organizacijo raziskovalnega in pedagoškega dela na Oddelku za geodezijo Fakultete za gradbeništvo in geodezijo pri Univerzi v Ljubljani. Vsebine informacijske tehnologije in geoinformatike so bile že v 90. letih vključene v študijske programe geodezije. Tako so ravno geodetski strokovnjaki v Sloveniji orali ledino na področju geoinformatike tudi v poslovnem svetu. Konec 90. let je dr. Radoš Šumrada prevzel vodenje evropskega projekta za posodobitev študijskih programov na oddelku za geodezijo. Rezultat projekta sta bila poleg posodobljene infrastrukture za raziskovalno in pedagoško delo tudi novi visokošolski in univerzitetni študijski program geodezije, ki sta bila oblikovana na temelju dobrega sodelovanja z mednarodnimi uglednimi strokovnjaki in slovensko stroko. Slovenska geodetska stroka je tako na področju visokošolskega izobraževanja jasno zakorakala v smer mednarodnih trendov in potreb prostorsko usposobljene družbe. Dr. Radoš Šumrada je že pred desetletji prevzel pomembno vlogo pri razvoju geodetske stroke v Sloveniji. Mednarodna razgledanost in stik z vrhunskimi tujimi strokovnjaki so močno zaznamovali njegovo pedagoško in znanstveno-raziskovalno delo. S svojim delom je pomembno prispeval k razvoju geoinformatike v Sloveniji in jo umestil ob bok tradicionalnim pristopom k opazovanju Zemlje in pojavov na našem planetu – to je geodeziji.«



Slika 5: Rafael Bohak, Celjsko geodetsko društvo, plaketa za izredne zasluge (Foto: Mladen Stanojević).

Drugo priznanje je iz bilo rok predsednika Zveze geodetov Slovenije ob 60. letnici uspešnega dela in uresničevanja ciljev podeljeno Celjskemu geodetskemu društvu, v imenu katerega ga je prevzel njegov predsednik Rafael Bohak. V obrazložitvi je navedeno: »V zadnjih letih je največji pomen društva ravno v povezovanju geodetov, ki delajo v upravi, geodetskih delovnih organizacijah in drugih ustanovah. Tako društvo ni več samo mesto za uresničevanje interesa posameznika, postaja tudi mesto usklajevanja, povezovanja in sodelovanja različnih delovnih okolij, iz katerih prihajajo člani. V društvu je prostor za izmenjavo izkušenj in dobrih praks, za sodelovanje z drugimi strokami in za promocijo geodezije v tem prostoru. Pomembno je tudi neformalno druženje, kjer se gradijo in negujejo medsebojni odnosi in

predvsem krepi pripadnost stroki. Celjsko geodetsko društvo je bilo v šestdesetih letih delovanja vse-skozi aktivno in je pomembno vplivalo na uspešno delovanje geodetov v regiji ter tudi tako prispevalo k uresničevanju ciljev stanovskega združenja na regionalni ravni kot tudi ciljev ZGS.«

Med slavnostno akademijo je bila na ogled tudi razstava kart.



Slika 6: Kartografska razstava (foto: dr. Klemen Kozmus Trajkovski).

Posebna zahvala gre tudi letos organizacijskemu in programskemu odboru za vsebinsko in kulturno bogato prireditvev potovanja po Zemljovidu za dobro odločanje. To dokazuje tudi skrbno izbrana tema, ki je pritegnila številno strokovno geodetsko in širšo javnost, kakor tudi udeležba priznanih gostov iz tujine.

Bojana Kelbel, za Zvezo geodetov Slovenije
e-naslov: bojana.kelbel@gov.si

Jožica Marinko, za Zvezo geodetov Slovenije
e-naslov: jozica.marinko@gov.si

44. GEODETSKI DAN – ZEVLJOVID ZA DOBRO ODLOČANJE, STROKOVNI POSVET

Dušan Petrovič, Rafael Bohak

Mednarodno kartografsko združenje ICA je s podporo Organizacije združenih narodov leti 2015 in 2016 razglasilo za mednarodno leto kart. Zato sta Zveza geodetov Slovenije in Celjsko geodetsko društvo v Laškem organizirala 44. Geodetski dan, v okviru katerega je potekal strokovni posvet *Zemljovid za dobro odločanje*, posvečen kartografiji. Z naslovom smo želeli opozoriti na potrebo po kakovostnih prostorskih podatkih ter njihovem ustreznem prikazovanju za podporo odločanju in razvoju. Na strokovnem posvetu so tuji in domači strokovnjaki v svojih predavanjih predstavili vlogo, pomen in dosežke na področju kartografije in prikaza prostorskih podatkov ter nakazali smeri razvoja v prihodnje z uporabo dosežkov sodobne tehnologije.

V uvodnem nagovoru je predsednik Zveze geodetov Slovenije mag. Blaž Mozetič poudaril pomen kartografije pri sprejemanju pomembnih odločitev. Udeležence je pozdravil župan občine Laško Franc Zdolšek in jih na kratko seznanil z zgodovino Laškega. Generalni direktor Geodetske uprave RS Anton Kupic je predstavil delo geodetske uprave na področju kartografije. V imenu Celjskega geodetskega društva je udeležence pozdravil predsednik Rafael Bohak.



Slika 1: Mag. Blaž Mozetič (Foto: Mladen Stanojevič).



Slika 2: Doc. dr. Dušan Petrovič (Foto: Mladen Stanojevič).

Predsednik programskega odbora in soavtor kartografske razstave doc. dr. Dušan Petrovič je podal pregled kartografije skozi zgodovino in opozoril na njen pomen v družbi. V predavanju je predstavil nekaj mednarodno nagrajenih izdelkov slovenskih kartografov. Za udeležence je poleg posebne kartografske razstave na razstavnem prostoru pripravil orientacijsko karto in mobilno aplikacijo, ki so jo lahko preizkusili v bližnjem parku.

Osrednje predavanje je imel predsednik mednarodnega kartografskega združenja ICA prof. dr. Menno-Jan Kraak z univerze Twente na Nizozemskem. Na geodetskih dnevih smo imeli prvič priložnost prisluhniti predavanju predsednika katerega izmed strokovnih združenj, v katero se vključujemo slovenski geodeti.

Prof. dr. Menno - Jan Kraak je najprej predstavil aktivnosti mednarodnega kartografskega združenja in področja njegovega delovanja, ki temelji na delu 27 komisij. Komisijo za planinsko kartografijo vodi doc. dr. Dušan Petrovič. V nadaljevanju je predstavil razvoj kartografije v prihodnosti in dve zanimivi možnosti njene uporabe.



Slika 3: Prof. dr. Menno - Jan Kraak (Foto: Mladen Stanojevič).



Slika 4: Dominik Bovha, direktor GZC; Rafael Bohak, predsednik CGD; Matevž Domajnko, Fraunhofer Institut ITn, Nemčija; doc. dr. Dušan Petrovič, UL FGG; mag. Erna Flogie Dolinar, generalna sekretarka ZGS; mag. Blaž Mozetič, predsednik ZGS; Anton Kupic, generalni direktor Geodetske uprave RS; prof. dr. Menno-Jan Kraak, predsednik mednarodnega kartografskega združenja ICA, Nizozemska; prof. dr. Miljenko Lapajne, Fakulteta za geodezijo, Hrvaška; dr. Frank Gielsdorf in Bernd Aschoff, Technet GmbH, Nemčija (Foto: Mladen Stanojevič).

Dr.-Ing. habil. Frank Gielsdorf iz podjetja Technet GmbH v Berlinu je v svojem predavanju o geometrični izboljšavi kakovosti v nepremičninskih informacijskih sistemih predstavil metodo homogenizacije grafičnih podatkov zemljiškega katastra v nemški zvezni deželi Brandenburg, ki je po velikosti primerljiva s Slovenijo. Podobno metodo predlaga Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani za izboljšavo položajne natančnosti podatkov zemljiškega katastra v Sloveniji.

Prof. dr. Miljenko Lapajne s Fakultete za geodezijo Univerze v Zagrebu v mednarodnem kartografskem združenju ICA vodi komisijo za kartografske projekcije. V predavanju je predstavil uvedbo novega koordinatnega sistema na Hrvaškem. Posebej se je posvetil problematiki zamenjave dveh Gauss-Krügerjevih con z eno samo.

Predavanja gostov iz tujine je sklenil Matevž Domajnko iz inštituta za obdelavo grafičnih podatkov Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung IGD, ki deluje v nemškem mestu Darmstadt. V zanimivem nastopu je predstavil 3D-rekonstrukcijo in prikaz notranjosti stavb na primeru kulturne dediščine.

V nadaljevanju so predstavniki slovenskih institucij in podjetij predstavili konkretne rešitve s področja kartografije in vodenja prostorskih podatkov z uporabo najnovejših tehnologij. Udeleženci smo bili seznanjeni z aktivnostmi Geodetske uprave RS pri vzpostavitvi državnega topografskega modela, o čemer je spregovorila Marjana Duhovnik. Primož Kete z Geodetskega inštituta Slovenije je predstavil

vzpostavitev topografske baze in direktivo INSPIRE. Matjaž Pevec iz podjetja Kartografija, d. o. o., je predstavil nadgradnjo klasične karte z digitalno obogateno resničnostjo. Kartografske izdelke in storitve za osebe z različnimi oviranostmi nam je približal mag. Roman Rener z Geodetskega inštituta Slovenije. Za podjetje Globalvision, d. o. o., je rešitev Time2Place predstavil Dušan Peček. O izdelavi popolnega ortofota za območje BTC Ljubljana je spregovoril Rok Valič iz podjetja Geavis, d. o. o. S sodobnimi metodami in tehnologijo zajema 3D-podatkov, s poudarkom na kakovosti prostorskih podatkov, je udeležence seznanil Jure Gnilšek iz podjetja Geodetski zavod Celje, d. o. o.

Pri pridobivanju, predvsem pa interpretaciji in uporabi prostorskih podatkov se pojavlja veliko vprašanj, zato so na nekatera poskušali odgovoriti gostje med pogovorom, s katerim smo sklenili strokovni posvet. Na okrogli mizi, ki jo je vodil doc. dr. Dušan Petrovič, so sodelovali:

- Lidija Stebernak (državna sekretarka na ministrstvu za okolje in prostor),
- mag. Blaž Mozetič (predsednik Zveze geodetov Slovenije, ministrstvo za okolje in prostor),
- prof. dr. Matjaž Mikoš (dekan Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani),
- Anton Kupic (generalni direktor Geodetske uprave RS),
- mag. Tomaž Černe (vodja pobude Odgovorno do prostora!) in
- Tadej Pfajfar (predsednik uprave LUZ, d. d.).

Udeleženci okrogle mize so razpravljali o pomenu prostorskih podatkov za državo in njene organe, njihovi ustreznosti in uporabnosti pri prostorskem načrtovanju, za potrebe predvidevanja naravnih nesreč in potrebe ukrepanja, pri evropskih kohezijskih projektih na področju občinske infrastrukture, o kakovosti, ustreznosti in dostopnosti prostorskih podatkov ter sredstvih, potrebnih za izboljšanje navedenega, predlaganih spremembah gradbeno-prostorske zakonodaje. Po uvodnem krogu odgovorov na voditeljeva vprašanja se je razživela zanimiva razprava, v kateri je precej poslušalcev izražalo svoje poglede na stanje prostorskih podatkov ter z vprašanji izzvalo goste okrogle mize k poglobljenim odgovorom.



Slika 5: Gostje okrogle mize: *prof. dr. Matjaž Mikoš*, UL FGG; *Anton Kupic*, generalni direktor Geodetske uprave RS; *Lidija Stebernak*, Ministrstvo za okolje in prostor RS; *doc. dr. Dušan Petrovič*, UL FGG; *mag. Blaž Mozetič*, predsednik ZGS; *Tadej Pfajfar*, LUZ d.d.; *mag. Tomaž Černe*, Odgovorno do prostora! (Foto: Mladen Stanojevič).



Slika 6: Utrinek s kartografske razstave (Foto: dr. Klemen Kozmus Trajkovski).

Na razstavnem prostoru se je predstavilo osem podjetij s svojimi izdelki, storitvami in najsodobnejšo opremo. Med njihovimi stojnicami se je vila pregledna razstava pomembnejših slovenskih kartografskih

dosežkov, od Valvazorjevih, Florjančičevih, Kozlerjevih in Selanovih kart do kartografskih izdelkov zadnjih desetletij, tudi vseh nagrajenih na mednarodnih razstavah. Razstavljenih je bilo tudi nekaj otroških risb s kartografsko tematiko, vključno z risbo Andraža Umka, ki je leta 2015 na konferenci v Riu de Janeiru prejel prvo nagrado v kategoriji do osem let. Manjkali niso niti primerki atlasov, na ogled sta bila faksimile starih avstrijskih vojaških kart Jožefinske izmere in celo globus Slovenije.

Med predavanji, okroglo mizo, pregledno razstavo in obiskom razstavljalcev so se udeleženci lahko sprehodili po okolici kongresnega centra in pri tem tudi praktično preizkusili uporabo orientacijske karte, bodisi natisnjene na papirju ali z mobilno aplikacijo. Vsi, ki jim je uspelo najti kontrolne točke, so si prislužili naglavno ruto z znakom in motom mednarodnega leta kart.

Program strokovnega srečanja je bil precej natrpan, a je kljub temu večina zdržala do konca, ko smo udeležence povabili na pogostitev, ogled razstavnega prostora in družabno srečanje, ki sta ga popestrila harmonikar Zoran Zorko in baletna plesalka Lea Hostnik. Žal so udeleženci srečanje prekmalu zapustili.

*Doc. dr. Dušan Petrovič, predsednik programskega odbora 44.
Geodetskega dne
e-naslov: dusan.petrovic@fgg.uni-lj.si*

*Rafael Bohak, predsednik Celjskega geodetskega društva
e-naslov: rafko.bpahak@gov.si*

NAGRADA IZS ZA ŽIVLJENSKO DELO DR. JOCU TRIGLAVU

Matej Kovačič

Inženirska zbornica Slovenije vsako leto podeljuje nagrade za izjemne inženirske dosežke in vsako drugo leto nagrado IZS za inovativnost. Podelitev že tradicionalno poteka ob dnevu inženirjev, ki ga IZS organizira konec vsakega tekočega leta. Po seriji inženirskih dni v Ljubljani in Mariboru ter predlanskem v Idriji je bilo lansko srečanje slovenskih inženirjev organizirano na Ptujju. Pomemben dogodek Dneva inženirjev na Ptujju je bila podelitev nagrad, s katerimi želi zbornica izpostaviti izjemne dosežke slovenskih inženirjev in opozoriti na prizadevanje posameznikov, ki s svojo delom, znanjem in inovativnostjo skrbijo za višje standarde v stroki in ustvarjajo dodano vrednost v slovenskem gospodarstvu.

Osrednji dogodek prireditve so nagrade za življenjsko delo, ki imajo na Inženirski zbornici prav poseben pomen. Podeljene so bile tri nagrade, katerih prejemniki so: **Janez Gorišek**, univ. dipl. inž. grad., ki je širši javnosti poznan predvsem kot konstruktor smučarskih skakalnic in letalnic v Planici, njegovo delo pa je izredno cenjeno tudi v tujini, **Daniel Magajne**, univ. dipl. inž. grad., ki je z z inovacijami in stalno željo po izboljšavah na svoji poklicni poti pomembno prispeval k razvoju znanja o gradnji in sanaciji mostov ter sanaciji hiš in zemeljskih plazov, in predstavnik sekcije geodetov **dr. Jože Triglav – Joc**, univ. dipl. inž. geod. Podeljeni sta bili tudi nagradi za enkratni inženirski dosežek, priznanje za obetajočega mladega inženirja in častnega člana.

Nagrajenec dr. Jože (Joc) Triglav je član mnogih uredniških odborov v poljudnih in strokovnih revijah, njegova bibliografija obsega več kot štiristo zapisov, predvsem pa je geodetsko stroko zaznamoval s sodelovanjem pri raziskovalnih in razvojnih projektih, z razumnim in praktičnim reševanjem strokovnih izzivov ter neomajno strokovno etičnostjo je pomembno prispeval tudi k mednarodni uveljavitvi slovenske geodetske stroke.

Prepričan sem, da nam delo nagrajencev, ki temelji na strokovnosti in etičnosti, ponuja vzgled, da najdemo pravo pot, ki bo vodila k uspehu, dvigu družbenega ugleda stroke in inženirske kulture.



Na sliki od leve: podžupan občine Ptuj g. Gorazd Orešek, prejemnik nagrade dr. Jože Triglav – Joc in predsednik IZS mag. Črtomir Remec. (Vir: IZS)



Prejemniki nagrad IZS za življenjsko delo za leto 2015. (Vir: IZS)

Matej Kovačič, za IZS
e-naslov: matej.kovacic@gz-ce.si

MAKS KOZJAK – PRVI ČASTNI ČLAN DRUŠTVA SODNIH IZVEDENCEV IN CENILCEV GEODETSKE STROKE

Damjan Kvas

Društvo sodnih izvedencev in cenilcev geodetske stroke Slovenije (DSICGEOS) je na svoji skupščini sprejel sklep, da se sproži postopek, s katerim gospod Maks Kozjak postane prvi častni član DSICGEOS.

Uradna utemeljitev se glasi: »Gospod Maks Kozjak je osnovno izobraževanje pridobil na geodetski šoli v sosednji Avstriji z zaključnim izpitom leta 1942 in se tam tudi zaposlil. Takoj ko so mu tedanje jugoslovanske oblasti priznale pridobljeno izobrazbo, se je vrnil v domovino in se zaposlil v inštitucijah, ki so potrebovale geodetske kadre. Delo je poiskal tudi na Geodetskem zavodu v Mariboru. Ker je bil zanj vedno izziv zemljiški kataster, se je leta 1954 zaposlil na geodetski upravi Maribor in tu pričakal leto 1987, ko se je po 45 letih dela v geodeziji upokojil. Sodno izvedeniško delo je prvič opravil leta 1954, zadnje pa leta 2013, kar je razvidno iz arhiva GU Maribor. Iz teh podatkov je razvidno, da je izvedensko delo opravljal celih 59 let. Bil je poznan in visoko cenjen pri opravljanju geodetskega dela in je še vedno član našega društva DSICGEOS.«

Podelitev listine častnega člana društva DSICGEOS je bila 15. decembra 2015 na turistični kmetiji Horvat. Listino je predal predsednik DSICGEOS mag. Brane Kovač v prisotnosti nekaterih štajerskih kolegov izvedencev in prijateljev gospoda Maksa Kozjaka.





Na prijetnem srečanju je gospod Maks Kozjak pripovedoval o številnih dogodkih iz svojega službovanja. Kako je dobil prvi geodetski inštrument, kako je bilo na terenu, kako so potekale sodne ureditve mej, pri katerih je sodeloval, ter tudi to, da je prvo geodetsko meritev opravil leta 1943 in zadnjo leta 2013. Lepa kariera. G. Maks Kozjak je v letu 2015 praznoval 90-letnico, DSICGEOS pa mu je ob visokem jubileju in koncu rekordne geodetske kariere podelil naziv častnega člana društva.

Gospodu Maksu Kozjaku, kolegu, želimo še mnogo zdravih in prijetnih let.

*mag. Damjan Kvas, za Društvo sodnih izvedencev in cenilcev geodetske stroke Slovenije
e-naslov: damjan.kvas@gov.si*

21. ZASEDANJE VZHODNOSREDNJEVROPSKEGA TER JUGOVZHODNOEVROPSKEGA JEZIKOVNO-ZEMLJEPISNEGA ODDELKA PRI UNGEKN

Marija Brnot

V Ljubljani je 26. novembra 2015 potekalo 21. zasedanje vzhodnosrednjeevropskega ter jugovzhodnoevropskega jezikovno-zemljepisnega oddelka (ECSEE) pri UNGEKN, katerega članica je tudi Slovenija. UNGEKN je izvedenska skupina Združenih narodov za zemljepisna imena, katere osnovni namen je določitev pisne oblike ter poenotenje rabe domačih in tujih zemljepisnih imen, to je standardizacija zemljepisnih imen. Zasedanje je bilo organizirano v okviru predsedovanja Republike Slovenije vzhodnosrednjeevropskemu in jugovzhodnoevropskemu jezikovno-zemljepisnemu oddelku v obdobju 2012–2017.



Udeleženci 21. zasedanja vzhodnosrednjeevropskega in jugovzhodnoevropskega jezikovno-zemljepisnega oddelka pri UNGEKN.

Zasedanja se je udeležilo 21 predstavnikov iz osmih držav: Češke, Hrvaške, Madžarske, Poljske, Slovaške, Slovenije, Srbije in Ukrajine. Sodelujoči so predstavili nacionalna poročila o dejavnostih na področju zemljepisnih imen od zadnjega zasedanja ter nekaj posebnih predavanj. V prispevkih so bile predstavljene različne teme: nacionalna standardizacija, nacionalni standardizacijski organi, baze podatkov in imeniki zemljepisnih imen, zemljepisna imena na večjezičnih območjih, eksonimi, proces romanizacije, imena držav ter ledinska in hišna imena. Predstavljeni dokumenti so objavljeni na spletni strani jezikovno-zemljepisnega oddelka na naslovu: <http://ecseed.zrc-sazu.si/Sessions.aspx>.

*Marija Brnot, za Geodetsko upravo RS
e-naslov: marija.brnot@gov.si*



Zveza geodetov Slovenije
LJUBLJANSKO GEODETSKO DRUŠTVO

OBČNI ZBOR LJUBLJANSKEGA GEODETSKEGA DRUŠTVA 2016

Uroš Rijavec, Peter Golob

Ljubljansko geodetsko društvo je imelo 10. marca 2016 letni občni zbor. Na njem je bilo pregledano delo v letu 2015 in načrtan program dela za leto 2016. Dnevni red je bil:

1. Imenovanje delovnega predsedstva in organov občnega zbora društva.
2. Pregled dela v letu 2015 in obravnavanje poročil predsednice, blagajničarke, nadzornega odbora in častnega razsodišča.
3. Razrešitev starih in izvolitev novih organov društva.
4. Sprejem programa dela za leto 2016.
4. Članarina za leto 2016.
5. Razno.

Pred začetkom občnega zbora smo si v sliki in besedi ogledali utrinke društvenih aktivnosti iz preteklega leta. Predsednica društva je predstavila bogato letno poročilo, blagajničarka pa obetavno bilanco stanja. Predsednik nadzornega odbora je preteklo leto zapečatil s pozitivnim mnenjem ter pohvalo na račun delovanja izvršnega odbora in drugih organov, predsednik častnega razsodišča je predstavil ugotovitev, da na častno razsodišče ni bila vložena nobena vloga za začetek disciplinskega postopka. Nato je novi predsednik društva predstavil program aktivnosti za tekoče leto 2016, v katerem so upoštevane izkušnje iz preteklih letih. Iz udeležbe članov na posameznih dogodkih je razvidno, da jih še zmeraj najbolj pritegnejo športni in strokovni dogodki, ki so enodnevni in ne zahtevajo previsokega finančnega prispevka. Predlog programa aktivnosti za leto 2016, kot ga je potrdil občni zbor, je torej:

- organizacija smučarskega dneva društva na Višarjah – 4. februarja;
- organizacija občnega zbora (volitve) v Ljubljani – 10. marca;
- turnir v bowlingu (tokrat v organizaciji DGSVS), ki bo namenjen tudi srečanju z drugimi geodetskimi društvi, v Celju – 14. marca;
- organizacija enodnevnega izleta v Prlekijo oziroma Prekmurje – 21. aprila;
- soorganizacija izleta s sindikatom OGU Ljubljana v Romunijo – od 25. do 29. maja;
- organizacija tradicionalnega nogometnega in odbojcarskega turnirja geodetskih društev v Bevkah – 14. maja;
- organizacija tradicionalnega kolesarskega in pohodniškega srečanja geodetov na Krimu – 4. junija;
- organizacija tradicionalnega planinskega izleta po jadranskih otokih, tokrat na Ugljan in Pašman – zadnji teden v septembru;

- organizacija srečanja starejših članov društva – v oktobru;
- organizacija strokovnega tematskega večera v sodelovanju s klubom diplomantov – predvidoma v oktobru ali novembru;
- izdaja društvenega koledarja za leto 2017 – v decembru.



Slika 1: Novi predsednik društva g. Uroš Rijavec in dosedanja predsednica ga. Simona Čeh (Foto: Kokalj).

Društvo se zaveda, da je pomemben angažma vsakega posameznika, zato Ljubljansko geodetsko društvo prisega na osebni pristop ter je odprto za nove ideje, nove izzive, nove člane in nove sodelavce. Na občnem zboru društva LGD 10. marca 2016 je bil tako izvoljen tudi nov predsednik društva Uroš Rijavec. Ob tej priložnosti objavljamo intervju z njim:

Kako dolgo ste že vključeni v Ljubljansko geodetsko društvo?

Društvu sem se aktivno priključil pod vodstvom Janeza Dottija, MOL, in kot podpredsednik nadaljeval delo v prejšnjem mandatu Simone Čeh, LUZ. Zaradi močne vezi, ki jo je – sedaj, na žalost, bivši – Geodetski zavod Slovenije gojil do društvenih ter drugih formalnih in neformalnih dejavnosti, sem se veliko dogodkov Ljubljanskega geodetskega društva udeleževal že od leta 2005. Ti dogodki so sčasoma prenasli v tradicionalne (predvsem planinski izleti in športne aktivnosti). V društvene aktivnosti me je v okviru Študentskega geodetskega društva privabil Peter Cafuta iz skupne občinske uprave občin v Spodnjem Podravju, s katerim sem se udeleževal tudi mednarodnih dogodkov študentov ARGEOS in IGSM.

Na katere izpeljane projekte ste ponosni?

Ponosen sem na vse aktivne člane društva, da v današnjih razmerah niso izgubili čuta za socialno interakcijo, brez katere si ne predstavljam, da lahko kot družba funkcioniramo oziroma napredujemo. Velikokrat se spominim na začetke društvene dejavnosti, ko so nekateri – tudi naši bivši sodelavci – zastavili in začrtali poti, ki so se z leti kar nekako razgubile. Tiste, katerih obrisi so še vidni, skušamo zadržati, ohraniti in obuditi ter nadgraditi v smeri, ki bi bila prijaznejša tudi do mlajših generacij. Predvsem bi izpostavil športni dogodek na Krimu, ki je pred leti obeležil svojo 30. obletnico in bo letos potekal 4. junija, in pa največji »zalogaj«, organizacijo Geodetskega dneva.

V kratkem boste organizirali Geodetski dan – Zemljo vid za otroke. Kaj pričakujete oziroma od kod ideja?

Ker je največja težava v društvu(ih) predvsem prirastek mladih, smo se z novim vodstvom odločili, da poskusimo aktivirati kolege geodete, ki se zaradi vse večje časovne stiske in službenih obremenitev ne vključujejo več v »popoldanske« dejavnosti. Radi bi pridobili tudi člane z majhnimi oziroma malo večjimi otroki, na njim bolj prijazen način. Dogodek Geodetski dan – Zemljo vid za otroke je del Mesta v malem – Minicity, ki organizira predstavitve različnih poklicev. Tako bomo 9. aprila 2016 tudi geodeti dobili priložnost, da svojim znanjem pokažemo, kaj je delo geodeta oziroma kako poteka izdelava zemljevida. Seveda vse prek različnih iger in delavnic, orientacijskih iskanj zaklada in drugega.

14. maja boste organizirali tudi tradicionalne športne igre v Bevkah. V katerih kategorijah se bodo udeleženci lahko pomerili?

Športne igre pomenijo predvsem druženje ekip podjetij oziroma društev v nogometu in odbojki, kjer se prikaže znanje oziroma pokaže rezultat celoletnih rekreativnih treningov različnih ekip. Ker se jih udeležujejo tudi ostala društva iz vse Slovenije, dogodek pomeni tudi pomembno vez v ohranjanju stika ter merjenju fizične moči športnih navdušencev od vsepovsod. Primeren je tudi kot »team-building« za podjetja, ki se ga udeležijo, saj se dogodka zaradi prijetnih pomladnih temperatur ter izvrstne jedače in pijače spominjamo še vse leto.

Kako potekajo priprave na preostale društvene dogodke?

Priprave potekajo v okviru sej izvršnega odbora, seveda pa si želimo, da bi bil letni program plod vseh naših članov, zato jih vabimo, da nam vse leto pošiljajo svoje želje in predloge. Trenutno pripravljamo strokovno ekskurzijo v okviru tradicionalnih izletov po Sloveniji. Pot nas bo zanesla v Prlekijo in Prekmurje, kjer si bomo ob pomoči izkušenih članov ogledali tudi primer nove zložbe zemljišč oziroma se podučili o vrednosti komasacije za urejanje prostora oziroma kako vpliva na spreminjanje krajine.

Pričakujete morda kakšne težave v prihodnje pri izvedbi dogodkov in kakšen se vam zdi položaj glede aktivnosti mladih? Kako je z drugimi geodetskimi društvi po Sloveniji?

V naslednjih letih si želimo, da bi ustavili upad udeleževanja članov oziroma njihovih partnerjev na posameznih dogodkih (žal niso izjema niti tradicionalni dogodki). Z vključevanjem mlajših želimo približati društvo tudi bolj zahtevnim geodetskim »strokovnjakom«, ki bi radi svoj prosti čas izkoristili na sebi bolj primeren način. Zaradi podobnih težav smo se pripravili in aktivneje povezali tudi z ostalimi geodetskimi društvi, s katerimi si organizacijo nekaterih dogodkov že izmenjujemo (bowling, smučanje ...), kar se je izkazalo za ustrezno rešitev ter tudi pospešilo izmenjavo mnenj in izkušenj. Verjetno bi bilo smiselno še bolj izkoristiti vlogo Zveze geodetov Slovenije, ki je krovna organizacija in pod katero spadamo posamezna društva.

Kaj vse bo potekalo v naslednjih letih pod vašim vodstvom in česa si želite v društvu v prihodnje?

Predvsem se bomo usmerili v pretok mladih oziroma osredotočili na prehod s faksa do službe, kjer se izgubi sled in povezava s sošolci ter se ne vzpostavi stik s potencialnimi sodelavci. Žal je bila struktura geodetskih podjetij v zadnjih desetletjih tako močno spremenjena, da se diplomanti ne čutijo več pripadni svoji sredini, kot kolektiv, sindikat itd. Podjetja so manjša, negeodetska. Iz tega razloga oziroma v ta namen je pred leti nastala pobuda in kasneje društvo diplomantov FGG, ki je sedaj vezni člen med študenti in zaposlenimi. Z društvom smo se že dogovorili za aktivnejšo sodelovanje, predvsem na področju strokovnih izobraževanj in seminarjev, delavnic.

Bi želel kaj sporočiti mladim oziroma prihajajoči generaciji?

Mladim bi zaželel, da bi s pozitivizmom zrl v prihodnost ter ponosni gledali na rezultate naše stroke preteklih generacij. Da bi svojo pot gradili predvsem na strokovnih izzivih in ne bi pozabili na svoje kolege ter kolege iz drugih strok, ki se prav tako ne znajdejo v tem vihnem oziroma vihravem obdobju. Da bi našli kompas in se konstruktivno vključili v prihajajoče spremembe gradbene zakonodaje, kjer bo potrebnega veliko konsenza in naporov, da bomo upravičili svoj obstoj in mesto, ki nam pripada. Želim si, da bi študijski čas kar se da dobro izkoristili za iskanje vprašanj in odgovorov, ki se jim bodo z leti porajala. Geodezija je temelj naše družbe in zato še toliko bolj verjamem, da nam bo uspelo!

Občni zbor Ljubljanskega geodetskega društva 2016 je uspel. Hvala vsakemu, ki si je vzel čas in se ga udeležil. Hvala vsem, ki so sodelovali pri organizaciji. Hvala predsednici društva ge. Simoni Čeh, predsedniku nadzornega odbora g. Milošu Šušteršiču, računovodkinji ge. Urši Cvetko in g. Janezu Urhu za pripravo in predstavitev poročil. Hvala vsem zaslužnim za pomoč pri delovanju društva in hvala vsem za udeležbo na društvenih dogodkih v preteklem letu. Posebna zahvala gre ob koncu mandata predsednici ge. Simoni Čeh za uspešno vodenje društva v minulih štirih letih. Novemu predsedniku g. Urošu Rijavcu pa velja spodbuda za uspešno delo in veliko lepih društvenih doživetij skupaj z nami vsemi.



Slika 2: Del občnega zbora so tudi družabni pogovori in pogostitev (Foto: Kokalj).

Vsi prijazno vabljeni na dogodke Ljubljanskega geodetskega društva. Se vidimo!

Uroš Rijavec, za Ljubljansko geodetsko društvo
e-naslov: uros.rjavec@geonaris.si

Fotografija: Helena Kokalj, za Ljubljansko geodetsko društvo
e-naslov: helenakokalj@gmail.com

Peter Golob, za Ljubljansko geodetsko društvo
e-naslov: peter.golob@luz.si

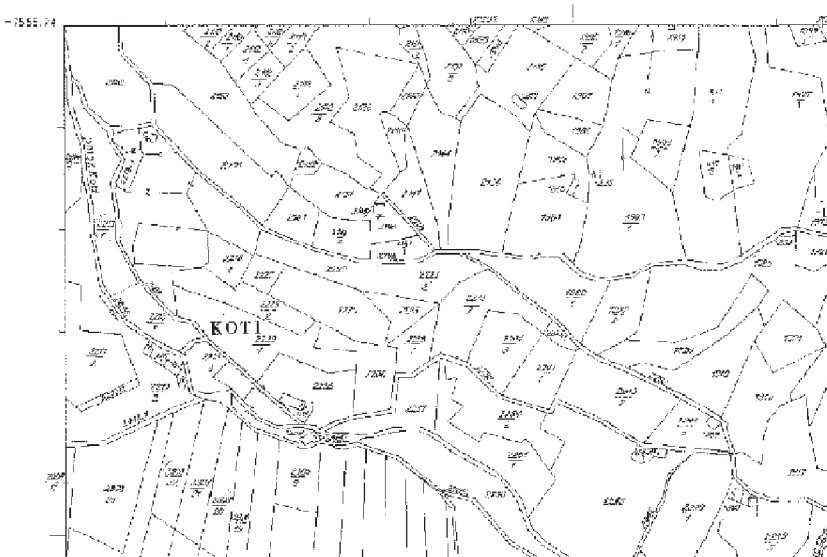
STROKOVNA EKSKURZIJA ŠTUDENTOV GEODEZIJE V NOVO MESTO

Valentina Ambrožič

V skladu s cilji študijskih programov organizira Oddelek za geodezijo na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani predavanja strokovnjakov iz prakse za študente dodiplomskih in podiplomskih študijev. V tem študijskem letu smo se študenti tretjega letnika diplomskega programa geodezija in geoinformatika (univerzitetni študij) in študenti drugega letnika diplomskega programa tehnično upravljanje nepremičnin (visokošolski študij) udeležili strokovne ekskurzije. Tokrat nas je pot zanesla na Dolenjsko, v Novo mesto.

V četrtek, 21. 1. 2016, smo se v jutranji urah zbrali pred stavbo fakultete in se odpeljali proti Novemu mestu. Najprej smo obiskali območno geodetsko upravo (OGU). Tam so nas prijazno sprejeli, nagovorila sta nas tudi mag. Franci Bačar, vodja OGU Novo mesto, ter Primož Mavsar, ki nam je predstavil delo v njihovi instituciji. Kratki uvodni predstavitvi je sledil ogled OGU Novo mesto, kjer so nam posamezni zaposleni predstavili svoje delo v praksi. Seznanjeni smo bili z zadolžitvami v sprejemnici in na področju arhiviranja elaboratov. Pokazali so nam tudi že skoraj arhivske elaborate, ki so po večini obsegali en ali dva lista. Najstarejši elaborati geodetskih storitev so bili tako celo s konca 19. stoletja.

R Slovenija Občina Novo mesto



Slika 1: Arhivski katastrski načrti so sedaj že v digitalni obliki (Vir: OGU Novo mesto).

Po ogledu območne geodetske uprave smo se odpeljali v središče Novega mesta in se čez Kandijski most sprehodili v staro mestno jedro, naš cilj pa je bil sedež mestne občine Novo mesto (MO NM). Tam so nam predstavili delo in izbrane projekte njihovega urada za prostor in razvoj. Med drugim so nas seznanili z zamisljivo za zaprtje mestnega jedra za avtomobilski promet in ugodnostmi, ki bi jih to prineslo. Po predavanju Izidorja Jerale iz urada za prostor in razvoj MO NM smo prisluhnili direktorju novomeškega javnega komunalnega podjetja Gregorju Klemenčiču. Predstavil nam je delo geodetov v njihovem podjetju in tudi njihov lastni zbirni kataster gospodarske javne infrastrukture. Program, ki jim pomaga pri njegovem vzdrževanju, so razvili v sodelovanju z zasebnim podjetjem.



Slika 2: Sedeže novomeških občinskih svetnikov smo zasedli študenti geodezije.

Obisku mestne občine je sledil odmor za kosilo, za tem smo odšli na ogled v Dolenjski muzej. Tam so nam na kratko predstavili delo geodetov pri arheoloških izkopavanjih in nas popeljali po stalni razstavi o arheološki podobi Dolenjske. Na njej je prikazano arheološko dogajanje na območju Dolenjske od občasnih pojavov človeka pa vse do zgodnjega srednjega veka. Videli smo najrazličnejše kose orodja, orožja, se seznanili z delovanjem talilne peči, občudovali steklen in jantarni nakit ter tudi bronaste situle, najdene v Kandiji in na Kapiteljski njivi v Novem mestu. Sledila je vrnitev v Ljubljano.

Udeleženci ekskurzije bi se ob tej priložnosti želeli zahvaliti OGU Novo mesto, Uradu za prostor in razvoj MO NM, Komunali Novo mesto in Dolenjskemu muzeju. Iskrena hvala!

Valentina Ambrožič

za študente 3. letnika dodiplomskega študija geodezije in geoinformatike na UL FGG

GEODETSKI DAN Z DRUŠTVOM ŠTUDENTOV GEODEZIJE SLOVENIJE

Meta Možina

Leto je naokrog in zopet smo se veselili Geodetskega dneva. Tokrat ga je v sodelovanju z Zvezo geodetov Slovenije organiziralo Celjsko geodetsko društvo. 44. Geodetski dan je potekal v Hotelu Thermana park Laško. Glavna letošnja tema je bila kartografija, kot je bilo lepo razvidno že iz imena dogodka – Zemljevid za dobro odločanje. Ko smo že bili v Laškem, smo z DŠGS-jem dan sklenili v slogu ter si ogledali lokalni ponos – Pivovarno Laško.

Kot ena izmed predstavnikov DŠGS-ja sem imela srečo, da sem se lahko že v četrtek, 3. 3. 2016, skupaj z dvema kolegoma udeležila slavnostne akademije v počastitev 5. evropskega dneva geodetov. Organizatorji so nas prijazno sprejeli, hitro smo se počutili sproščeno in domače. Akademija je potekala v prijetnem ozračju in z zanimivimi govorniki. V posebno čast nam je bilo, da smo lahko prisluhnili predsedniku mednarodnega kartografskega združenja Mennu-Janu Kraaku, ki je s kratkim in zanimivim predavanjem zaokrožil uvodne nagovore. Slavnostna akademija se je nadaljevala s podelitvijo priznanj in kulturno-pevskim programom. Večer smo sklenili s prijetnim druženjem ob kozarčku in dobri hrani. Med klepetanjem so se rojevale nove ideje za prihodnja srečanja, kdo ve, kaj nas čaka prihodnje leto ... Predstavnikom DŠGS-ja nam je bilo v veliko čast, da smo se lahko udeležili slavnostne akademije. Ponosni smo, da smo bili lahko del dogajanja, in se veselimo prihodnjega sodelovanja.

Osrednji del Geodetskega dneva pa se je pravzaprav začel šele v petek, 4. 3. 2016. Letošnje navdušenje nad udeležbo je presenetilo tudi vodstvo društva. Napolnili smo cel avtobus in v Laško se je zjutraj pripeljalo 50 navdušenih študentov geodezije. Še prejšnji dan komaj do polovice napolnjena dvorana je v petek pokala po šivih.

Po uvodnih nagovorih je serijo predavanj začel prof. dr. Dušan Petrovič, ki ga študentje dobro poznamo iz predavalnic. Po kratkem pregledu kart in prostorskih podatkov skozi zgodovino do danes so imeli nekateri prvič, drugi pa že drugič čast prisluhniti predavanju predsednika mednarodnega kartografskega združenja. Skupaj z njim smo se odpravili v prihodnost in ugotavljali, kakšni izzivi čakajo kartografijo ob sedanjem tehnološkem napredku.

Odmore so nekateri izkoristili za kavico in navezovanje poznanstev, spet drugi pa so se sprehodili po razstavnem prostoru, kjer so se predstavljala številna zanimiva podjetja in institucije, na ogled je bila tudi kartografska razstava. Videli smo brezpilotne letalnike, novosti na področju instrumentarija, 3D-zajema podatkov, kartografije, geoinformatike in drugih zanimivih strokovnih področjih.

Sledila sta dva sklopa predavanj. Poleg tujih predavateljev so se nam predstavili nekateri uspešni (mladi) Slovenci, ki so se uveljavili v tujini. Zanimivo je bilo predavanje Matevža Domajnka, ki nam je predstavil 3D-rekonstrukcijo in prikaz notranjosti zgradb za potrebe odločanja. To je sicer zelo specifično področje, ki pa je zaradi zanimive tehnologije posebno privlačno za mlade inženirje. Zanimivo je bilo tudi predavanje o geometrični izboljšavi kakovosti v nepremičninskih informacijskih sistemih, saj smo se nekateri s predstavljen tematiko že srečali na vajah na fakulteti. Ker vsi vemo, v kakšnem stanju je slovenski zemljiški kataster, se tudi zavedamo, da bo ta tema še kako aktualna tudi v prihodnje.

V drugem sklopu predavanj so nam predavatelji predstavili različne tehnologije in metode prikazovanja podatkov, nove aplikacije na področju tehnologije, postopek izdelave popolnega ortofota, možnosti povezave klasičnih kartografskih prikazov z digitalno tehnologijo in podobno. Predavanja so bila vsebinsko zanimiva ter aktualna. Kartografija vsekakor velja za stroko, ki ji, glede na slišane ideje, še nekaj časa ne bo zmanjkalo izzivov.

Strokovni del Geodetskega dneva so organizatorji sklenili z okroglo mizo na temo prostorskih podatkov v podporo odločanju in razvoju. Gostje na okrogli mizi so poskrbeli, da je pogovor hitro postal zanimiv za prav vse poslušalce v dvorani. Študentje smo vneto poslušali, čeprav se ni nihče opogumil za sodelovanje. Pridno nabiramo izkušnje, da se bomo lahko čim prej vključili v takšne in podobne pogovore. Morda je okrogla miza pustila nekaj grenkega priokusa, da gre več stvari narobe kot prav – vendar študentje v prihodnost zremo z optimizmom. Prepričani smo, da lahko s svojim svežim znanjem naredimo še mnogo dobrega za geodezijo v Sloveniji in svetu.

Za nas se je z okroglo mizo Geodetski dan končal. Ne pa še izlet, saj smo dan končali v študentskem slogu, z ogledom lokalnega ponosa. Skupaj smo se odpravili v Pivovarno Laško, kjer smo si privoščili degustacijo piv. Ljubljana nas je pričakala v temi. Nekateri so se prijetno utrujeni odpravili domov, za druge pa se je večer šele dobro začel ...

V imenu vodstva Društva študentov geodezije Slovenije, kot tudi v imenu vseh študentov udeležencev Geodetskega dneva, bi se razda zahvalila organizatorjema Celjskemu geodetskemu društvu in Zvezi geodetov Slovenije ter UL FG, ki so nam tudi letos omogočili udeležbo na strokovnem srečanju. Posebna zahvala gre izr. prof. dr. Anki Lisec, ki nam vedno znova dobre volje priskoči na pomoč pri organizaciji društvenih dogodkov. Veselimo se sodelovanja tudi v prihodnje, kdo ve, s čim nam bo Geodetski dan postregel naslednje leto.



Meta Možina, dipl. inž. geod., za Društvo študentov geodezije Slovenije

IN MEMORIAM

ODŠEL JE PRIJATELJ IN PROFESOR, KI JE ZAZNAMOVAL PREBOJ SLOVENIJE NA EVROPSKI GEODETSKI ZEMLJEVID



Prof. dr. Hermann Seeger (1933–2015).

V začetku decembra 2015 smo v evropskih strokovnih krogih z globoko žalostjo sprejeli vest, da je svojo življenjsko pot v 82. letu sklenil priznani profesor in naš veliki prijatelj, prof. dr. Hermann Seeger. Za velikani utemeljitve evropske geodezije v našem prostoru, kot sta bila tudi njegova sogovornika, navdušena in razvojno usmerjena Dušan Mišković in prof. dr. Krešimir Čolić, tudi prof. Seeger ni več zmožal kljubovati neprizanesljivi bolezni.

Rodil se je leta 1933 na severu Nemčije in po študiju nadaljeval znanstveno kariero na Univerzi v Hannoveru. Od leta 1967 je bil zaposlen na Inštitutu za uporabno geodezijo v Frankfurtu na Majni (takratni »Institut für Angewandte Geodäsie«, ki se je leta 1997 preimenoval v Zvezno agencijo za kartografijo in geodezijo oziroma sedanjí »Bundesamt für Kartographie und Geodäsie«). Tu je služboval do upokojitve leta 1998, razen v obdobju 1978–1987, ko je opravljal profesorsko poslanstvo za področje geodezije na Univerzi v Bonnu. Po letu 1987, ko se je vrnil na inštitut, je bil najprej direktor, nato pa dolgoletni predsedujoči te institucije.

Že zelo zgodaj je spoznal zmogljivosti in koristi uporabe sodobnih globalnih položajnih sistemov (GPS) v geodeziji. Interes in sodelovanje v panevropskih pobudah ga uvrščata med ustanovitelje EUREF-a (Podkomisija za referenčni sestav za Evropo pri Mednarodnem združenju za geodezijo – IAG, ki se ukvarja z osnovno geodetsko referenčno infrastrukturo). Njegovo ime in podpora njegovega inštituta sta bila povezana z mnogimi kampanjami EUREF GPS v 90. letih prejšnjega stoletja, ki so bile vizionarske in pionirske na področju vzpostavljanja evropske geoinformacijske infrastrukture ter umeščanja državnih koordinatnih sistemov v enovit evropski in svetovni prostor. V takratni vodstveni ekipi slovenske in hr-

vaške geodetske uprave (Seliškar, Gojčeta) nam je uspelo s profesorjem Seegerjem in njegovimi sodelavci razviti odlično podporno in prijateljsko sodelovanje, ki je potekalo z izdatno finančno, materialno in strokovno podporo pri izvedbi prvih GPS-kampanj v Sloveniji in na Hrvaškem (EUREF – SLOCRO – 1994, Slovenija – 1995 in CROREF – 1995, Hrvaška – 1996, CRODYN). Rezultati kampanj s kakovostno določenimi koordinatami točk so bili izjemnega pomena pri načrtovanju prehoda na nov državni koordinatni sistem.

Profesor Seeger je bil dejaven tudi v mednarodnih združenjih, kot so CERCO in Megrin (predhodnici EuroGeographicsa – Evropsko krovno združenje nacionalnih kartografskih, katastrskih in zemljiškoknjižnih institucij), OEEPE (predhodnici EuroSDR – Panevropske organizacije za eksperimentalne fotogrametrične raziskave), FIG (Mednarodna zveza geodetov) ter druga. V vseh okoljih, kjer je sodeloval, je vedno zagovarjal realne in konkretne predloge ter rešitve. S svojim značilnim in hkrati ciljnim pristopom, pogosto obarvanim s tančico humorja, je bil vedno opazen in preprosto učinkovit.

Zaradi strokovnega znanja, podpore napredku in vizijam, ki jih je z meddržavnim sodelovanjem uresničeval v svetovnem, evropskem in balkanskem prostoru, se je njegov prispevek zapisal v del nepogrešljive bližnje zgodovine razvoja na geodetskem področju, tudi v Sloveniji. S prisrčno osebnim, odkritim, neposrednim in prijateljskim pristopom pa se je zapisal v naša srca. Hermanna, izjemno osebnost in prijatelja, bomo ohranili med lepimi in nepozabnimi spomini.

doc. dr. Božena Lipej
Evropska pravna fakulteta
Ljubljana

KOLENDAR STROKOVNIH SIMPOZIJEV

V OBDOBJU APRIL–JUNIJ 2016

Aleš Lazar

V SLOVENIJI

-
- 4.–8. april 2015 **Dnevi industrijske robotike »DIR 2016«**
Ljubljana, Slovenija
Spletna stran: <http://www.dnevirobotike.si/>
-
- 11.–13. april 2016 **Dnevi slovenske informatike 2016**
Portorož, Slovenija
Spletna stran: <http://dsi2016.dsi-konferenca.si/>
-
- 19.–20. april 2016 **18. dnevi energetikov**
Portorož, Slovenija
Spletna stran: <http://www.dnevi-energetikov.si/>
-
- 16.–18. maj 2016 **NT konferenca 2016**
Portorož, Slovenija
Spletna stran: <http://www.ntk.si/>
-
17. maj 2016 **Geodezija pri projektiranju in gradnji objektov**
Ljubljana, Slovenija
Spletna stran: <http://www.izs.si/>
-
3. junij 2015 **Sedlarjevo srečanje urbanistov in prostorskih planerjev**
Ljubljana, Slovenija
Spletna stran: <http://www.dupps.si/>
-
- 6.–7. junij 2015 **8. industrijski forum IRT 2016**
Portorož, Slovenija
Spletna stran: <http://www.forum-irt.si/prva-stran/>

V TUJINI

-
- 4.–7. april 2016 **SPIE Photonics Europe 2016**
Bruselj, Belgija
Spletna stran: <http://spie.org/conferences-and-exhibitions/>

4.–8. april 2016	RSCy2016 Pafos, Ciper Spletna stran: http://www.cyprusremotesensing.com/rscy2016/
12.–13. april 2016	NGDM 2016 Praga, Češka Spletna stran: http://p-insar.cz/ngdm2016/
13.–15. april 2016	Geoforum 2016 Lvov, Ukrajina Spletna stran: http://www.fig.net/
17.–21. april 2016	SPIE Defense + Commercial Sensing 2016 (DCS) Baltimore, ZDA Spletna stran: http://spie.org/SPIE-DCS-conference
17.–22. april 2016	EGU 2016 Dunaj, Avstrija Spletna stran: http://www.egu2016.eu/
20.–22. april 2016	Interexpo GEO-Siberia – 2016 Novosibirsk, Rusija Spletna stran: http://www.expo-geo.ru/
26.–27. april 2016	GISTAM 2016 Rim, Italija Spletna stran: http://www.gistam.org/
2.–6. maj 2016	FIG Working Week and General Assembly Christchurch, Nova Zelandija Spletna stran: http://www.fig.net/fig2016/
4.–8. maj 2016	ISPRS Summer School on Mobile Mapping Technology 2016 Hanoi, Vietnam Spletna stran: http://sm.humg.edu.vn/GMMT2016/GMMT_Home.html
20.–22. maj 2016	SIG 2016 – International Symposium on Engineering Geodesy Varaždin, Hrvaška Spletna stran: http://www.geof.unizg.hr/sig2016/

-
- 23.–26. maj 2016 **Geospatial World Forum 2016**
Rotterdam, Nizozemska
Spletna stran: <http://geospatialworldforum.org/>
-
- 24.–25. maj 2016 **GEO Business 2016**
London, Velika Britanija
Spletna stran: <http://www.geobusinessshow.com/>
-
- 28.–29. maj 2016 **Small Unmanned Aerial Systems for Environmental Research**
Worcester, Velika Britanija
Spletna stran: <http://www.worcester.ac.uk/discover/uav-conference.html>
-
30. maj–3. junij 2016 **European Space Solutions. Bringing Space to Earth.**
Haag, Nizozemska
Spletna stran: <http://www.european-space-solutions.eu>
-
- 14.–16. junij 2016 **geoinfo.potsdam.2016**
Potsdam, Nemčija
Spletna stran: <http://geoinfo.dgfk.net/>
-
- 27.–29. junij 2016 **International Workshop on Risk Information Management, Risk Models, and Applications**
Berlin, Nemčija
Spletna stran: <http://rimma2016.net/>
-
28. junij–7. julij 2016 **16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference & EXPO SGEM2016**
Albena, Bolgarija
Spletna stran: <http://www.sgem.org/>

Sporočila s podatki o nacionalnih in mednarodnih kongresih, simpozijih in srečanjih s področja geodezije, upravljanja zemljišč in na splošno geoinformatike v Sloveniji ali v tujini pošiljajte na e-naslov:

Aleš Lazar, univ. dipl. inž. geod.
MAGELAN skupina d.o.o.
Glavni trg 13, SI-4000 Kranj
e-pošta: lazarales@gmail.com

V Geodetskem vestniku predstavljamo različne stare geodetske instrumente. Gradivo pripravlja mag. Janez Slak, ki je tudi dal pobudo, da bi popisali vse instrumente, ki so se na Slovenskem v javnem in zasebnem sektorju uporabljali pri vzpostavitvi in vzdrževanju zemljiškega katastra. Z njim sodeluje Boštjan Pucelj, ki instrumentarij slikovno dokumentira.

Naj povabimo vse, ki imate doma kakšen geodetski instrument (predvsem iščemo priprave izpred leta 1950), da to sporočite mag. Janezu Slaku (janez.slak1@gov.si), ki ga bo vključili v svojo opisno evidenco.

TEODOLIT F. W. BREITHAUP & SOHN, KASSEL

Podjetje F.W. Breithaut & Sohn je teodolit s horizontalnim krogom, zaščitenim pred zunanji vremenskimi in mehanskimi vplivi, in vertikalnim krogom, ki pa še ni bil zaščiten, ter natakljivo busolo, dalo na trg že leta 1866.

Instrument na sliki ima razdelbo na horizontalnem in vertikalnem limbu vgravirano na kovinskem krogu, ki je dobro zaščiten pred atmosferskimi vplivi. Odčitavanje horizontalnih in vertikalnih krogov omogočata po dva nonija na krog. Za lažjo in večjo čitljivost odčitavanja so nameščene lupe. Instrument daje, glede na dvojno čitanje krožnih razdelb, za vsako opazovanje po dva podatka, katerih aritmetična sredina odpravlja morebitne napake pri razdelitvi kroga. Podoben instrument se pojavlja pri vzdrževanju zemljiškega katastra na območju več geodetskih pisarn po Sloveniji.

Razstavni eksponat je uporabljala geodetska uprava Maribor pri vzdrževanju zemljiškega katastra še v 50. in 60. letih prejšnjega stoletja. Leto izdelave spada v obdobje pred II. svetovno vojno (ocena).





Ul. XIV divizije 10
SI 3000 Celje

t +386 3 42 56 700
f +386 3 42 56 727

e-mail: info@gz-ce.si
www.gz-ce.si

Geodetski zavod **Celje**

LAND CADASTRE
ZEMLJIŠKI KATASTER

INTERNATIONAL PROJECT
mednarodni projekti

GIS applications
GIS aplikacije

knjave@geodetski-zavod.si

IACS CONTROLS
IAKS kontrole

LASER SCANNING
LASERSKO SKENIRANJE

CONTROL OF ANIMALS
KONTROLA ŽIVALI

DIGITAL DATA BASES
DIGITALNE BAZE PODATKOV

research
raziskave

TOPOGRAPHY
TOPOGRAFIJA

spatial plans
prostorski načrti

local plans
občinski plans

statistika
statistical services

real estate
nepremičnine

developmet
razvoj

LAND MANAGEMENT
UREJANJE ZEMLJIŠČ

DALJINSKO ZAZNAVANJE
REMOTE SENSING

PUBLIC INFRASTRUCTURE CADASTRE
kataster GJI

AGRICULTURAL INFORMATION SYSTEMS
KMETIJSKI INFORMACIJSKI SISTEMI

LAND CONSOLIDATION
KOMASACIJE

civil surveying
inženirska geodezija

SPATIAL DATA
PROSTORSKI PODATKI

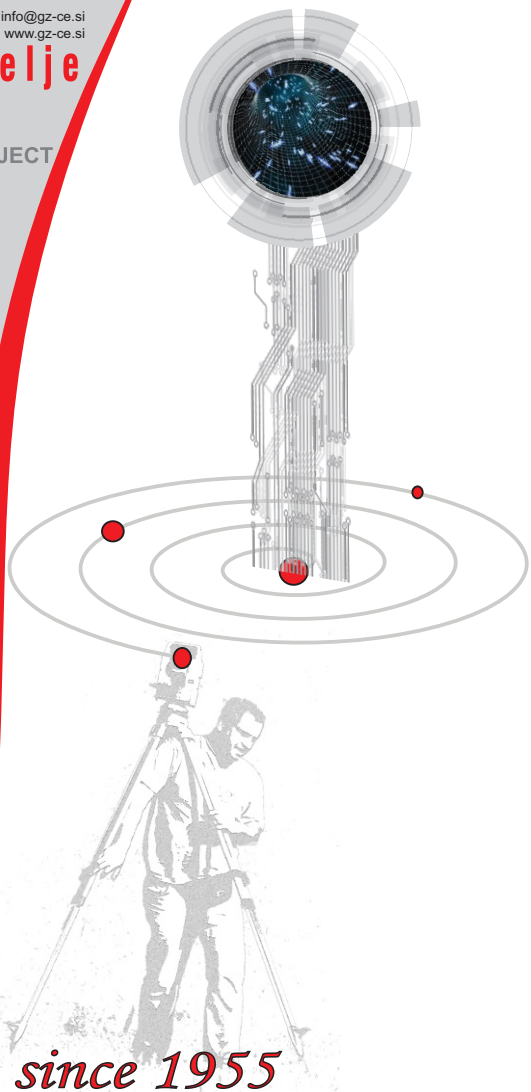
CARTOGRAPHY
KARTOGRAFIJA

BUILDINGS CADASTRE
KATASTER STAVB

spatial plans
prostorski načrti

CURRENT STATE ANALYSIS
ANALIZA STANJA

SPATIAL PLANNING AND MANAGEMENT
NAČRTOVANJE IN UREJANJE PROSTORA



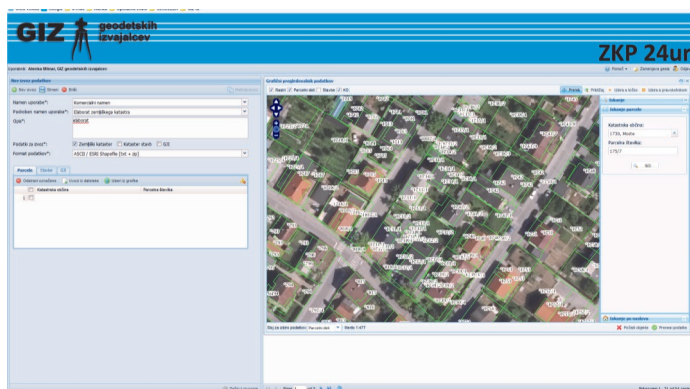
since 1955

IZRAVNAJMO TENZIJE POSLOVNEGA SVETA,
PODAJMO SI ROKE DRAGI POSLOVNI PARTNERJI
IN KRENIMO SKUPAJ NOVIM IZZIVOM NAPROTI!

HIVALA VAM ZA SKUPNIH 60 LET!

ELEKTRONSKI DOSTOP DO PODATKOV ZEMLJIŠKEGA KATASTRA, KATASTRA STAVB IN ZBIRNEGA KATASTRA GJI

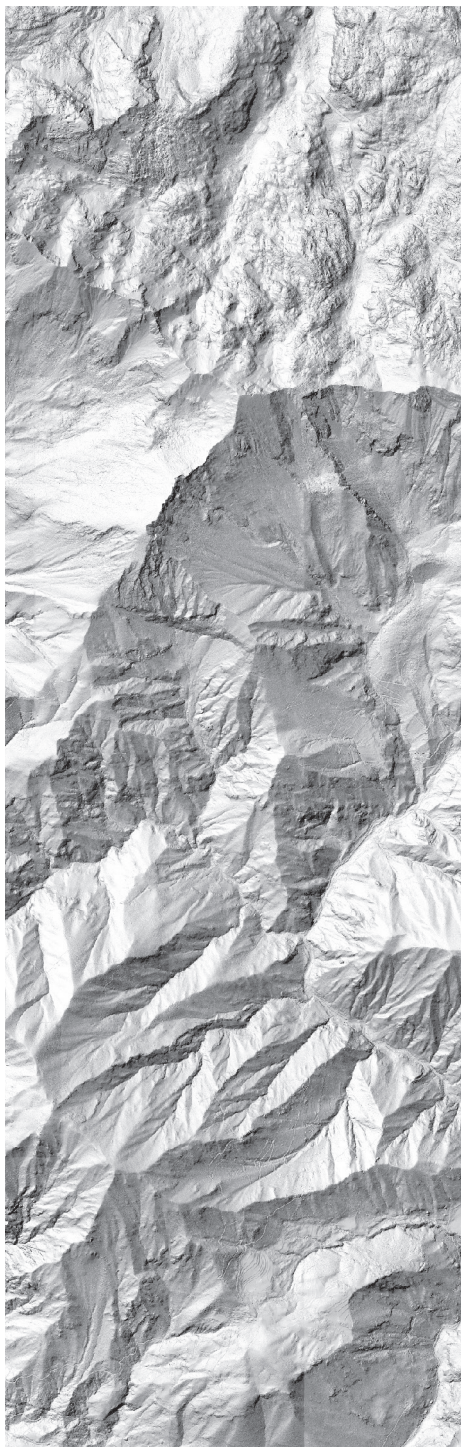
ZKP 24 UR



Vse dodatne informacije dobite na
spletni strani GIZ GI
www.giz-gi.si

ali po elektronski pošti
giz-gi@giz-gi.si.

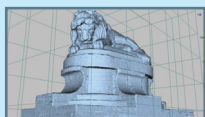




Podoba analitičnega senčenja DMR1
Laserskega skeniranja Slovenije 2014-2015

- **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

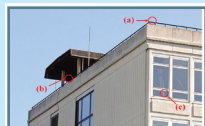


GEODETSKI VESTNIK

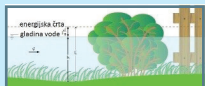
Glasilo Zveze geodetov Slovenije

Journal of the Association of Surveyors of Slovenia

ISSN 0351-0271 | letn./Vol. 60 | št./No. 1 | str./pp. 1-184 |



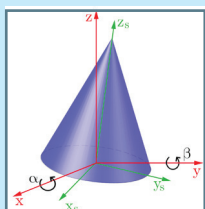
RECENZIRANI ČLANKI | PEER-REVIEWED ARTICLES



Dejan Grigillo, Jure Snoj, Matjaž Dolšek

FOTOGRAMETRIČNO MERJENJE DEFORMACIJ PRI PREIZKUSIH MEHANSKE ODPORNOSTI KONSTRUKCIJSKIH ELEMENTOV

PHOTOGRAMMETRIC MEASUREMENT OF DEFORMATIONS IN TESTS OF MECHANICAL RESISTANCE OF STRUCTURAL ELEMENTS



Admir Mulahusić, Nedim Tuno, Jusuf Topoljak, Džemila Balić

IZDELAVA 3D-MODELA KOMPLEKSNEGA KULTURNOZGODOVISNEGA SPOMENIKA Z UPORABO DIGITALNE FOTOGRAMETRIČNE POSTAJE

USING AN IMAGING STATION IN MAKING A 3D MODEL OF A COMPLEX CULTURAL AND HISTORICAL HERITAGE OBJECT



Klemen Kozmus Trajkovski, Oskar Sterle, Bojan Stopar

ROBUSTNE STATISTIČNE METODE, DOPPLERJEVA OPAZOVANJA IN VPLIV VEČPOTJA PRI OPAZOVANJIH GNSS V OTEŽENIH RAZMERAH

ROBUST STATISTICS, DOPPLER OBSERVATIONS AND MULTIPATH EFFECT IN GNSS IN ADVERSE CONDITIONS



Blanka Grajfoner, Franci Steinman

IZVAJANJE POPLAVNE DIREKTIVE NA MEDDRŽAVNEM ODSEKU MURE

IMPLEMENTATION OF THE FLOODS DIRECTIVE ON INTERSTATE STRETCH OF MURA RIVER



Tilen Urbančič, Anja Vrečko, Klemen Kregar

ZANESLJIVOST METODE RANSAC PRI OCENI PARAMETROV GEOMETRIJSKIH OBLIK

THE RELIABILITY OF RANSAC METHOD WHEN ESTIMATING THE PARAMETERS OF GEOMETRIC OBJECT



Milena Dinić, Petar Mitković

NAČRTOVANJE PRIMESTNIH OBMOČIJ: OD SPALNIH NASELIJ DO TRAJNOSTNIH SOSEK

SUBURBAN DESIGN: FROM "BEDROOM COMMUNITIES" TO SUSTAINABLE NEIGHBORHOODS

ISSN 0351-0271



Dostopno na | available at: <http://www.geodetski-vestnik.com>