

Glasilo Zveze geodetov Slovenije

Journal of the Association of Surveyors of Slovenia

G EODETSKI

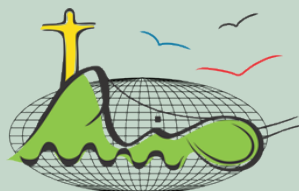
2015

V E S T N I K

ISSN 0351-0271

Letn. 59 | št. 3

Vol. 59 | No. 3



ICC 2015



INTERNATIONAL MAP YEAR 2015–2016



VES SVET JE NA ISTI LADJI



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

Indeksiran in povzet je tudi v naslednjih bibliografskih zbirkah:

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

Geodetski vestnik is indexed and abstracted in Social Sciences Citation Index (SSCI), Social Scisearch (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, Civil Engineering Abstracts, GeoRef, CSA Aerospace & High Technology Database, Electronics and Communications Abstracts, Materials Business File, Solid State and Superconductivity Abstracts, Computer and Information Systems, Mechanical & Transportation, Engineering Abstracts, Water Resources Abstracts, Environmental Sciences

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

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

Geodetski vestnik is partly subsidized by the Slovenian Research Agency.

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

GEODETSKI VESTNIK

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



Letnik 59, št. 3, str. 445–684, Ljubljana, september 2015. 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, Hrvatska)

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 Mjøs (Bergen, Norveška)

Dr. Gerhard Navratil (Dunaj, Avstrija)

Dr. Kristof Oštir (Ljubljana, Slovenija)

Dr. Andrea Pödör (Székesfehérvár, Madžarska)

Dr. Alenka Poplin (Iowa, ZDA)

Dr. Anton Prosen (Ljubljana, Slovenija)

Dr. Miodrag Roić (Zagreb, Hrvatska)

Dr. Balázs Székely (Fraiberg, 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, *urejanje rubrike Društvene dejavnosti*

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 (GURS)*

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. 59, No. 3, pp. 445–684, Ljubljana, Slovenia, September 2015. 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)
Rafaella 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. (Freiberg, 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, *Editor of the section Activities of the Professional Society*
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 (SMA)*
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

Anka Lisec	VSI SMO NA ISTI LADJI	453
Blaž Mozetič	PA SMO LE DOČAKALI	455

RECENZIRANI ČLANKI | PEER-REVIEWED ARTICLES

<i>Nikolaj Šarlah, Gašper Štebe, Oskar Sterle</i>		457
SI	POSTOPEK VZPOSTAVITVE IN TESTIRANJA LASTNE REFERENČNE GNSS-POSTAJE	
	PROCESS OF SETTING UP AND TESTING OUR OWN GNSS REFERENCE STATION	
<i>Polona Pavlovčič Prešeren, Helena Harej, Miran Kuhar</i>		473
SI	PONESREČENA IZSTRELITEV SATELITOV GALILEO IN VESOLJSKI ODPADKI	
	RECENT GALILEO LAUNCH FAILURE IN THE LIGHT OF SPACE DEBRIS	
<i>Samo Drobne, Dejan Paliska</i>		486
SI	POVPREČNA PROMETNA DOSTOPNOST OBČIN SLOVENIJE DO NAJBЛИŽJEGA	
EN	PRIKLJUČKA AVTOCESTE ALI HITRE CESTE	
	AVERAGE TRANSPORT ACCESSIBILITY OF THE SLOVENIAN MUNICIPALITIES	
	TO THE NEAREST MOTORWAY OR EXPRESSWAY ACCESS POINT	
<i>Tijana M. Vujičić, Aleksandra Đukić</i>		520
EN	METODOLOŠKI OKVIR ZA ŠTUDIJE PRIMEROV NEGATIVNEGA RAZVOJA MEST:	
	SEVEROZAHODNA REGIJA BOSNE IN HERCEGOVINE	
	METHODOLOGICAL FRAMEWORK FOR SHRINKING CITIES CASE STUDY RESEARCH:	
	NORTHWEST REGION OF BOSNIA AND HERZEGOVINA	
<i>Zoran Sušić, Mehmed Batilović, Toša Ninkov, Ivan Aleksić, Vladimir Bulatović</i>		537
EN	IDENTIFIKACIJA PREMIKOV Z UPORABO RAZLIČNIH GEODETSKIH METOD	
	DEFORMACIJSKE ANALIZE	
	IDENTIFICATION OF MOVEMENTS USING DIFFERENT GEODETIC METHODS OF DEFORMATION	
	ANALYSIS	
<i>Mustafa Berber, D. Uğur Şanlı</i>		554
EN	ANALIZA ZANESLJIVOSTI MREŽE GNSS OB PRISOTNOSTI VEČ GROBIH POGREŠKOV MERITEV	
	ANALYSIS OF A GNSS NETWORK USING THE THEORY OF RELIABILITY FOR MULTIPLE OUTLIERS	

<i>Marija Savanović, Rajko Savanović, Toša Ninkov, Igor Sabados</i>	564
EN PREDLOG LOKALNE 2D-GEODETSKE MREŽE ZA POTREBE GRADNJE PREDORSKEGA DELA BEOGRAJSKE PODZEMNE ŽELEZNICE PROPOSED DESIGN OF LOCAL 2D GEODETIC NETWORK FOR THE CONSTRUCTION OF THE TUNNEL PART OF THE BELGRADE METRO	

STROKOVNE RAZPRAVE | PROFESSIONAL DISCUSSIONS

<i>Klemen Kozmus Trajkovski, Matevž Domajnko, Dušan Petrovič</i>	577
UPORABA PROSTORSKIH PODATKOV V VEČPREDSTAVNOSTNEM OKOLJU USE OF SPATIAL DATA IN MULTIMEDIA ENVIRONMENT	
<i>Mihaela Triglav Čekada, Vasja Bric</i>	586
KONČAN JE PROJEKT LASERSKEGA SKENIRANJA SLOVENIJE THE PROJECT OF LASER SCANNING OF SLOVENIA IS COMPLETED	
<i>Dušan Mitrović</i>	593
»RAZUMEVANJE« OCENJEVANJA VREDNOSTI NEPREMIČNIN V SLOVENIJI »UNDERSTANDING« OF REAL PROPERTY VALUATION IN SLOVENIA	
<i>Joc Triglav</i>	609
ARHIVI – SKRITI ZAKLADI IZ MURSKE SOBOTE ARCHIVES – HIDDEN TREASURES FROM MURSKA SOBOTA	
<i>Anton Prosen</i>	619
TLA SLOVENIJE S PEDOLOŠKO KARTO V MERILU 1 : 250.000 SOILS OF SLOVENIA WITH SOIL MAP 1 : 250.000	
<i>Stane Lunder</i>	323
STRANKE V NAŠIH POSTOPKIH – SPOMINI S TERENA III PARTIES OF OUR SURVEYOR'S PROCEEDINGS – MEMORIES FROM FIELD WORK III	

NOVICE | NEWS

<i>Jurij Režek</i> ODPRTJE PRVE DRŽAVNE GEODETSKE TOČKE 0. REDA - PRILOZJE	634
<i>Tomaž Petek</i> NOVICE Z DELOVNEGA PODROČJA GEODETSKE UPRAVE RS	637
<i>Joc Triglav</i> OBVESTILO OBMOČNE GEODETSKE UPRAVE MURSKA SOBOTA	640
<i>Dušan Petrovič</i> BOJAN ŠAVRIČ, DOKTOR ZNANOSTI	642
<i>Teja Japelj</i> SEZNAM DIPLOM NA UL FGG – ODDELKU ZA GEODEZIJO OD 1. 5. 2015 DO 31. 7. 2015	644
<i>Aleš Lazar, Klemen Kregar</i> GEO & IT NOVICE	650

DRUŠTVENE DEJAVNOSTI | ACTIVITIES OF THE PROFESSIONAL SOCIETY

<i>Dušan Petrovič</i> 27. KONFERENCA IN 16. KONGRES MEDNARODNEGA KARTOGRAFSKEGA ZDRUŽENJA	656
<i>Anton Prosen</i> 26. SEDLARJEVO SREČANJE – VIZIJE PROSTORSKEGA RAZVOJA: UREJANJE VODA	658
<i>Simona Čeh</i> 21. TRADICIONALNO SREČANJE NA KRIMU	661
<i>Jožica Grdun Adlešič</i> IZOBRAŽEVALNI DAN IN ZBOR ČLANOV DOLENJSKEGA GEODETSKEGA DRUŠTVA	665
<i>Andreja Jurajevčič</i> POTEPO PROVANSI IN AZURNI OBALI Z DGD	667
PROFESOR BOGDAN KILAR – IN MEMORIAM	670
DOKTOR PETER ŠIVIC – IN MEMORIAM	672

NAPOVED DOGODKOV | ANNOUNCEMENTS OF EVENTS

<i>Aleš Lazar</i> KOLEDAR STROKOVNIH SIMPOZIJEV V OBDOBJU OKTOBER–DECEMBER 2015	674
<i>Janez Slak, Boštjan Pucelj</i> NEUHÖFER & SOHN NR. 2805, WIEN	678

Slika na naslovnici:

»Ves svet je na isti ladji«, risba, ki jo izdelal osemletni Andraž Umek, učenec OŠ Antona Martina Slomška Vrhnika, je prejela prvo nagrado med likovnimi izdelki otrok druge starostne kategorije na tekmovanju likovnih izdelkov s kartografsko tematiko Barbare Petchenik. Tekmovanje se odvija vsaki dve leti v sklopu mednarodne kartografske konference, letos je tako potekalo v Rio de Janeiru, Brazilija.

VSİ SMO NA ISTI LADJI

Anka Lisec

glavna in odgovorna urednica Geodetskega vestnika

Jesen s svojimi pisanimi barvami trka na vrata in bojda napoveduje bogato trgateg, pravijo tisti, ki se ukvarjajo s primarnim sektorjem gospodarstva, predvsem vinogradništvom. Tudi jesenska številka Geodetskega vestnika prinaša bogat izbor prispevkov, ki so očitno lepo »zoreli« v poletnih mesecih.

Poleg kakovostnih znanstvenih in strokovnih recenziranih prispevkov velja nameniti pozornost zanimivim strokovnim razpravam ter novicam iz stroke in društev. Med drugim se je končal projekt laserskega skeniranja Slovenije, napoveduje se nov nepremičninski davek (najbrž) na temelju podatkov že vzpostavljenega sistema množičnega vrednotenja nepremičnin in uradno je bila vzpostavljena prva geodetska točka ničtega reda – zagotovo so ti trije projekti veliki mejniki za Slovenijo in našo geodetsko stroko.

Nekoliko grenak priokus pustijo dejstva, da se stroki in predvsem javni geodetski službi (še) ni uspelo uveljaviti kot krovni koordinator za državno prostorsko podatkovno infrastrukturo in sistem zemljiške administracije, da potekajo dela na osnovnem državnem geodetskem referenčnem sistemu počasi in da se pri uvajanju reforme nepremičninskega davka pogosto kot dežurni krivec navaja prav geodetska stroka.

Vse to ne more zasenčiti pomena navedenih »mejnikov«, ki so navsezadnje veliki dosežki tudi v mednarodnem merilu. Kako jih bomo izkoristili v dobrobit družbe in stroke v prihodnje, je odvisno od marsikaterega dejavnika. Lepa trgateg in kakovostno grozdje tudi nista dovolj, zgodba se s tem šele začena – iz grozdja je treba pridelati kakovostne sokove, vino ali druge izdelke, jih promovirati in uspešno tržiti. Vsekakor verjamem, da bomo ujeli dober veter v jadra, zapluli v pravo smer in se skupaj veselili uspehov.

Asociacija na ladjo in jadra ni naključna, najverjetneje ste na naslovnici te številke opazili zanimivo ilustracijo z naslovom *Ves svet je na isti ladji*. To je nagrajena risba s kartografsko vsebino osemletnega učenca z vrhniške osnovne šole Antona Martina Slomška, ki je v kategoriji otrok, starih od 6 do 8 let, prejela prvo nagrado žirije v okviru sedemindvajsete konference mednarodnega kartografskega združenja ICA; ta je avgusta potekala v brazilskem Riu de Janeiru. Kako lepa promocija Slovenije in slovenske stroke na mednarodni ravni! Iskrene čestitke mlademu avtorju, vsem, ki spodbujate mlade, pa zahvala v upanju, da jih boste tudi v prihodnje radi vabili k podobnim dejavnostim.

Uspeh je toliko bolj odmeven, ker sovpada z razglasitvijo mednarodnega leta kart. Na otvoritveni slovesnosti konference združenja ICA so v sodelovanju z Organizacijo združenih narodov (OZN) razglasili

mednarodno leto karte s sloganom *Ljubim karte*, ki bo trajalo do konca leta 2016. V okviru mednarodnega leta kart bodo potekale številne prireditve po svetu, s katerimi želijo okrepiti prepoznavnost stroke ter zavedanje o pomenu prostorskih podatkov za družbo. Tudi Zveza geodetov Slovenije namerava prihodnji Geodetski dan posvetiti mednarodnemu letu kart in kartografski tematiki, tako bomo marca na Celjskem gostili nekatere vodilne predstavnike združenja ICA. Več o dogodku zagotovo v naslednji številki Geodetskega vestnika, a že sedaj vljudno vabljeni na Geodetski dan 2016!

Verjamem, da bomo lahko poleg napovedi Geodetskega dne v naslednji številki spet objavili zanimive prispevke iz znanosti, stroke in društvenih dejavnosti. Hvala vsem, ki soustvarjate našo revijo, in prijazno vabilo za sodelovanje tudi v prihodnje. Morda se nam pridružite tudi novi avtorji! Vabljeni!

Dovolite mi, da na koncu predstavim še majhno novost Geodetskega vestnika – v prihodnjih številkah bomo v reviji predstavljali stare geodetske instrumente, ki so se na Slovenskem uporabljali pri vzpostavitvi in vzdrževanju zemljiškega katastra. Kot prvi je tokrat predstavljen instrument Neuhöfer & Sohn Nr. 2805, izdelan leta 1917. Upam, da se boste odzvali na vabilo, in če v svoji vitrini najdete star geodetski instrument, se obrnite na mag. Janeza Slaka (janez.slak1@gov.si), da ga bo lahko vključil v opisno evidenco geodetskih instrumentov na Slovenskem.

PA SMO LE DOČAKALI

Blaž Mozetič

predsednik Zveze geodetov Slovenije

V naše kraje prihaja jesen in to je čas, ko je treba pobrati »pridelke«, se povесeliti in pripraviti vse potrebno za naslednje leto. Lahko bi dejali, da sta ključna dva letošnja »pridelka«, pri katerih smo imeli ključno vlogo geodeti ter posledično tudi ministrstvo za okolje in prostor in geodetska uprava RS – postavitve prve iz niza geodetskih točk 0. reda, to je geodetske točke Prilozje, in sprejetje odločitve o podpori za izvedbo projektov iz operativnega programa za izvajanje evropske kohezijske politike za obdobje 2014–2020. To je bila nasploh prva odločitev o podpori, ki jo je slovenska vlada izdala za kateri koli projekt za navedeno obdobje. S postavitvijo celotnega niza geodetskih točk 0. reda bo vzpostavljena podlaga, ki omogoča izvedbo ključnega projekta geodetske uprave in geodezije v Sloveniji na splošno, to je e-Prostora. Zanj so zagotovljena evropska sredstva v okviru operativnega programa za izvajanje evropske kohezijske politike za obdobje 2014–2020.

Pred nami je čas priprav, iskanja najboljših rešitev in ne nazadnje tudi sklepanja strokovnih kompromisov, da bo projekt e-Prostor, ki bo imel širše in daljnosežnejše vplive (upam, da ne negativne posledice), kot si v tem trenutku geodeti sploh upamo priznati, pripravljen in izveden strokovno korektno, kajti brez geodetov ni varovanja ustavne pravice do zasebne lastnine. Po mojem prepričanju geodeti premoremo toliko modrosti in zrelosti, da bomo navedeni projekt načrtovali ustrezno, da bo zagotavljal dolgoročno, varno in kakovostno geodetsko delo ter prispeval k dvigu našega ugleda in zavedanja, da brez geodetov v sodobnem geo-informacijskem svetu pač ne gre.

Ker je jesen in ker je čas trgatve, si nalijmo najprej sladkega mošta in si priznajmo, da so taki pomembni dogodki in velike priložnosti za geodete in samo geodetsko stroko zelo redki. Zato jih negujmo z zavedanjem, da je proces zorenja dolgotrajen in da lahko iz sladkega mošta kaj hitro nastane kislo vino. Potem pa nas bo spet bolela glava, ne da bi naredili en sam požirek.

Srečno!

POSTOPEK VZPOSTAVITVE IN TESTIRANJA LASTNE REFERENČNE GNSS-POSTAJE

PROCESS OF SETTING UP AND TESTING OUR OWN GNSS REFERENCE STATION

Nikolaj Šarlah, Gašper Štebe, Oskar Sterle

UDK: 528.021
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.04
Prispelo: 9.3.2015
Sprejeto: 24.8.2015

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2015.03.457-472
PROFESSIONAL ARTICLE
Received: 9.3.2015
Accepted: 24.8.2015

IZVLEČEK

V prispevku je opisan postopek vzpostavitve lastne referenčne GNSS-postaje, ki ponuja eno od možnosti za zajem in upravljanje prostorskih podatkov na lokalnem območju. Prikazan je način stabilizacije ter vsa potrebna programska in strojna oprema za vzpostavitev referenčne postaje, ki omogoča tudi pošiljanje popravkov RTCM v realnem času. Koordinate referenčne postaje so določene s komercialnim (Topcon) in profesionalnim (Bernese) programom za obdelavo opazovanj GNSS, prikazane so razlike pri rezultatih obdelave med obema programoma. Na primeru navezovalne mreže v okolici Celja so analizirana odstopanja med koordinatami točk, določenimi z navezavo sprejemnika GNSS na novo vzpostavljeno referenčno postajo in uporabo virtualne referenčne postaje v omrežju SIGNAL. Predstavljene so razlike med izmerjenimi koordinatami in danimi koordinatami navezovalne mreže. Na podlagi izračunanih odstopanj med izmerjenimi koordinatami točk navezovalne mreže je sklenjeno, da za zajemanje podatkov GJI lahko uporabimo navezavo na lastno referenčno postajo do oddaljenosti približno 15 kilometrov.

ABSTRACT

In this paper, we describe the process of setting up a GNSS reference station. This is one option for capturing and managing spatial data in the local area. We demonstrate the method of mounting a reference station, as well as the required hardware and software for setting one up; the latter allows for real-time corrections that are transmitted in the RTCM. The coordinates of the reference station were determined using commercial (Topcon) and professional (Bernese) GNSS data-processing software. We demonstrate the differences between the results of both types of software. Taking example of the control points in the Celje area, we analyse the differences between the coordinates determined using our own GNSS reference station and the coordinates using the virtual reference station (from the SIGNAL network). We also discuss the differences between the coordinates measured using RTK (GNSS reference station and VRS/SIGNAL) and the control points. Based on our calculations of the deviations between the coordinates, we conclude that we can use our own reference station for baselines up to 15 km for the purposes of capturing utility data.

KLJUČNE BESEDE

GNSS, referenčna postaja GNSS, RTK, NTRIP, GJI, SIGNAL, VRS

KEY WORDS

GNSS, GNSS reference station, RTK, NTRIP, GJI, SIGNAL, VRS

1 UVOD

Gospodarsko javno infrastrukturo (GJI) sestavljajo objekti gospodarske infrastrukture, ki so del prostora in so pomemben element pri razvoju vsakega okolja. Geodetska uprava RS zbira in vodi podatke o GJI na enem mestu, v zbirnem katastru gospodarske javne infrastrukture (ZKGJI). Pri fizičnih posegih v prostor so zanesljivi podatki o položaju obstoječih objektov GJI, predvsem tistih, ki ležijo pod zemljo, pomembna informacija. Zaradi tega je pri evidentiranju objektov GJI eden najpomembnejših atributov natančen in točen podatek o položaju objektov GJI v prostoru. Priporočena natančnost pri zajemu podatka o položaju objektov GJI je 4 centimetre, medtem ko je še minimalna dopustna natančnost 12 centimetrov, ki jo predstavlja daljša polos standardne elipse pogreškov (Šarlah et al., 2010).

Navadno se pri evidentiranju objektov v ZKGJI in obratnih katastrih (upravljavskih oziroma lastniških katastrih gospodarske infrastrukture) v praksi uporablja klasična terestrična detajlna izmera v kombinaciji z izmero GNSS (angl. Global Navigation Satellite System). Danes poznamo več sistemov GNSS, in sicer ameriški GPS (angl. Global Positioning System), ruski GLONASS (rus. GLObal'naya NAvigatsionnaya Sputnikovaya Sistema), evropski Galileo in kitajski BeiDou.

Postopkov za določitev položaja na podlagi sistemov GNSS je več (Kozmus in Stopar, 2003), v geodeziji pa se uporablja predvsem relativna fazna določitev položaja, in sicer zaradi visoke natančnosti ter določitve položaja točke v istem koordinatnem sistemu, v katerem je določena referenčna točka. Zaradi visoke priporočene natančnosti zajema podatkov GJI absolutna določitev položaja ni ustrezna, z izjemo metode PPP (Sterle et al., 2014), ki pa še ni povsem v praktični uporabi.

Relativna fazna določitev temelji na sestavljenih dvojnih faznih razlikah opazovanj, pridobljenih na dveh sprejemnikih v istem časovnem trenutku, s katerimi se številni vplivi odstranijo (pogrešek ure satelitov in sprejemnika) oziroma zmanjšajo (vpliv ionosfere, troposfere, pogreška položajev satelitov itd.) (Leick, 1995). Metoda omogoča določitev položaja tudi v realnem času in se pri navezavi na eno samo referenčno postajo GNSS imenuje RTK (angl. Real Time Kinematic), pri navezavi na omrežje stalno delujočih postaj pa mrežni RTK. Po uporabi pri nas prevladuje metoda RTK-VRS (angl. RTK Virtual Reference Station).

Na trgu se vse pogosteje pojavljajo enofrekvenčni sprejemniki GNSS z možnostjo diferencialne določitve položaja DGNSS (angl. Differential GNSS), ki so uporabni predvsem v aplikacijah GIS (angl. Geographic Information System). Ti sprejemniki so privlačni predvsem zaradi nizke cene in enostavne uporabe. Uporabljajo kodna ali pa s faznimi opazovanji glajena kodna opazovanja na samo enem nosilnem valovanju. Zaradi opazovanj ene same frekvence je odprava pogreška ionosfere težavnejša kot pri dvofrekvenčnih sprejemnikih. Pri uporabi faznih opazovanj težave povzročajo iskanje izpadov signala in določitev faznih nedoločenosti. Na podlagi testiranja po ISO-standardu 17123-8 je bilo ugotovljeno, da ročni GNSS-sprejemniki še ne ustrezajo zahtevani minimalni natančnosti za potrebe evidentiranja GJI, problematični pa so tudi zato, ker nekateri ne omogočajo natančnega centriranja nad geodetsko točko (Sterle et al., 2013). Zagotovo so neprimerni za geodetsko izmero.

2 POSTAVITEV LASTNE REFERENČNE GNSS-POSTAJE

Trajno postavljena in stalno delujoča referenčna postaja, ki omogoča uporabo metode DGNSS in RTK, ima opremo, s katero je mogoče izračunati popravke opazovanj in jih razpošiljati (Kozmus in Stopar, 2006). Pravilen način izbire mikrolokacije in stabilizacije referenčne točke, na kateri stoji referenčna postaja, je

pomemben zaradi zmanjšanja številnih vplivov na opazovanja (ne samo pri določitvi položaja točke), ki imajo izvor v bližnji okolici (Bruyninx, 2013; GI, 2012; IGS, 2013; Horváth et al., 2008; Topcon, 2008). Kakovostna stabilizacija na geološko stabilnih tleh omogoča stabilnost ocenjenega položaja točke skozi čas. Kakršnekoli spremembe položaja točk bi tako bile posledica globalne oziroma regionalne geodinamike in ne lokalnih vplivov. Zahtevana je predvsem lokalna geološka stabilnost terena, tako horizontalno kot višinsko. Pri izbiri mikrolokacije je tako treba paziti, da se izogibamo:

- območjem z aktivnimi lokalnimi deformacijami zemeljskega površja (območja z zaznavnim posedanjem, plazovita območja, erozivna območja),
- bližini večjih prometnic, železnic, letališč zaradi motečih vibracij.

Pri izbiri mikrolokacije referenčne postaje je treba upoštevati reliefne, vegetacijske in klimatske danosti ter druge vplivne dejavnike. Možnost kakovostnega izvajanja GNSS-meritev na referenčni točki je eno od ključnih meril za izbor lokacije referenčne točke. Za nemoteno in kakovostno GNSS-izmero je treba nujno zagotoviti:

- čim bolj odprt horizont, zaželeno vidnost neba nad višinskim kotom 5° , kar zahteva:
 - primeren relief v neposredni pa tudi širši okolici referenčne točke,
 - odsotnost visoke vegetacije v bližini referenčne točke (gozd, visoka drevesa in grmovje) in
 - odsotnost višjih objektov v neposredni bližini referenčne točke;
- odsotnost virov elektromagnetnega valovanja, ki lahko povzročajo motnje v sprejemu GNSS-opazovanj zaradi interference (na primer daljnovodi, transformatorske postaje, radijski in televizijski oddajniki, oddajniki GSM-omrežij ipd.);
- odsotnost večjih ravnih površin v neposredni bližini referenčne točke, ki bi lahko povzročale odboj GNSS-signalov in s tem pojav večpotja (ravne utrjene ali vodne površine, kovinske strehe, steklene stene ipd.).

Zaradi zagotavljanja neprestanega delovanja sprejemnika in morebitnega razpošiljanja opazovanj GNSS po spletu je treba upoštevati tudi nekatere pogoje, ki so vezani na zagotavljanje električne energije in povezave na svetovni splet:

- možnost priključitve na električno omrežje (zaradi nemotenega delovanja GNSS-sprejemnika, strežnika, UPS-enote itd.),
- možnost priključitve na telekomunikacijska omrežja in
- dostopnost točke zaradi zagotavljanja hitrih intervencij.

Pri sami postavitvi GNSS-antene na referenčni točki je treba zagotoviti možnost neprekinjenega kakovostnega izvajanja meritev tudi v oteženih razmerah, zato je treba najti ustrezne rešitve na mikrolokaciji tudi zaradi morebitnih snežnih padavin, žleda, vetrov, udara strele ipd. Možnosti za stabilizacijo, ki jih najdemo v literaturi, so stebri, drogovi in različne konstrukcije. Na visokih objektih se stabilizacija zaradi morebitne nestabilnosti objekta načelno odsvetuje.

2.1 Stabilizacija

Če je mogoče, naj bi bila referenčna točka stabilizirana z globoko in masivno temeljenim betonskim stebrom (UNAVCO, 2014). V praksi se pri izbiri lokacije pogosto pojavijo težave, povezane z lastniškimi razmerji in varnostjo na nepremičninah. Zaradi zgornjih razlogov smo za stabilizacijo izbrali masiven

opuščen dimnik lokalnega komunalnega podjetja, ki je fizično povezan z objektom. Na dimnik je pritrjen kovinski nosilec z vijakom z ustreznim navojem, ki omogoča prisilno centriranje antene. Referenčna GNSS-točka je južno od vseh pomembnih višinskih ovir (oddaljena vsaj 400 metrov). S tem smo izpolnili pogoj najmanjše oddaljenosti od ovir, da bi bile te pod višinskim kotom pod 5° (Horváth et al., 2008) ali še nižje. Ni pa se nam uspelo izogniti vegetaciji na zahodnem delu, oddaljeni približno 50 metrov (dve drevesi). Poleg navedenih meril za postavitev referenčne točke smo skušali upoštevati merila bolj uporabniško naravnane EUPOS-omrežja. Na sliki 1 sta prikazana stabilizacija in prisilno centriranje vzpostavljene referenčne GNSS-postaje.



Slika 1: Stabilizacija referenčne točke z masivnim betonskim dimnikom in prikaz prisilnega centriranja antene GNSS na vijak z ustreznim navojem.

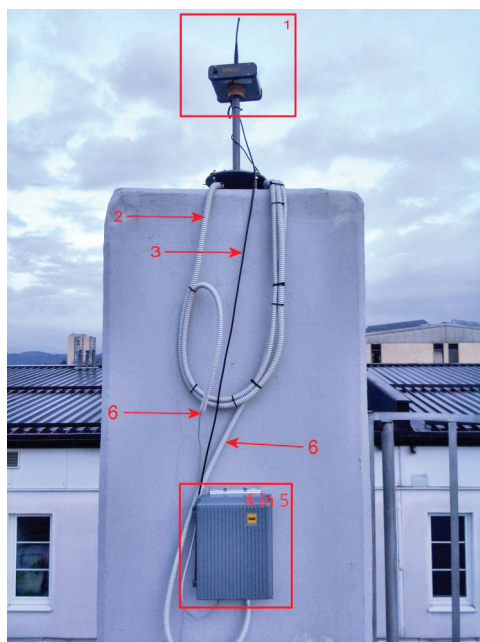
2.2 Oprema GNSS-referenčne postaje

Zahtevane lastnosti GNSS-sprejemnika in antene so različne, danes se večinoma zahteva dvofrekvenčni sprejemnik, ki lahko sprejema signale vsaj satelitov GPS in GLONASS, in antena z zaščito pred vplivi večpotja (z uporabo antenskih ali dušilnih obročev). Na referenčni točki je postavljen geodetski 40-kanalni GNSS-sprejemnik Topcon HiPer Pro GNSS. Je dvofrekvenčen in lahko sprejema signale satelitov sistemov GPS in GLONASS. Omogoča zunanje napajanje in prenos podatkov prek komunikacijskih vmesnikov USB, RS232 in brezžičnega vmesnika Bluetooth. Sprejemnik ima vgrajen radijski modem, ki prav tako omogoča komuniciranje z odjemalcem podatkovnega toka. Proizvajalec instrumentov Topcon za podani instrument GNSS navaja natančnost določitve položaja (Topcon, 2006):

- 3 mm + 0,5 ppm (horizontalne koordinate), 5 mm + 0,5 ppm (višina) – statična izmera,
- 10 mm + 1 ppm (horizontalne koordinate), 15 mm + 1 ppm (višina) – kinematična izmera.

Nemoteno delovanje referenčne postaje omogočajo (glej sliko 2):

1. GNSS-sprejemnik Topcon HiPer Pro GNSS,
2. napajalni kabel,
3. kabel za podatkovni prenos RS232 (Topcon serial cable p/n 14-008005-03),
4. mini računalnik Intel Desktop Board D2500CC – 4 GB RAM, SSD 120 GB,
5. vodotesno ohišje mini napajalnika in matične plošče (Box Alu IP65 CPE),
6. napajalni in UTP-kabel do mini računalnika.



Slika 2: Oprema GNSS-referenčne postaje.

3 DOLOČITEV KOORDINAT REFERENČNE POSTAJE V IZBRANEM KOORDINATNEM SISTEMU

Obdelava GNSS-opazovanj nam omogoča določitev koordinatnih neznank in pripadajoče informacije o natančnosti njihove ocene. Bazne vektorje in položaj referenčne postaje smo pridobili s statično metodo izmere, izravnave opazovanj v geodetski mreži in transformacije položajev iz koordinatnega sistema GNSS-izmere v državni koordinatni sistem, ki ga definirajo znane koordinate točk državnega omrežja stalno delujočih postaj v Sloveniji SIGNAL (SlovenIja-Geodezija-NAvigacija-Lokacija; <http://www.gu-signal.si/>, 28. 7. 2014).

GNSS-mrežo je poleg nove referenčne postaje sestavljalo pet stalnih GNSS-postaj omrežja SIGNAL, razporejenih v okolici nove točke. Uporabili smo referenčne postaje Brežice, Celje, Maribor, Trebnje in Slovenj Gradec. Naknadno obdelavo opazovanj GNSS smo izvedli s programskima paketoma Topcon Tools 8.1 in Bernese GPS Software, Version 5.0 (Dach et al., 2007). Programski paket Bernese GPS Software, Version 5.0, zagotavlja rezultate obdelave opazovanj GNSS z najvišjo natančnostjo, medtem

ko smo programski paket Topcon Tools 8.1 uporabili, da smo preverili, s kakšno točnostjo je sposoben pridobiti rezultate obdelave opazovanj GNSS komercialni programski paket.

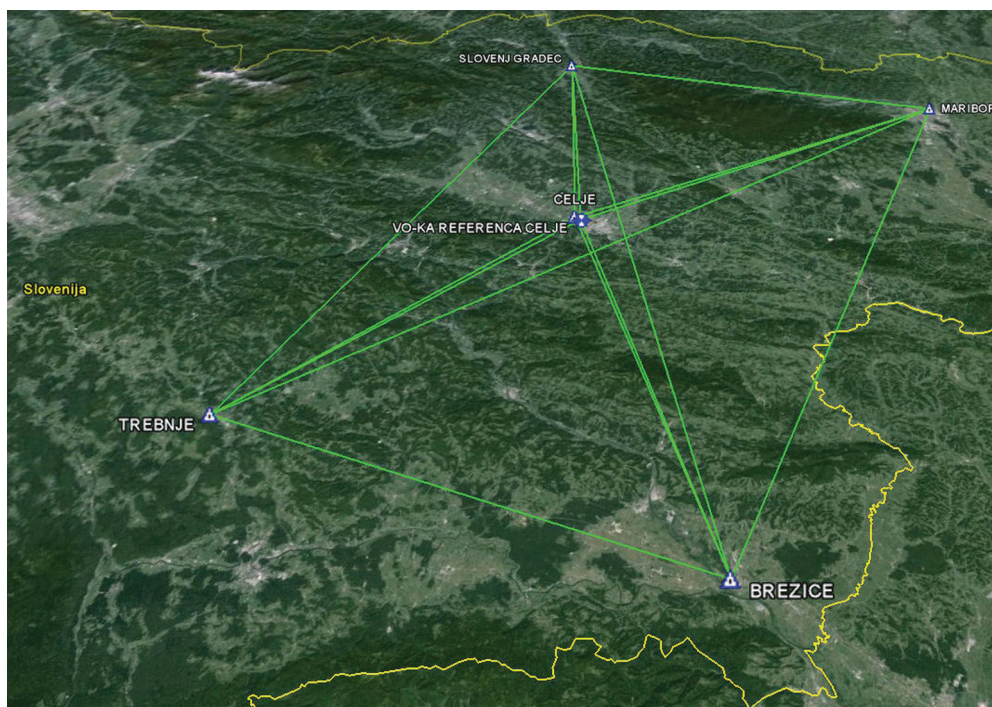
Pri določitvi koordinat referenčne postaje smo izvedli opazovanja v sedmih zaporednih dneh, od 22. do 28. oktobra 2013. Prvi dan smo začeli okoli 14. ure, zadnji dan pa končali ob 8. uri zjutraj, tako da smo skupaj zagotovili polnih šest dni opazovanj, kar pomeni približno 140 ur. Interval registracije je bil nastavljen na 30 sekund pri višinskem kotu 12° . Kadar se opazovanja obdelajo s tako imenovanimi profesionalnimi programskimi orodji (Bernese GPS Software, Gamit/Globk, Gipsy-Oasis II), ki poleg določitve koordinat točk omogočajo tudi modeliranje parametrov troposfere, je priporočljivo minimalni višinski kot za izvedbo meritev GNSS nastaviti čim nižje, na primer na 1° – 5° . Pri komercialnih programskih paketih pa je optimalna nastavev minimalnega višinskega kota 10° – 15° (Savšek et al., 2010). Raziskave kažejo na visoko kakovost in primerljivost izhodnih količin komercialnih programov (Topcon Tools, Trimble Total Control, Leica Geo Office) z rezultati znanstvenih programskih paketov (Golob, 2008).

3.1 Obdelava GNSS-opazovanj v programskem paketu Topcon Tools 8.0

Priprava na obdelavo v programskem paketu Topcon Tools 8.0 je vključevala izbiro in pripravo preciznih satelitov efemerid (<ftp://igsb.jpl.nasa.gov/igsb/product/>), določitev baznih vektorjev, nadzor izmerjene višine in vrste anten na opazovanih točkah, izbiro modela za določitev neznanega števila celih valov, način sestave faznih razlik, določitev meril za izločanje grobih pogreškov in izbiro minimalnega višinskega kota opazovanj. Vpliv troposfere na vrednost opazovanih količin smo modelirali z izbranim modelom troposfere Goad&Goodman.

Vzpostavitev geodetske mreže izhaja iz potrebe po zagotovitvi nadštevilnosti opazovanj v matematičnem modelu določitve koordinat neznane točke (referenčne postaje). Geodetsko mrežo v našem primeru sestavlja 15 baznih vektorjev, ki povezujejo novo in dane točke, kar je prikazano na sliki 3. Z danimi položaji petih stalnih postaj GNSS državnega omrežja SIGNAL, ki ostanejo v postopku izravnave opazovanj v geodetski mreži nespremenjene, imamo določen tudi datum geodetske mreže. Izsledki obdelave opazovanj so podani v dveh korakih: bazni vektorji med točkami s pripadajočimi natančnostmi in cenilkami kakovosti v prvem koraku in koordinate nove točke s pripadajočimi natančnostmi ter merili kakovosti in zanesljivosti v drugem koraku. Končno oceno kakovosti pridobimo z izravnavo baznih vektorjev v okviru geodetske mreže (drugi korak), kjer komponente baznih vektorjev obravnavamo kot opazovanja (Stopar in Pavlovčič, 2007).

Za potrebe geodetske izmere je nujna določitev baznih vektorjev s faznimi nedoločenostmi, določenimi v območju celih števil, saj le tako pridobimo ocenjene koordinate z najvišjo natančnostjo. V našem primeru so imeli vsi bazni vektorji fazne nedoločenosti v območju celih števil. Srednja vrednost RMS (angl. Root Mean Square) natančnosti baznih vektorjev 11,5 milimetra za horizontalne komponente in 19,3 milimetra za višinske komponente baznih vektorjev, izračunana na podlagi popravkov opazovanj, kaže na kakovostne podatke opazovanj ter natančne in zanesljive rezultate – ocenjene komponente baznih vektorjev. Za kontrolo uporabimo izračun odstopanj pri zapiranjju 40 likov, kjer aritmetična sredina odstopanj znaša 4,7 milimetra, največje odstopanje znotraj posameznega lika pa je 16,4 milimetra. Koordinate nove točke dobimo na podlagi 15 baznih vektorjev, ki povezujejo šest točk, kjer je pet točk danih in ena točka nova. Natančnost določitve koordinat nove točke je podana s 7,5 milimetra koordinate E, 7,4 milimetra koordinate N in 10,5 milimetra višine. Ocenjene koordinate točk so predstavljene v preglednici 4.



Slika 3: Bazni vektorji v okviru geodetske mreže.

3.2 Obdelava GNSS-opazovanj v programskem paketu Bernese GPS Software, Version 5.0

Vzpostavitev koordinat referenčne točke, ki bo izhodišče za nadaljnja geodetska dela, pomeni določitev koordinat referenčne točke z najvišjo natančnostjo in je nujna obdelava opazovanj GNSS po navodilih službe IGS (CODE, 2012) ali EPN (EPN, 2013), kjer je sama obdelava opazovanj GNSS opisana v Dach et al. (2007). V obdelavo smo vzeli opazovanja GNSS različnih stalno delujočih postaj:

- postaj omrežja IGS: BOR1, GRAS, GRAZ, JOZE, MATE, MEDI, PADO, PENC, POTS, WTZR in ZIMM,
- postaj omrežja SIGNAL: BREZ (Brežice), CELJ (Celje), MARI (Maribor), SLOG (Slovenj Gradec), TREB (Trebnje) in
- referenčne postaje VO_KA Celje.

Postaje omrežja IGS so vključene v obdelavo, ker imajo podane kakovostne koordinate in vektorje hitrosti v aktualnem koordinatnem sestavu ITRF08 (angl. International Terrestrial Reference Frame 2008), ki so podane na seznamu na naslovu http://itrf.ensg.ign.fr/ITRF_solutions/2008/doc/ITRF2008_GNSS.SSC.txt. Točke IGS so podane v istem koordinatnem sestavu, v katerem so tudi precizne efemeride. Točke omrežja SIGNAL nam z danimi koordinatami podajajo dostop do državnega koordinatnega sistema. Na sliki 4 je prikazana geografska razporeditev točk, uporabljenih v obdelavi.

Opazovanja vseh točk smo obdelali ločeno za vsak dan posebej, tako da smo za vsako vključeno točko s slike 5 pridobili sedem trojic koordinat s pripadajočimi natančnostmi v koordinatnem sestavu ITRF za

sredino dneva. Končne koordinate v sestavu ITRF smo pridobili kot utežno sredino vseh dnevnih rešitev koordinat. Cenilka natančnosti dobljenih koordinat je predstavljena s standardnim odklonom odstopanj dnevnih rešitev koordinat posamezne točke od srednjih vrednosti koordinat – s ponovljivostjo koordinat. Preglednica 1 vsebuje statistične lastnosti ponovljivosti za vse točke in ločeno še za točko VO_KA. Povprečje je povprečna vrednost ponovljivosti, MIN in MAX pa največja oziroma najmanjša vrednost ponovljivosti. Ponovljivost koordinat je predstavljena v lokalnem geodetskem koordinatnem sistemu, v smereh SJ (N), VZ (E) in v smeri višine (h).



Slika 4: Stalne postaje, ki so bile uporabljene v obdelavi s programskim paketom Bernese GPS Software, Version 5.0.

Preglednica 1: Prikaz ponovljivosti koordinat točk geodetske mreže GNSS, ki so predstavljene s standardnimi odkloni odstopanj dnevnih rešitev koordinat od srednjih koordinat posamezne točke.

	σ_E [mm]	σ_N [mm]	σ_h [mm]
POVPREČJE	1,4	1,8	3,6
MIN	0,6	0,7	1,5
MAX	3,3	4,2	5,4
VO_KA	0,6	1,6	4,6

Točnost pa se meri z odstopanji ocenjenih srednjih koordinat točk od danih koordinat ITRF-točk omrežja IGS, ki so predstavljena v preglednici 2. Odstopanja so predstavljena v lokalnem geodetskem koordinatnem sistemu s standardnim odklonom in z ekstremnima vrednostma (največjo in najmanjšo) odstopanja. Izsledki kažejo na visoko natančnost (preglednica 1) in visoko točnost (preglednica 2).

Prehod iz koordinatnega sestava ITRF v državni koordinatni sistem poteka v prvem koraku prek koordinatnega sestava ETRF. Na spletni strani http://www.epncb.oma.be/_productsservices/coord_trans/index.php je aplikacija, ki transformira koordinate iz aktualnega sestava ITRF v sestav ETRF89. Vklonp točke VO_KA v državni koordinatni sistem pa pomeni, da morajo biti koordinate točke VO_KA in

koordinate točk omrežja SIGNAL skladne z najvišjo mero natančnosti. Ta se dobi tako, da se dobljene ETRF89-koordinate točk omrežja SIGNAL in točke VO_KA transformirajo na dane koordinate točk omrežja SIGNAL s 7-parametrično transformacijo. Preglednica 3 prikazuje odstopanja ocenjenih koordinat točk omrežja SIGNAL z danimi koordinatami istih točk po izvedeni transformaciji.

Preglednica 2: Statistične lastnosti odstopanj srednjih koordinat od danih koordinat točk omrežja IGS

	σE [mm]	σN [mm]	σh [mm]
STANDARDNI ODKLON	1,8	1,3	2,6
NAJMANJŠE	– 2,6	– 2,1	– 5,2
NAJVEČJE	3,0	1,5	3,6

Preglednica 3: Odstopanja med danimi koordinatami točk omrežja SIGNAL in transformiranimi ocenjenimi koordinatami v ETRF

POSTAJA	σE [mm]	σN [mm]	σh [mm]
BREZ	– 1,0	– 0,0	– 3,5
CELJ	1,3	– 18,0	2,9
MARI	– 3,4	0,2	2,7
SLOG	– 0,8	12,5	– 4,5
TREB	3,7	5,3	2,4

Rezultati v preglednici 3 prikazujejo, da so dane koordinate točk omrežja SIGNAL po geometriji skladne s pravimi koordinatami na ravni okrog centimetra, saj znašajo standardni odkloni odstopanj 9,2 mm, 2,2 mm in 3,0 mm za koordinate N, E in h. Končne koordinate točke VO_KA v državnem koordinatnem sistemu so predstavljene v preglednici 4.

3.3 Koordinate referenčne postaje

Rezultati so vidni v preglednici 4, v kateri podajamo končne ocenjene koordinate s pripadajočimi natančnostmi referenčne postaje VO_KA z obema uporabljenima programskima paketoma. Koordinate referenčne postaje GNSS so podane v državnem koordinatnem sistemu, ki ga določajo točke omrežja SIGNAL in je neodvisen od časa, torej se s časom ne spreminja. Vsi rezultati so prikazani v ravninskem koordinatnem sistemu D96/TM (koordinati E in N) s podano elipsoidno višino (h). Za končni položaj referenčne postaje smo privzeli rezultate, pridobljene s programskim paketom Bernese GPS Software, Version 5.0.

Preglednica 4: Primerjava izračunanega položaja referenčne postaje v D96/TM z obema programskima paketoma, Topcon Tools 8.0 in Bernese GPS Software, Version 5.0

D96/TM	Bernese GPS Software, Version 5.0 (m)	σ (mm)	Topcon Tools 8.0 (m)	σ (mm)	Koordinatna razlika (mm)
E	122240,0039	1,4	122240,0030	7,5	0,9
N	519358,2337	1,8	519358,2281	7,4	5,6
h	295,3527	3,6	295,3464	10,5	6,3

4 POVEZAVA REFERENČNE POSTAJE IN PREMIČNEGA PREJEMNIKA

Popravki opazovanj iz referenčne postaje so lahko na voljo sprejemniku, s katerim določamo položaj, v realnem času prek omrežij operaterjev mobilne telefonije, mobilnega interneta ali radijskih povezav. Podatkovni tok je vzpostavljen po standardu RTCM 10403.2. To je binarni zapis, kjer je RTCM kratica za skupno ime sklopa standardov za pomorsko navigacijo in satelitske tehnologije (angl. Radio Technical Commission for Maritime service). Najnovejša različica standarda je 3.2 (1. februar 2013).

4.1 Radijska povezava

Ena od povezav, ki smo jo vzpostavili in preizkusili med referenčno postajo in sprejemnikom na novi točki (odjemalcem), je radijska povezava, znana kot RT (angl. Radio Telephony – radiotelefonija). Oba sprejemnika morata imeti vgrajen radijski modem. V skladu z zakonodajo (NURF-3, 2013) smo izbrali frekvenco 439,70 MHz. Elektromagnetni valovi relativno majhne valovne dolžine UHF (angl. Ultra-High Frequency) se širijo skoraj premočrtno in ne morejo potovati skozi objekte, lahko pa se od njih odbijajo. Posledično mora biti referenčni sprejemnik čim višje, da zagotovimo največji doseg komunikacije. Obstajajo še druge možnosti pošiljanja popravkov opazovanj, na primer Bluetooth ali WiFi (angl. Wireless Fidelity) dolgega dosega (2,4 GHz ali 5 GHz), vendar je njuna glavna pomanjkljivost zmanjšan doseg (Brazeal, 2013).

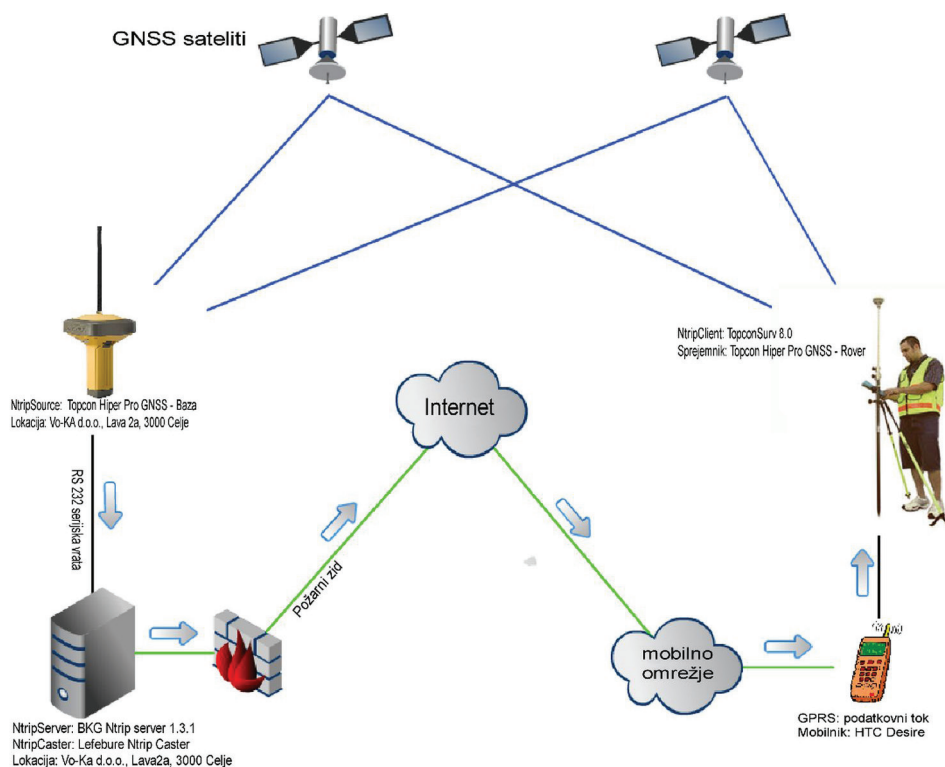
4.2 Mobilna povezava

Druga možnost, ki smo jo izkoristili pri prenosu popravkov med referenčno postajo in premičnim sprejemnikom na novi točki (odjemalcem), je mobilni internet. NTRIP (angl. Networked Transport of RTCM via Internet Protocol) je odprt, elastični protokol za prenos diferencialnih popravkov in podatkov GNSS prek interneta. Sprejet je bil kot razširjen standard s strani RTCM in se izvaja v dveh različicah NTRIP v1.0 in v2.0 (Brazeal, 2013). NTRIP temelji na priljubljenem pretočnem protokolu HTTP (angl. HyperText Transfer Protocol), za prenos podatkov uporablja protokole TCP/IP (angl. Transmission Control Protocol/Internet Protocol) in načelo strežnik (angl. server) – odjemalec (angl. client). Strežnik je poznan pod imenom Ntrip-Broadcaster oziroma NtripCaster, medtem ko NtripServer in NtripClient predstavljata odjemalca.

Sistem NTRIP vsebuje naslednje elemente (Weber et al., 2005):

- NtripSource (sprejemnik: Topcon HiPer Pro GNSS): predstavlja vir podatkov.
- NtripServer (BKG Ntrip server 1.3.1): odjemalec/strežnik, posreduje (prenaša) podatke iz vira na NtripCaster.
- NtripCaster (Lefebure Ntrip Caster): strežnik HTTP (sprejema in posreduje sporočila).
- NtripClient (TopconSurv 8.0): odjemalec, sprejema podatke iz zahtevanega vira.

NtripCaster omogoča uporabnikom dostop do popravkov, ki se prenašajo iz referenčne GNSS-postaje, in je lahko tudi odprtokodna aplikacija, ki si jo uporabnik prenese z interneta. Lefebure NtripCaster lahko omogoča funkcije NtripServerja, če je referenčni sprejemnik na računalnik priključen prek serijskih vrat RS232 (Lefebure, 2014). Zagotavlja varnost (uporabniško ime in geslo) in upravljanje povezanih odjemalcev ter ustvarja imena virom (angl. mountpoints). Odjemalec prek virov enoznačno izbere želene popravke. Danes so odjemalci (NtripClient) standardni del programske opreme, s katerimi upravljamo sprejemnik.



Slika 5: Podatkovni tok postaje VO_KA Celje.

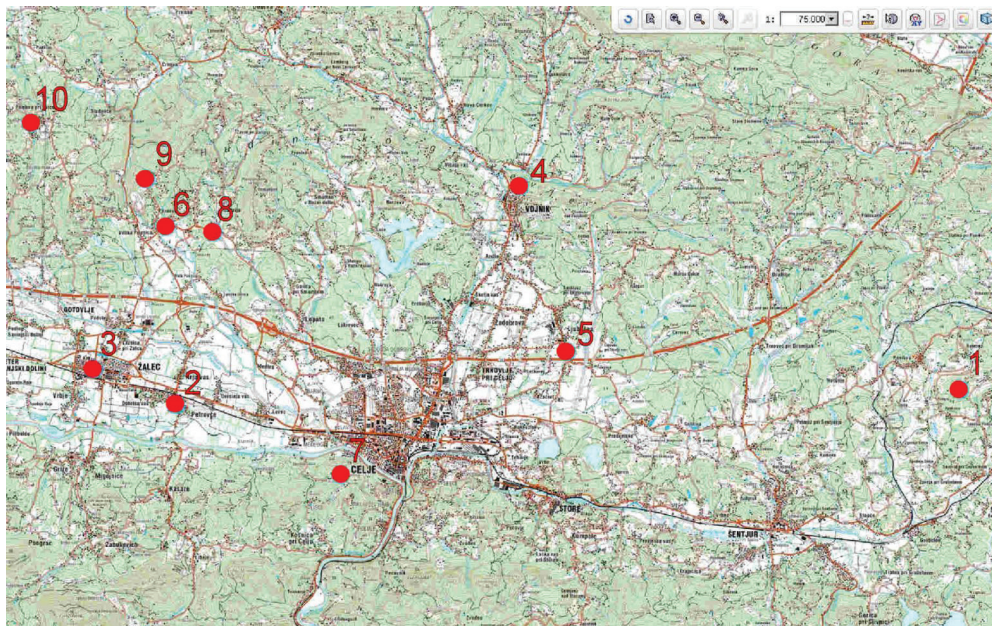
Povezavo med referenčno postajo (Topcon HiPer Pro GNSS) in NtripCasterjem oziroma NtripServerjem smo zagotovili prek serijskih vrat RS232. Podatkovni tok teče prek Lefebure NtripCasterja. Teoretično postopek ponovimo za poljubno število izbranih referenčnih postaj. Na podatkovni tok oziroma NtripCaster se lahko priključi poljubno število NtripClientov (sprejemnikov GNSS) s poljubnim naslovom IP (angl. Internet Protocol). Moramo jim dodeliti le uporabniško ime in geslo. Na premičnem sprejemniku smo uporabili terensko programsko opremo Topcon TopSURV 8, ki ima tudi vlogo NTRIP-odjemalca. Odjemanje podatkovnega toka je pogojeno z dostopom do mobilnega interneta, v našem primeru prek mobilne podatkovne storitve GPRS (angl. General Packet Radio Service) v okviru standarda GSM (angl. Global System for Mobile communications).

5 TEST IN ANALIZA POSTAVLJENE REFERENČNE POSTAJE NA PRIMERU NAVEZOVALNE MREŽE

Za povezavo slovenskega koordinatnega sistema z enotnim evropskim koordinatnim sistemom so bile v letih 1994, 1995 in 1996 izvedene tri izmere EUREF GNSS, ki so vključevale tudi točke v Sloveniji. Vključevale so 49 točk na območju Slovenije, tudi celotno triangulacijsko mrežo I. reda (Berk et al., 2003, 2006). Geodetska uprava Republike Slovenije je vzpostavila več kot sto mrež z navezavo na trigonometrične točke I. reda s koordinatami v ETRS89/TM. Koordinate v ETRS89/TM-sistemu so bile določene točkam višjega reda (II. in III. reda) s statičnimi GNSS

-meritvami v okvirnih mrežah, točkam nižjega reda pa v navezovalnih mrežah s hitro statično metodo GNSS-izmere.

Na širšem območju Celja je bilo vzpostavljenih več navezovalnih mrež, ki so večinoma pomenile izhodišča za zajem prostorskih podatkov GJI. Za test smo uporabili rezultate navezovalnih mrež Celje 2004, Galicija 2000, Sp. Savinjska 2005 in Zreče 1998. Vse točke so v naravi stabilizirane z betonskim oziroma granitnim kamnom, kovinskim čepom ali nastavkom za GNSS-anteno.



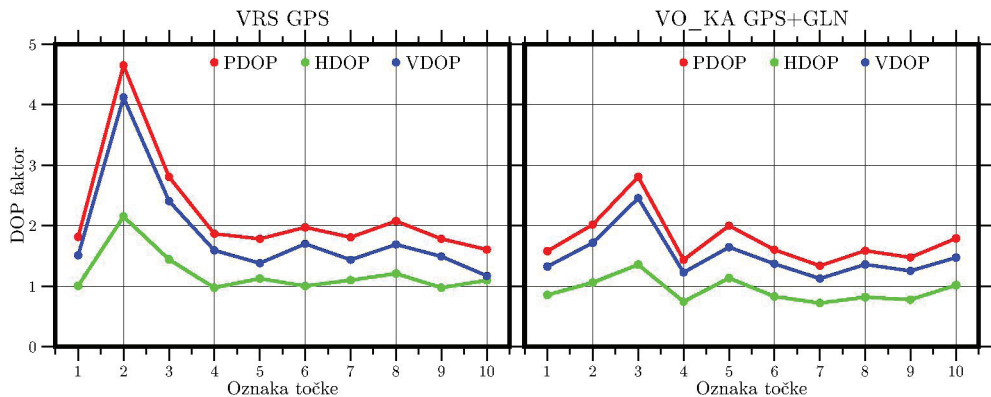
Slika 6: Izbrane točke navezovalnih mrež.

V testu smo uporabili metodo izmere RTK, da bi na praktičnem primeru ugotovili, kakšne so koordinatne razlike izmerjenih točk v izbranem koordinatnem sistemu. Zanimalo nas je predvsem, kako se RTK vede pri različnih navezavah na lastno referenčno postajo in omrežje SIGNAL, ter primerjali pridobljene položaje s položaji, pridobljenimi v navezovalnih mrežah (statična ali hitra statična metoda izmere). Za ta namen smo opravili izmero na desetih dobro stabiliziranih točkah. RTK-izmera je potekala februarja 2014, navezavo na referenčno postajo smo opravili:

- neposredno na referenčno permanentno postajo VO_KA (Celje), omogočen je bil sprejem opazovanj GPS + GLONASS (v nadaljevanju: VO_KA GPS+GLN),
 - na državno mrežo stalnih postaj SIGNAL, način RTK-VRS, ki je v praksi najbolj uporabljena.
- V našem primeru je bil omogočen samo sprejem opazovanj GPS (v nadaljevanju: VRS GPS).

Za oba načina povezave (VO_KA GPS+GLN in VRS GPS) smo opazovanja izvajali v časovnem intervalu 500 sekund po izvedeni inicializaciji, da smo zagotovo dobili kakovostne rezultate. Vpliv geometrije satelitov in sprejemnika podajamo s faktorjem DOP (angl. Dilution Of Precision) (Leick, 1995), ki podaja mero za kakovost geometrijske razporeditve uporabljenih satelitov. Število sprejetih satelitov se je med meritvami v načinu VRS GPS gibalo med 7 in 10, v načinu VO_KA GPS+GLN med 6 in 10 GPS ter

med 2 in 9 GLONASS-satelitov. Priporoča se čim manjša vrednost PDOP (manj od 4) med opazovanji, kajti vrednost 1 je teoretično idealen primer, v katerem naj konstelacija satelitov ne bi povečala napake določitve položaja bolj, kot jo omogoča kakovost samih opazovanj (Langley, 1999). HDOP je v običajnih razmerah praviloma manjši od 2, medtem ko je VDOP navadno za 1,5-krat večji kot HDOP (Kozmus, 2010). Navedeni parametri so prikazani na sliki 7. Zaradi večjega števila opazovanih satelitov so pri navezavi VO_KA GPS+GLN vse vrednosti faktorjev DOP nižje, saj uporabimo tudi GLONASS-satelite, kar omogoča boljšo geometrijsko razporeditev satelitov med izmero.



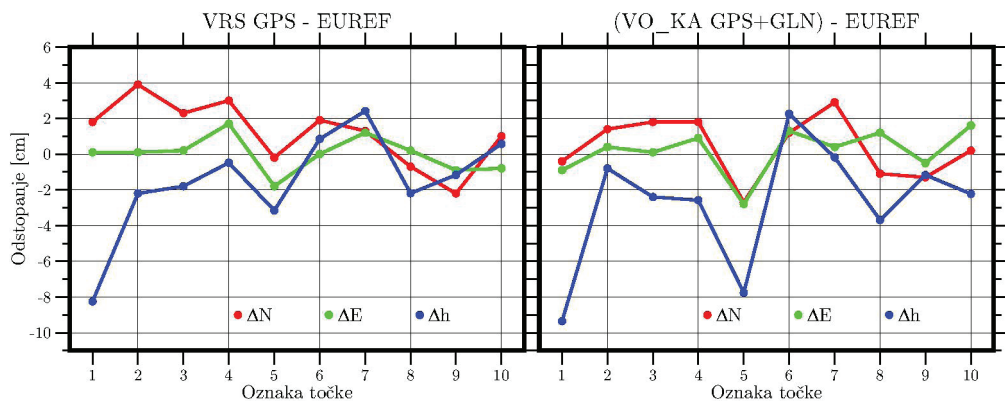
Slika 7: Prikaz vrednosti DOP-faktorjev za oba načina izmere – VRS GPS in VO_KA GPS+GLN.

Odstopanja med podanimi uradnimi koordinatami točk navezovalne mreže in rezultati izmere RTK (VO_KA GPS+GLN in VRS GPS) so predstavljeni v preglednici 5. V njej sta z oznako NAJVEČJE in NAJMANJŠE podani ekstremni vrednosti odstopanj, s pa je standardni odklon odstopanj posamezne komponente. Iz preglednice 5 je razvidno, da so odstopanja pri obeh metodah navezave podobna in na centimetrski ravni. Odstopanja so za horizontalni komponenti (E in N) pod 3 centimetri, medtem ko so odstopanja v višinski smeri večja, tudi do 9 centimetrov.

Preglednica 5: Odstopanja med uradnimi koordinatami in koordinatami, dobljenimi z izmero VRS GPS in VO_KA GPS+GLN.

	VRS GPS – EUREF-TOČKE			VO_KA GPS+GLN – EUREF-TOČKE		
	E [cm]	N [cm]	h [cm]	E [cm]	N [cm]	h [cm]
NAJMANJŠE	– 2,2	– 1,8	– 7,3	– 1,8	– 2,8	– 9,4
NAJVEČJE	3,9	1,7	2,4	2,9	1,3	2,2
σ	1,72	0,95	2,25	1,65	1,33	3,28

Vrednosti iz preglednice 5 so grafično predstavljene na sliki 8, na kateri je razvidno, da so odstopanja za obe navezavi podobna, kar kaže na višjo skladnost dobljenih koordinat RTK in VRS v primerjavi z uradnimi koordinatami.



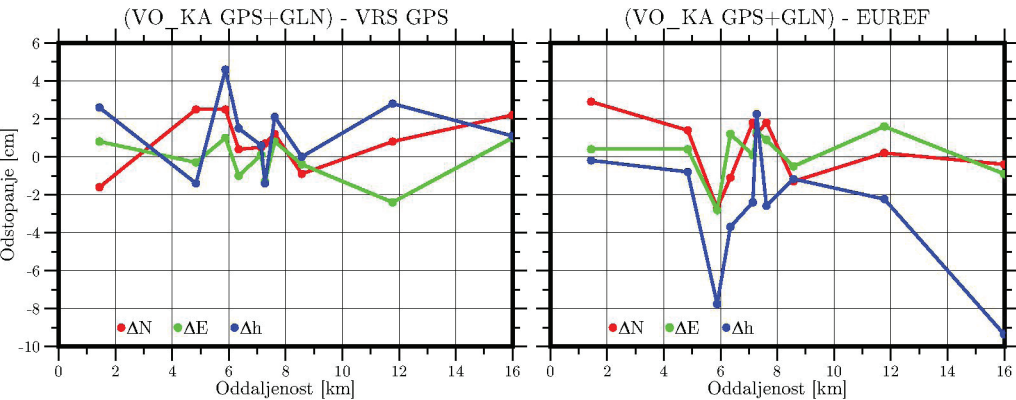
Slika 8: Grafični prikaz odstopanj iz preglednice 5.

Iz preglednice 6 in slike 8 je razvidno, da so koordinate po obeh metodah navezav različne. Te so predstavljen v preglednici 6. Oznake v preglednici imajo enak pomen kot v preglednici 5.

Preglednica 6: Statistike razlik koordinat, določenih z obema uporabljenima metodama (VO_KA GPS+GLN in VRS GPS).

	(VO_KA GPS+GLN) – (VRS GPS)		
	ΔE [cm]	ΔN [cm]	Δh [cm]
SPODNJA	– 1,6	– 1,3	– 1,4
ZGORNJA	2,5	0,8	4,6
σ	1,29	1,08	1,81

Razlike v dobljenih koordinatah točk z obema metodama izmere in uradnimi koordinatami na sliki 9 prikazujemo v odvisnosti od oddaljenosti od referenčne postaje. Oddaljenost od referenčne postaje je eden od pomembnejših dejavnikov pri določitvi natančnosti koordinat točk z metodo RTK, saj natančnost določitve koordinat točk z oddaljenostjo od bazne postaje pada (Bilban, 2014). S slike 9 je razvidno, da razlike med obema metodama izmere (slika levo) v našem primeru niso odvisne od oddaljenosti od referenčne postaje. Enak sklep lahko naredimo tudi za desno sliko.



Slika 9: Odstopanja koordinat v odvisnosti od oddaljenosti od referenčne postaje.

6 SKLEP

Iz pridobljenih izkušenj bi želeli opozoriti, da mora biti referenčna postaja postavljena in stabilizirana preudarno in z upoštevanjem navodil ter IGS, EPN, EUPOS in preostalih smernic za zagotovitev najvišje kakovosti geodetskih opazovanj GNSS. Izračun koordinat referenčne postaje mora biti določen z najvišjo kakovostjo in skladen (z najvišjo točnostjo) z državnim koordinatnim sistemom. Zavedati se moramo, da so koordinate referenčne postaje koordinatno izhodišče nadaljnjih izmer in se napaka v koordinatah referenčne postaje neposredno prenese na napake v ocenjenih koordinatah novih točk. Zato je treba koordinate referenčne postaje tudi pogosto preračunavati, nadzirati njihovo stabilnost in arhivirati surove podatke postaje po visokih strokovnih standardih. Nepremišljena, nespametna ali malomarna vzpostavitev in uporaba referenčne postaje pomeni nevarnost za geodetsko stroko, za vzpostavljen državni koordinatni sistem in vse prostorske podatke, ki so bili prostorsko opredeljeni na podlagi podatkov slabo določene referenčne postaje.

Razlik v dobljenih koordinatah v tem delu nismo analizirali, zato lahko razloge le nakažemo. Razlike med uradnimi in izmerjenimi koordinatami (obe metodi) lahko pripišemo razliki v časovnem obdobju, v katerem so bile koordinate določene. EUREF-koordinate točk so bile dobljene na podlagi navezave na uradne EUREF-točke (Berk et al., 2003) iz leta 1995 z izmero v letih 1994–1996. Izmeri RTK in VRS pa sta potekali leta 2014. Problematične so razlike med izmero RTK in VRS. Te bo treba v prihodnosti podrobneje analizirati. Ker obe izmeri izhajata iz enake koordinatne osnove (koordinatni sistem omrežja SIGNAL), lahko razlike nakazujejo realno natančnost izmere VRS oziroma RTK, torej nekajcentimetrovsko natančnost (glej preglednico 7). V prihodnje pa bo treba podrobno raziskati in potrditi, da med obema načinoma izmere ni sistematičnih razlik.

V našem primeru je bila referenčna postaja vzpostavljena za pridobivanje položaja objektov GJI v izbranem komunalnem podjetju. Empirični rezultati so pokazali, da lahko minimalno dopustno natančnost evidentiranih objektov GJI zagotovimo tudi ob večjih dolžinah baznega vektorja, v našem primeru do približno 15 kilometrov. Pri tem moramo upoštevati osnovni pogoj opazovanja pri odprtem jarku, zagotoviti kakovostno izvedbo ter uporabo kalibriranega instrumenta in pribora, nadštevilnih opazovanj, ustrezne redukcije in izravnave opazovanj. Glede na velikost povprečnega komunalnega podjetja v Sloveniji, katerega območje geografsko ne presega polmera 20 kilometrov, lahko pritrdimo dejstvu, da je postavitev lastne referenčne postaje ena od rešitev, kako zagotoviti priporočeno natančnost evidentiranja objektov GJI.

Literatura in viri:

- Berk, S., Kozmus, K., Radovan, D., Stopar, B. (2006). Planning and realization of the Slovenian permanent GPS network. *Allgemeine Vermessungs-Nachrichten*, 113(11–12), 383–387.
- Berk, S., Komadina, Ž., Marjanović, M., Radovan, D., Stopar, B. (2003). Preračun kombinirane rešitve EUREF GPS-kampanj iz let 1994, 1995, 1996 – »EUREF-SLOVENIA-94/95/96«. Končno poročilo. Ljubljana.
- Bilban, G. (2014). Analiza kakovosti določitve položaja v omrežjih postaj GNSS. Magistrska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- BKG NTRIP. <http://igs.bkg.bund.de/ntrip/ntriphomepage>, pridobljeno: 28. 7. 2014.
- Brazeal, R. (2013). GNSS Next: Do-It-Yourself Internet RTK. *Professional Surveyor Magazine*, 33(3).
- Bruyninx, C. (2013). Guidelines for EPN Stations & Operational Centres. EPN Central Bureau. http://epncb.oma.be/_documentation/guidelines/guidelines_station_operationalcentre.pdf, pridobljeno 28. 7. 2014.
- CODE (2012). CODE Analysis Strategy Summary. <https://igscb.jpl.nasa.gov/overview/pubs.html>, pridobljeno, 28. 7. 2014.
- Dach, R., Hugentobler, U., Fridez, P., Meindl, M. (2007). Bernese GPS Software. Version

- S.O. Bern, Astronomski inštitut Univerze v Bernu.
- EPN (2013). Guidelines for the EPN Analysis Centres. http://www.epncb.oma.be/_documentation/guidelines/guidelines_analysis_centres.pdf, pridobljeno 29. 7. 2014.
- Geodetski inštitut Slovenije – GI. (2012). Zasnova temeljne večnamenske državne geoinformacijske infrastrukture. Končno poročilo. Zaključno poročilo o rezultatih ciljnega raziskovalnega projekta ARRS-CRP-ZP-2012/3. Ljubljana.
- Golob, P. (2008). Zasnova projekta dolgoročnega spremljanja premikov geotehničnih objektov na osnovi opazovanj GNSS. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- Horváth, T., Leitmannová, K., Nagl, J., Kollo, K., in Wübbena, G. (2008). Guidelines for Single Site Design. Version 2.1. EUPOS® – European Position Determination System. http://www.eupos.org/images/eupos_files/single_site_design_version2.1.pdf, pridobljeno: 10. 11. 2013.
- IGS (2013). IGS Site Guidelines. <http://igsceb.jpl.nasa.gov/network/guidelines/guidelines.html>, pridobljeno: 28. 7. 2014.
- Kozmus, K. (2010). Razvoj postopkov obdelave opazovanj GNSS za navigacijo oseb v oteženih pogojih. Doktorska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- Kozmus, K., Stopar, B. (2003). Načini določanja položaja s satelitskimi tehnikami. Geodetski vestnik, 47(4), 404–413.
- Kozmus, K., Stopar, B. (2006). Protokol NTRIP za prenos podatkov preko interneta. Geodetski vestnik, 50(3), 464–471.
- Langley, B., R. (1999). Dilution of Precision. GPS WORLD, maj 1999, 52–59.
- LEFEBURE (2010). <http://lefebure.com/software/ntripcaster>, pridobljeno: 22. 7. 2014.
- Leick, A. (1995). GPS satellite surveying. Second Edition. John Wiley & Sons, Inc. Kanada.
- Savšek, S., Ambrožič, T., Kogoj, D., Koler, B., Sterle, O., in Stopar, B. (2010). Geodezija v geotehniki. Geodetski vestnik, 54(1), 31–45. DOI: <http://dx.doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2010.01.031-045>
- Sterle, O., Štebe, G., Pavlovčič, P., Stopar, B. (2013). Analize ročnih/mobilnih GNSS sprejemnikov in njihova položajna natančnost pri evidentiranju in uporabi podatkov v podporo aplikaciji 'Pokličič, preden koplješ'. Projektna naloga. Ljubljana, Geodetska uprava RS.
- Sterle, O., Stopar, B., Pavlovčič Prešeren, P. (2014). Metoda PPP pri statični izmeri GNSS. Geodetski vestnik, 58(3), 466–481. DOI: <http://dx.doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2014.03.466-481>
- Stopar, B., Pavlovčič, P. (2007). Višja geodezija II. Študijsko gradivo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- Šarlah, N., Kumer, J., Kuzmič, M., Jud, S., Mesner, A., Mlinar, J., Klemenčič, G., Šelek, L. (2010). Evidentiranje gospodarske infrastrukture. Ljubljana, Gospodarsko interesno združenje geodetskih izvajalcev (GIZ GI).
- UNAVCO (2014). Monumentation Types. <http://www.unavco.org/instrumentation/monumentation/types/types.html>, pridobljeno, 28. 7. 2014.
- Weber, G., Gebhard, H., Dettmering, D. (2005). Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (NTRIP). ION GNSS 18th International Technical Meeting of Satellite Division, Long Beach. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/3-540-27432-4_11
- Topcon (2006). Priročnik o instrumentu Topcon HiPer pro.
- Topcon (2008). Priročnik o instrumentu in postavitvi baznega sprejemnika Topcon HiPer-AG GPS.
- Šarlah N., Štebe G., Sterle O. (2015). Postopek vzpostavitve in testiranja lastne referenčne GNSS-postaje. Geodetski vestnik, 59 (3): 457–472. DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2015.03.457-472

mag. Nikolaj Šarlah, univ. dipl. inž. geod.
 Območna geodetska uprava Celje
 Mariborska ulica 88, SI-3000 Celje
 e-naslov: niko.sarlah@gov.si

asist. mag. 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

asist. Gašper Štebe, univ. dipl. inž. geod.
 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
 Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
 e-naslov: gasper.stebe@fgg.uni-lj.si

PONESREČENA IZSTRELITEV SATELITOV GALILEO IN VESOLJSKI ODPADKI

RECENT GALILEO LAUNCH FAILURE IN THE LIGHT OF SPACE DEBRIS

Polona Pavlovčič Prešeren, Helena Harej, Miran Kuhar

UDK:
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.04
Prispelo: 3. 7. 2015
Sprejeto: 1. 9. 2015

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2015.03.473-485
PROFESSIONAL ARTICLE
Received: 3. 7. 2015
Accepted: 1. 9. 2015

IZVLEČEK

V prispevku predstavimo problematiko vse večjega onesnaževanja vesoljskega prostora z objekti, ki smo jih poslali v vesolje po letu 1957. Za delujoče objekte opišemo, kako se njihove tirnice predstavijo z dvovrstičnimi Keplerjevimi elementi elipse tira, ki jih vsak dan podajajo službe za spremljanje delujočih objektov v vesolju. Četudi je točnost določitve položaja objektov velikostnega reda kilometer ali več, so ti podatki pomembna podlaga za spremljanje dinamike aktivnih objektov v vesolju. Bolj problematični so objekti, ki se gibljejo nenadzorovano in jih imenujemo vesoljski odpadki. Predstavimo zgodovino dogodkov, povezanih z onesnaževanjem vesolja. Sklenemo s pomembnim dogodkom v letu 2014, ki je povezan z globalnimi navigacijskimi satelitskimi sistemi, in sicer z neuspešnim poskusom umestitve dveh satelitov Galileo v želeni tirnici. Kljub spodletelemu poskusu je znanstvenikom v nadzornem centru Galileo s sodobno krmilno opremo in veliko truda uspelo tirnici satelitov popraviti, tako da ju ne uvrščamo med vesoljske odpadke, ki zaradi možnosti trka ogrožajo druge delujoče objekte.

ABSTRACT

In this paper, we present the problem of the increasing pollution of space with the objects that have been sent into space from 1957 onwards. For operating facilities, we describe the use of the two-line Keplerian elements (TLE) for the presentation of objects' orbits, provided by monitoring services on a daily basis. Although the accuracy of the object position determination is in a range of a few kilometres, the obtained data represent an important basis for monitoring of the dynamics of active structures. More problematic are the facilities of uncontrolled moving objects through space, known as "space debris". We present the history of events linked to space pollution and describe some examples of major pollution events. We conclude with the important developments in space in 2014 for the global satellite navigation system and its failure in the mission of two Galileo satellites. Despite their inability to reach the correct orbit, these satellites are not treated as space debris. The modern control equipment and the effort of control centre scientists managed to achieve the correction of the satellites' orbit and add two objects as active in the TLE catalogue.

KLJUČNE BESEDE

satelit Galileo, tirnica, vesoljski odpadki, Keplerjevi elementi

KEY WORDS

Galileo satellite, orbit, space debris, TLE Keplerian elements

1 UVOD

Evropska vesoljska agencija ESA (angl. European Space Agency) je 22. avgusta 2014 z izstrelišča v mestecu Kourou v Francoski Gvajani z rusko nosilno raketo Sojuz-2 poskušala umestiti prva operativna satelita navigacijskega sistema Galileo, to je šesti satelit GSAT0201 z imenom Doresa in sedmi satelit GSAT0202 z imenom Milena (*poimenovana sta po otrocih iz držav Evropske unije, ki so bili izbrani na likovnem natečaju. Satelit GSAT0219, ki naj bi ga v vesolje izstrelili po letu 2016, ima ime po slovenski deklici Turi*). Izstrelitev je sicer uspela, vendar sta satelita zaradi mehanskih težav na izstrelitvenem modulu raketne zgoranje stopnje Fregat pristala v napačni tirnici (ESA, URL1). Zaradi želje, da ne bi pristala med vesoljskimi odpadki, so konec decembra 2014 toliko popravili tirnico satelita GSAT0201, da lahko oddaja navigacijski signal. Letos so začeli uravnavanje tirnice satelita GSAT0202. Za zdaj kaže, da satelitov ne bodo mogli umestiti v želeni tirnici, ampak ju bodo izkoristili kot podporo pri delovanju novih satelitov Galileo.

Vsi v vesolje izstreljeni objekti tam tudi ostanejo, četudi se ne uporabljajo več. Vesoljski odpadki, znani tudi kot orbitalne razbitine, vesoljske razbitine ali vesoljske smeti, se v vesolju kopičijo vse od 4. oktobra 1957, ko je bil izstreljen ruski satelit Sputnik 1. To so deli odsluženih vesoljskih raket, raketne stopnje in nefunkcionalni sateliti oziroma njihovi deli, ki so odpadli zaradi trkov, eksplozij in erozije. Tirnice nedelujočih objektov se nenadzorovano spreminjajo in prekrivajo tirnice delujočih objektov, zaradi česar obstaja nevarnost trkov z delujočimi vesoljskimi objekti in plovili. Po ocenah je v vesolju kakih deset milijonov delcev, manjših od centimetra. Vesoljski odpadki ovirajo nadaljnje vesoljske odprave in lahko ogrozijo tudi življenje na Zemlji.

2 OPAZOVANJE VESOLJA IN KATALOGIZIRANJE VESOLJSKIH OBJEKTOV

Z opazovanjem, odkrivanjem ter nadzorom vesolja se ukvarja vse več organizacij, agencij in družb po svetu. Financerji in podporniki nacionalnih vesoljskih agencij in drugih organizacij, ki se ukvarjajo z raziskovanjem vesolja, so večinoma državotvorne strukture (ministrstva). V zadnjem času so k projektu pristopila podjetja in bogati posamezniki, ki izvajajo ali načrtujejo polete v vesolje. Različne organizacije so vzpostavile kataloge za vesoljske objekte, ki jih redno vzdržujejo. V okviru Združenih narodov obstaja register izstreljenih objektov (angl. UN Register of Objects Launched into Outer Space), ki ga upravlja urad Združenih narodov za vesoljske zadeve UNOOSA (angl. UN Office for Outer Space Affairs; Aker, 2013). Najbolj popolni so ameriški katalogi NORAD in USSPACECOM ter katalog agencije ESA, imenovan DISCOS.

USSPACECOM (angl. United States Space Command) deluje pod okriljem ameriškega ministrstva za obrambo. Organizacija je bila ustanovljena leta 1985 kot podpora oboroženim silam ZDA pri institucionalizaciji uporabe vesolja in ima sedež v bazi zračnih sil Peterson v bližini Colorada Springsa. Tu ima sedež tudi mnogo starejše združenje organizacij za vesoljsko varnost in zaščito NORAD (angl. North American Aerospace Defense Command).

Vzdrževanje kataloga sloni na omrežju senzorjev za vesoljski nadzor SSN (angl. United States Space Surveillance Network). To je omrežje elektro-optičnih in radarskih senzorjev za odkrivanje, sledenje in identifikacijo objektov, ki krožijo okoli Zemlje. Podatke beležijo v katalogu vesoljskih objektov (angl. Space Object Catalog) in podatkovni bazi agencije ESA DISCOS (angl. Database and Information System

Characterizing Objects in Space; USSSN, 2015). Približno 16.000 evidentiranih vesoljskih objektov delimo na več kategorij (Osiander in Ostdiek, 2009):

- operativni sateliti oziroma sonde: 7 %;
- odsluženi sateliti: 22 %;
- različni delci: 41 %;
- deli raket: 17 %;
- deli tekočih in odsluženih satelitskih misij: 13 %.

NORAD vse od leta 1957 vodi bazo podatkov o raketah in objektih, ki so kadarkoli dosegli tirnico. Vanjo poleg podatkov o satelitih zapisujejo tudi podatke o aerodinamičnih ščitih, ki so zagotavljali zaščito satelitom na poti do zelene tirnice. V preteklosti so hranili tudi podatke o dinamih za rakete, ki so jih izstrelili skupaj z raketami in so se od raket na neki točki ločili.

Zapis podatkov o objektih v katalogu NORAD ima enotno obliko dvovrstičnih zapisov parametrov za izračun tirnice, in sicer format (NASA)-2-LINE (angl. National Aeronautics and Space Administration; Capderou, 2005). Danes je format znan kot TLE (angl. Two Line Elements). Pravzaprav je to dvovrstični zapis Keplerjevih elementov tirnice objekta. Keplerjevi elementi elipse tira so eden od načinov za enolično določitev tirnice objekta v polju gravitacijske sile (Vallado, 2001; Bate idr., 1971).

AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA

1 NNNNNU NNNNNAAA NNNNN.NNNNNNNN +.NNNNNNNN +NNNNN-N +NNNNN-N N NNNNN

2 NNNNN NNN.NNNN NNN.NNNN NNNNNNN NNN.NNNN NNN.NNNN NN.NNNNNNNNNNNNNNN

Slika 1: Osnovna oblika zapisa dvovrstičnih elementov TLE.

Na sliki 1 predstavljamo ključ za uporabo podatkov dvovrstičnih elementov, pri čemer je A črka in N številka. V vrstici 0 (naslovu) je 24 znakov namenjenih za določitev imena satelita. Sledijo numerične vrednosti parametrov v metrični enoti, ki opisujejo velikost predmeta v obliki krogle (premer), valja (premer in dolžina) oziroma kvadra (dolžina, širina in višina). V prvi in drugi vrstici je standardni format zapisa elementov tirnice (dvovrstični elementi), pri čemer vsaka vsebuje natanko 69 znakov. Na sliki 2 podajamo opis dvovrstičnih elementov na primeru satelita Galileo FM4 GSAT0104 (PRN E20).

[NORAD 2-Line Element Set Format] =====

1 38858U 12055B 15116.68797856 -.00000036 00000-0 00000 0 0 9994

2 38858 55.0026 213.7474 0002783 212.4254 147.5749 1.70473750 15737

=====

Slika 2: Primer dvovrstičnega zapisa elementov tirnice.

V preglednicah 1 in 2 predstavljamo podrobne opise posameznih elementov zapisa formata TLE. Zaradi velikega števila satelitov so dvovrstične elemente razvrstili v skupine za meteorološke, navigacijske (posebej GPS, GALILEO, GLONASS, BeiDou) in komunikacijske satelite (tudi ti se delijo v podskupine) ter satelite za daljinsko zaznavanje. Seznam je na spletni strani <http://celestrak.com>.

Preglednica 1: Prva vrstica formata zapisa TLE

Stolpec		Opis podatka
1	številka vrstice	
03-07	38858	registracijska številka satelita
08	U	javni satelit U (angl. unclassified) ali zaupni satelit C (angl. classified)
10-11	12	mednarodna oznaka (zadnji dve števk leta izstrelitve)
12-14	05	mednarodna oznaka (zaporedna številka izstrelitve v letu)
15-17	B	mednarodna oznaka (podatki o zaporednem delu izstrelitve)*
19-20	15	mednarodna oznaka (zadnji dve števk leta izstrelitve)
21-32	116.68797856	trenutek oziroma zaporedni dan v letu z delom dneva
34-43	-0.00000036	prvi odvod po času povprečne kotne hitrosti (balistični parameter)
45-52	00000-0	drugi odvod po času povprečne kotne hitrosti, deljen s 6 (parameter, povezan s pospeševanjem)
54-61	00000 0	koeficient BSTAR za uporabo v povezavi z modelom motenj SG-4, sicer koeficient pritiska Sončevega sevanja (predpostavljena decimalna pika)
63	0	tip efemerid
65-68	999	zaporedno število nabora podatkov
69	4	kontrolna vsota (modul 10)

* *B pomeni, da je bil satelit drugi po vrsti pri tej izstrelitvi (nosilna raketa je takrat utirila tudi satelit Galileo GSAT0103 (PRN E19), ki ima oznako A.*

Preglednica 2: Druga vrstica formata zapisa TLE

Stolpec		Opis podatka
1	številka vrstice	
03-07	38858	registracijska številka satelita
09-16	55.0026	inklinacija tirnice i [°]
18-25	213.7474	rektascenzija dviznega vozla Ω [°]
27-33	0002783	ekscentriciteta tirnice e (decimalna pika spredaj)
35-42	212.4254	argument perigeja ω [°]
44-51	147.5749	srednja anomalija M [°]
53-63	1.70473750	povprečna kotna hitrost (krožna frekvenca) n v obhodih na dan (število tirnic v enem dnevu; angl. mean motion)
64-68	1573	število obhodov od izstrelitve do obravnavanega trenutka
69	7	kontrolna vsota (modul 10)

Kljub imenu format TLE pravzaprav sestavljajo tri vrstice podatkov. Vsebina prve, ki se označuje kot vrstica 0, vsebuje neuradno ime satelita. Temu sledijo podatki, ki opisujejo velikost satelita in jih ne uporabljamo pri računanju tirnice ter opredelitvi objekta na tirnici. Zanimivo je, da format NASA-2-LINE ne vsebuje velike polosi ellipse a , saj imajo objekti na tirnicah z enako polosjo enake obhodne čase, ne glede na njihovo ekscentričnost (tretji Keplerjev zakon). Namesto tega podajajo anomalijo frekvence

tirnice, to je število obhodov v enem dnevu, štetih od perigeja do naslednjega perigeja. Razlog za to je dejstvo, da je ob upoštevanju zunanjih vplivov na gibanje satelitov povezava med veliko polosjo elipse tira in frekvenco tirnice veliko bolj zapletena od preprostega tretjega Keplerjevega zakona v problemu dveh teles (Vidmar, 1996).

Postopek računanja ostalih Keplerjevih elementov je nazorno prikazan v Capderou (2005, str. 254–258). Za izračun lahko uporabimo tudi program Ixion istega avtorja, ki ga dobimo na spletni strani: <http://climserv.ipsl.polytechnique.fr/ixion.html>, kjer lahko pridobimo tudi pomembne podatke o satelitih ali sondah. Položaj objektov na tirnici lahko z dvovrstičnimi elementi določimo bolj natančno, če v izračun vključimo poenostavljene modele zunanjih vplivov na gibanje satelitov (Vallado in Crawford, 2008). Pri teh se dodatno upoštevajo vplivi zaradi neenakomerne razporeditve gostote Zemljinih mas, atmosferskega pritiska, Sončevega sevanja in gravitacijskih vplivov drugih nebesnih teles.

3 VESOLJSKI ODPADKI

Vesoljske odpadke delimo glede na velikost, ki so jo sposobni zaznati instrumenti za opazovanje objektov v vesolju. Med velike odpadke uvrščamo neuporabne objekte s premerom 10 centimetrov ter maso enega kilograma ali več. Med manjše štejemo objekte, manjše od 10 centimetrov, čeprav naj bi imeli majhni objekti velikost enega centimetra ali manj. Velja poudariti, da zaradi omejitev instrumentov za sledenje ne moremo strogo opredeliti ločnice med velikimi in majhnimi odpadki. Trenutno sledijo približno 22.000 delcem, ki so večji od petih centimetrov, in 300.000 delcem, ki so manjši od enega centimetra in so na višinah do 2.000 kilometrov (NASA, 2015). Vesoljske odprave se morajo odpadkom izogniti, zato je njihovo načrtovanje čedalje bolj zahtevno. Za zdaj se vesoljska plovila lahko izogibajo velikim odpadkom samo tako, da spreminjajo smer leta. Ocenjujejo, da se je v vesolju nakopičilo več kot 5.500 ton razbitin, ki so posledica več kot 50-letnega nekontroliranega in nepremišljenega pošiljanja objektov v vesolje. Takšno ravnanje z vesoljskim prostorom je neodgovorno, saj se kopičenje odpadkov vsako leto poveča za 5 %. V vesolju smo skoraj že dosegli kritično gostoto objektov in ti se kopičijo hitreje, kot jih lahko odstranijo naravne sile. Znano je, da nekateri objekti v atmosferi zgorijo, vendar se pri veliki količini odpadkov na to ne moremo zanašati. Med morebitnimi trki lahko iz uničenih delov vesoljskih plovil nastanejo novi odpadki, s čimer se še poveča tveganje za nadaljnje trke. Obstaja možnost pojava Kesslerjevega sindroma, ko gostota objektov doseže kritično vrednost in povzroči verižno reakcijo trkov med objekti (Osiander in Ostdiek, 2009).

Pri spremljanju vesoljskih odpadkov so ugotovili, da je večina njihove mase zbrana v težkih odpadkih (en kilogram ali več), čeprav so majhni odpadki številčnejši (Kessler, 1991). Veliki odpadki pomenijo nevarnost za uničenje kateregakoli velikega vesoljskega plovila. Študije so pokazale, da lahko objekti z maso enega kilograma ali več in s hitrostjo 10 km/s povzročijo uničenje tisoč kilogramov težkega vesoljskega plovila. Vesoljske odpadke in njihov vpliv lahko razvrstimo v tri kategorije, in sicer (Kessler, 1991):

- v prvo spadajo odpadki z dovolj nizko gostoto, da je njihov vpliv v vesoljskem okolju manj problematičen;
- v drugi so odpadki s tako imenovano kritično gostoto. To so razbitine, ki povzročajo dodatne trke in prispevajo k večanju števila odpadkov;

- v tretjo pa se uvrščajo odpadki z gostoto, ki je večja od kritične, pri čemer je stopnja možnosti za pojav novih delcev večja, kot je gostota že obstoječih objektov na tem območju.

Znanih je kar nekaj primerov uničenja aktivnih objektov v vesolju zaradi trkov z drugimi delci. Telekomunikacijski satelit ESA Olympus-1 je 11. avgusta 1993 zadel meteor. Francoski mikrosatelit Cerise so 24. julija 1996 v sončno sinhroni nizki Zemljini orbiti zadeli delci raketnega ojačevalca (pospeševalca rakete, ki nosi satelite v vesolje) rakete Ariane-1 H-10, ki je eksplodirala v novembru 1986. V letu 2006, in sicer 29. marca, je ruski komunikacijski satelit Express-AM11 trčil v neznan predmet. Dva nepoškodovana umetna satelita v Zemljini orbiti sta naključno trčila 19. februarja 2009, in sicer sta se na višini 789 kilometrov nad Tajmirskim polotokom v severni Rusiji (Sibirija) s hitrostjo 11,7 km/s (približno 42.120 km/h) zadela aktivni ameriški satelit Iridium 33 in ruski satelit Cosmos 2251, ki od leta 1995 ni več služil svojemu namenu.

Zaradi prednosti izrabe atmosferskega tlaka za vesoljske odprave s človeško posadko najpogosteje uporabljajo tirnice na višini 400 kilometrov ali manj. Trki z drugimi delci so na tej višini manj verjetni. Vedeti je treba, da tu delci preidejo v atmosfero, kjer zgorijo. Kritična višina se lahko spremeni zaradi vesoljskega vremena, ki zviša atmosfero. Rahel atmosferski pritisk, Lunin vpliv na spremembo gibanja po tirnici in pritisk Sončevega sevanja lahko postopoma prinesejo odpadke v nižjo Zemljino orbito, kjer razpadejo. Višje, kjer ima atmosferski tlak manjši vpliv, je nižanje tirnice daljše in lahko preteče več tisočletij, preden objekt doseže atmosfero. Ker se višje tirnice za umestitev objektov uporabljajo manj, naj bi bila verjetnost trkov manjša in posledično naj bi število odpadkov naraščalo počasneje. Zanimivo je, da se številke približujejo kritičnemu pragu mnogo hitreje, kot bi pričakovali.

Vprašanje vesoljskih odpadkov je posebej problematično v dragoceni geostacionarni orbiti, kjer so sateliti pogosto v skupinah nad primarno točko na Zemlji in si delijo isto orbitalno pot. Tako je tudi motnja tirnice na tem območju zelo pomembna, saj povzroča dolžinski premik vesoljskega plovila in premike plovil v ravnini tirnice. Vesoljska plovila na tej višini morajo neprenehoma spreminjati smer gibanja, da se izognejo trkom. Aktivne satelite obdržijo v predvideni tirnici z motorji. Če se ti pokvarijo, postanejo sateliti potencialne tarče trkov. Znan je primer komunikacijskega satelita Telstar 401, ki so ga izstrelili leta 1993 in ga je uničila magnetna nevihta v letu 1997.

Združeni narodi spodbujajo države, da vpišejo načrtovane vesoljske izstrelitve v register. Ob tem sicer niso postavili izrecne zahteve po posodobitvi informacij v registru, kar bi drugim udeležencem omogočilo boljšo oceno tveganja za trke z vesoljskimi odpadki (Akers, 2012). Register izstreljenih objektov ZN tako ne vsebuje niti navigacijskih satelitov GPS, GLONASS, Beidou in Galileo (Akers, 2012). Povečano število vesoljskih nesreč zaradi trkov z vesoljskimi odpadki je dalo zagon različnim pobudam za spremembo mednarodnega vesoljskega prava, dela mednarodnega javnega prava, ki ureja dejavnosti v vesolju (Grosse, 2013). To so pravila, načela in standardi petih mednarodnih pogodb, izdanih pod okriljem Organizacije združenih narodov (Štarkel, 2010). Primarni cilj regulacije dejavnosti v vesolju je razumski in odgovoren pristop k raziskovanju in rabi vesolja. Vesoljsko pravo pokriva najrazličnejša področja vesoljskega udejstvovanja, kot so vojaške aktivnosti v vesolju, ohranitev naravnega okolja na Zemlji, odškodninska odgovornost za škodo, ki jo povzročijo vesoljski objekti, varovanje nacionalnih interesov, reševanje astronomov, mednarodno sodelovanje in izmenjava informacij o morebitnih nevarnostih iz vesolja.

3.1 Druge vrste odpadkov

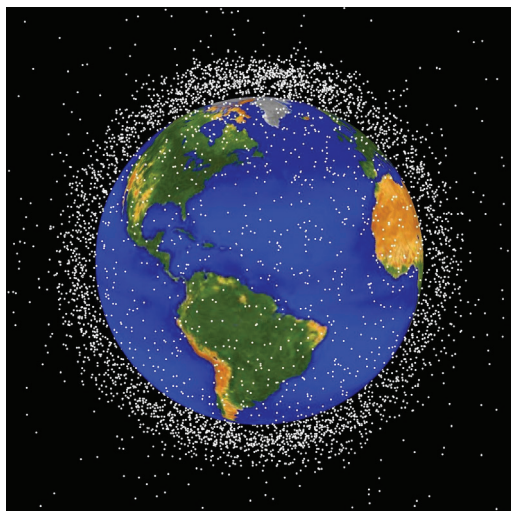
Med druge vrste odpadkov uvrščamo nedelujoča vesoljska plovila, izgubljeno opremo, raketne stopnje in ojačevalce, dodatne diname, polnilce, baterije, motorje v večstopenjskih raketah in odpadke, ki so nastali med hladno vojno in med preskušanjem protisatelitskega orožja. Združene države Amerike so leta 1958 v vesolje izstrelile satelit Vanguard I, ki je bil četrti umetni Zemljin satelit in je prvi deloval na sončno energijo. Čeprav so povezavo z njim izgubili že leta 1964, še vedno ostaja v srednji Zemljini orbiti kot najstarejši satelit, ki ga je izdelal in v vesolje poslal človek (Space debris, 2014).

Med vesoljskimi odpadki najdemo tudi izgubljeno rokavico Edwarda Whita, prvega ameriškega astronava, ki je hodil po vesolju (Edward Higgins White, 2015), kamero Michaela Collinsa, ki jo je izgubil blizu vesoljskega plovila Gemini 10, vrečo smeti, ki jo je odvrnil ruski kozmonavt iz vesoljske postaje, in izvijak ter zobno kremo neznanega lastnika. Znano je, da je ameriška astronautka s slovenskimi koreninami Sunita Williams med sprehodom po vesolju iz vesoljske rakete STS 120 izgubila kamero in klešče. Heidemarie Stefanyshyn - Piper je med sprehodom po vesolju na eni od odprav izgubila kovček velikosti škatle za orodje (Harej, 2014).

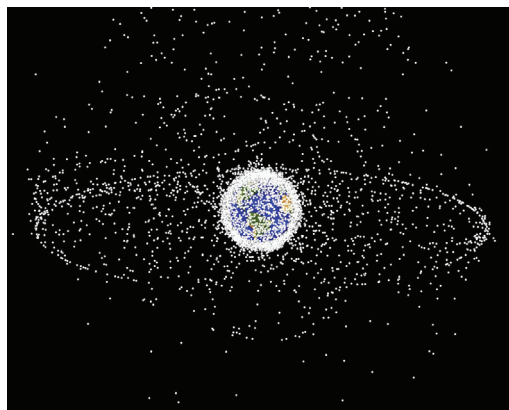
Tudi raketne stopnje obravnavamo kot vesoljske odpadke. Nizke raketne stopnje, kot so trdni raketni motorji na vesoljski raketi, odpadejo, preden dosežejo tirnico. Nato zgorijo in torej ne prispevajo k skupni masi odpadkov v orbiti. Višjestopenjski motorji oziroma rakete, kot je na primer dvostopenjska raketa na trdo gorivo, ki so jo razvili Američani za prenos tovora iz nižje v višjo Zemljino orbito, začnejo in končajo produktivno dobo v orbiti. Znanih je več eksplozij raketnih stopenj, ki so povzročile velike oblake odpadkov in prispevale k povečanju števila objektov v vesolju. Tako je 11. marca 2000 v vesolju eksplodirala kitajska visokostopenjska raketa Long March 4's CBERS-1/SACI-1. Podobno je 19. februarja 2007 na ruski raketi Briz-M eksplodirala stopnja motorja nad severno Avstralijo. Motor so izstrelili 28. februarja 2006 in je nosil komunikacijski satelit Arabsat-4A. To eksplozijo je posnelo več astronomov, vendar zaradi velikosti oblaka odpadkov ni bilo mogoče oceniti njihove količine. Od 21. februarja 2007 je bilo identificiranih več kot tisoč delcev. Tretja eksplozija raketne stopnje se je zgodila 14. februarja 2007. Zabeležil jo je ameriški sistem za sledenje vesoljskim objektom in jo tudi evidentiral v katalogu vesoljskih objektov. Vse od leta 1993 je bilo največ zabeleženih razpadov v letu 2006, in sicer kar osem.

Eden od največjih virov odpadkov v preteklosti je bilo testiranje protisatelitskega orožja, ki so ga v 60. in 70. letih prejšnjega stoletja izvajale Združene države Amerike in nekdanja Sovjetska zveza. Med države, ki so kadarkoli izvedle protisatelitske teste, spada tudi Kitajska. Ocenjujejo, da je z razpadom kitajske protisatelitske rakete nastalo 2.300 kosov odpadkov s premerom več centimetrov, čez 35.000 kosov v velikosti enega centimetra ali več in en milijon kosov v velikosti enega milimetra. Test so izvedli na višini med 850 in 882 kilometri, kjer je največ umetnih satelitov, tamkajšnji atmosferski tlak pa je tako nizek, da se odpadki verjetno ne bodo vrnili na Zemljo (Sethu in Sing, 2014).

Sedanje stanje v prostoru nizko letečih satelitov do višine 2000 kilometrov (tirnice LEO; angl. Low Earth Orbit) in geostacionarnih tirnic kažeta sliki 3 in 4, ki smo ju pridobili na spletišču ameriške vesoljske agencije NASA: <http://orbitaldebris.jsc.nasa.gov/>.



Slika 3: Stanje v prostoru nizkih zemeljskih tirnic (pridobljeno 10. 4. 2015).



Slika 4: Stanje v prostoru geostacionarnih tirnic (pridobljeno 10. 4. 2015).

3.2 Kako se je vse začelo?

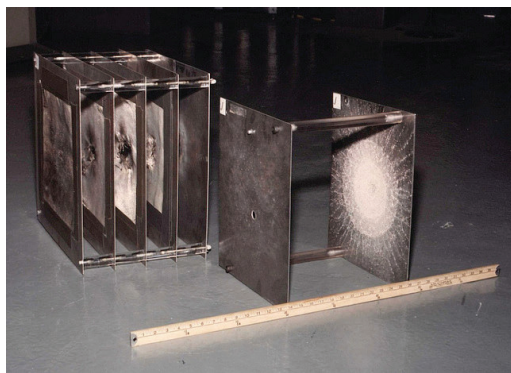
Najprej so opazovali meteoroidne, mikrometeoroidne in asteroidne, ki s trki povzročajo škodo na vesoljskih plovilih. Tuja literatura loči med meteoroidi in mikrometeoroidi (to so vesoljski delci z maso, manjšo od enega grama), mi oboje poimenujemo kar meteoroid (Triglav, 2000). Znanstveniki različnih strok so opazovali delce v vesolju ali zbirali različne magnetne delce, ki so padli na Zemljo. Vse so povezovali z vesoljskim prahom, ki je padel na Zemljo. Količine meteorskega toka so primerjali na podlagi ocen s teleskopskimi meritvami in ocen, pridobljenih z neposrednimi meritvami na Zemlji. Tako so ugotovili, da visok tok lahko pomeni zelo resno tveganje za vesoljske odprave v višjih tirnicah, kot na primer odprava Apollo. Da bi ugotovili, ali so bila neposredna merjenja točna, so izvedli dodatne študije. Ena izmed njih je bil satelitski program Pegasus, ki je pokazal, da je stopnja meteoroidov, ki gredo skozi atmosfero, podobna stopnji, ki so jo pridobili z optičnim merjenjem, in znaša od 10.000 do 20.000 ton na leto (Pegasus, 2015).

Satelitski program Pegasus so sestavljali trije ameriški sateliti, ki so jih februarja 1965 poslali v vesolje z raketo Saturn I 16. Glavni namen je bil pridobiti podatke o frekvenci vpliva mikrometeoroidov na vesoljska plovila. Sateliti Pegasus so bili prepoznavni po parih kril, ki so merila 29 metrov v dolžino, 4,3 metra v širino in so bila sestavljena iz nizov 104 plošč. Te so bile opremljene s senzorji za zaznavanje lukenj, ki jih povzročijo mikrometeoroidi v visokih orbitah. Sateliti Pegasus so bili do takrat najvišje poslani umetni sateliti v vesolje in so delovali v podporo programu Apollo, ki je od leta 1970 na Luno pošiljal odprave s človeškimi posadkami. Senzorji satelitov Pegasus so uspešno merili gostoto, velikost, smer in prodornost vplivov mikrometeoroidov, ko so ti zadevali vanje, in podali oceno stopnje uničenja, ki ga lahko povzročijo mikrometeoroidi (Brook idr., 1979).

3.3 Zaščita pred vesoljskim odpadki in delci iz vesolja

Po ugotovitvah misije Pegasus so ameriški znanstveniki poskušali poiskati rešitev, s katero bi zavarovali satelite, ki se bodo v prihodnje znašli v stiku z meteoroidi in njihovimi delci (mikrometeoroidi). Vesoljska plovila so v vesolju izpostavljena trkom vesoljskih objektov (mikrometeoroidov) v velikosti zrna prahu, zato je bila rešitev, ki jo je predlagal Fred Whipple, zelo dobrodošla. V letu 1974 je predstavil učinkovit način, kako se izogniti trkom z meteoroidi ali zmanjšati njihov vpliv (Whipple, 1947), njegov meteorski odbijač ali Whipplov ščit se še vedno uporablja za zaščito vesoljskih plovil. Whipplov ščit je narejen iz relativno tankega in s tem tudi lahkega zunanega odbijača, ki je nekoliko oddaljen od stene samega vesoljskega plovila. S tem se pomembno izboljša zaščita in zmanjša masa samega plovila, kar je zelo pomembno pri vesoljskih poletih. Obstaja več oblik Whipplovega ščita, ki se uporabljajo na različnih vesoljskih plovilih in postajah, odvisno od vrste vesoljskega plovila ter stopnje zaščite, ki jo želimo doseči. Lahko je lahko narejen v obliki tanke aluminijaste folije, ali v obliki plošč (slika 5).

Ščit sicer uspešno varuje plovila pred številnimi prašnimi delci in manjšimi odpadki, ne zavaruje pa jih pred trki z velikimi kosi odpadkov.



Slika 5: Večplastni in dvoplastni Whipplov ščit (vir: <http://wordpress.mrreid.org/2013/01/28/whipple-shielding/>, pridobljeno 20. 4. 2015).

Danes so v uporabi tudi drugi materiali. Raziskave so pokazale, da je ščit iz keramičnih vlaken pogosto boljša zaščita pred veliko hitrostjo delcev (~ 7 km/h) kot aluminijast ščit. V zadnjem času so začeli uporabljati tudi najnovejše umetne materiale, na primer kevlar (Whipple Shield, 2015).

3.4 Odstranjevanje vesoljskih odpadkov

Zaradi povečane količine odpadkov so se v zadnjih letih pojavile zamisli, da bi vesolje očistili. V preteklosti so že predlagali vrsto rešitev. Vesoljske agencije so si za strateški cilj v prihodnosti postavile razvoj inovativnih tehnologij za odstranitev vesoljskih odpadkov. Najprej je treba odstraniti najbolj kritične velike objekte, nato nedelujoče in večje kose razpadlih satelitov ter postopoma, z razvojem tehnologije, še vse druge manjše delce. Študija agencij NASA in ESA je pokazala, da bi lahko z nadzorovanim in načrtovanim delom odstranili do deset velikih odpadkov na leto (Harej, 2014). Različni predlogi za odstranjevanje vesoljskih odpadkov so še v povojih. Najbolj učinkoviti metodi za zmanjšanje števila predmetov v vesolju sta še vedno zmanjšanje ustvarjanja novih vesoljskih odpadkov in odgovorna raba

vesolja. Objekti, ki jih bodo v prihodnje poslali v vesolje, pa bi morali že imeti načrt za odstranitev iz vesolja po koncu življenjske dobe.

Najzanesljivejši način čiščenja vesolja je, da se objekti vrnejo v Zemljino atmosfero, kjer zgorejo. Večja težava so objekti v višjih orbitah, ki ne bodo kmalu ali sploh nikoli prišli v atmosfero. Ena od možnosti za odstranjevanje odpadkov so roboti, ki bi nedelujoče satelite oskrbovali z gorivom, da bi se ti lahko odstranili iz orbite oziroma vesolja. Druga od predlaganih rešitev je namestitev dodatnih elektrodinamičnih vrvic na vesoljska plovila. Te bi se na koncu njihove življenjske dobe razvile in bi počasi spustile vesoljsko plovilo iz prvotne orbite do atmosfere ali do posebej vzpostavljene orbite z odpadki (angl. graveyard orbit). Namesto vrvic so predlagali tudi jadra (Dugan, 2013). Zelo dobro preučena rešitev je uporaba daljinsko vodenih vozil, ki bi se srečevala z nedelujočimi objekti in jih vračala v prvotno tirnico, če bi jim bilo mogoče podaljšati življenjsko dobo, ali pa jih usmerila v tirnico z odpadki. V ta namen naj bi se uporabljalo vozilo SIS (angl. Space Infrastructure Servicing), ki oskrbuje z gorivom telekomunikacijske satelite v geosinhroni orbiti oziroma deluje kot servisno plovilo. Izstrelitev prvega vozila so predvidevali v letu 2015, vendar so projekt odložili v prihodnost (Harej 2014). Vesoljske odpadke bi lahko odstranjevali tudi z laserji na Zemlji, ki bi izkoriščali prednosti svetlobne moči za uničenje delcev. Podobno delujejo sistemi, kjer laserje zamenjajo z žarki ionov (Harej, 2014). V švicarskem vesoljskem centru EPFL so predstavili projekt CleanSpace One, ki temelji na uporabi nanosatelitov. Ti se bodo prelepili na odpadke in ga usmerili proti atmosferi, kjer bosta zgorela odpadke in nanosatelit. Prvo izstrelitev načrtujejo v letu 2018 (Harej, 2014).

4 IZSTRELITEV OPERATIVNIH SATELITOV SISTEMA GALILEO

ESA je do leta 2012 izstrelila in umestila v tirnico štiri satelite navigacijskega sistema Galileo. Po načrtih naj bi bilo do konca leta 2014 v orbiti že osem satelitov, vendar je ponesrečena umestitev dveh satelitov 22. avgusta 2014 nekoliko spremenila nadaljnji časovni načrt. Peti satelit GSAT0201 in šesti satelit GSAT0202 sta zaradi strojnih težav raketne stopnje Fregat nosilne rakete Sojuz-2 končala v popolnoma drugačnih tirnicah (preglednica 3). Poročilo agencije ESA iz oktobra 2014 navaja napačno delovanje izstrelitvenih modulov zaradi zmrzovanja hidrazina, anorganske kemijske spojine za raketno gorivo (Spacenews.com, 2014).

Preglednica 3: Osnovni Keplerjevi elementi pravilne in nepravilne tirnice napačno umeščenih satelitov.

Keplerjev element	načrtovan	napačen
velika polos <i>a</i>	29.900 km	26.200 km
ekscentriciteta <i>e</i>	≈ 0	0,23053
naklon <i>i</i>	55°	47°

Zaradi zelo ekscentrične tirnice sta bila satelita pri kroženju okoli Zemlje pri prvem prehodu čez perigej na višini 13.700 kilometrov izpostavljena sevanju iz nevarnega območja Van Allenovih sevalnih pasov. V območju Van Allenovih pasov, ki so na notranjem delu Zemljine magnetosfere, je ionizirajoče sevanje zelo močno, saj se tu delci sončnega vetra »ujamejo« v zemeljskem magnetnem polju. Sevanje lahko

močno vpliva na delovanje sončnih celic satelitov, v najslabšem primeru lahko celo uniči polprevodniške elemente celic (Batagelj, 2013).

V novembru 2014 so strokovnjaki iz nadzornega centra Galileo v Oberpfaffenhofnu v Nemčiji izvedli enajst nadzorovanih umestitev (manevrov) in končno jim je satelit GSAT0201 uspelo umestiti v novo tirnico (ESA, URL 3). Višino perigeja so povišali na 17.230 kilometrov in ekscentriciteto zmanjšali na 0,15619. Tako so omogočili boljšo orientacijo glavne antene, da je stalno obrnjena proti Zemlji. Z aktivnim oddajanjem signala so začeli testno spremljati satelit v evropskih kontrolnih postajah. Prvi navigacijski testi s signalom satelita GSAT0201 so pokazali precej dobre rezultate (ESA, URL 4). Pri tem so sporočili, da imajo komercialni sprejemniki GNSS lahko težave s sprejemom signala z navedenega satelita. Vzrok je v tirnici, ki ni usklajena s podatki iz navigacijskega sporočila, zaradi česar se podaljša čas iskanja satelita.

Marač letos so podoben postopek izvedli tudi za satelit GSAT0202 (ESA, URL 5). Izkazalo se je, da ponesrečena umestitev satelitov ni zavrla procesa nadaljnjih izstrelitev satelitov Galileo. Tako so 27. marca 2015 uspešno izstrelili satelita GSAT0203 z imenom Adam in GSAT0204 z imenom Anastasia. Tudi tokrat je ESA uporabila rusko nosilno raketo Sojuz (ESA, URL 6). Pričakujemo, da bosta kmalu popolnoma operativna.

5 SKLEP

Čeprav se je umestitev satelitov Galileo (GSAT0202 z imenom Doresa in GSAT0202 z imenom Milena) nepričakovano ponesrečila, nista končala med vesoljskimi odpadki. Krmilna oprema sodobne vesoljske tehnologije in znanje strokovnjakov nadzornega centra Galileo sta omogočila popravek njunih tirnic. Izstrelitve v zgodovini vesoljske tehnologije so bile večinoma uspešne, vendar so sateliti, sonde in druga vesoljska oprema po opravljeni nalogi ostali ujeti v zanko Zemljine gravitacijske sile in napredna vesoljska oprema je postala del vesoljskih odpadkov. Ker se količina odpadkov vse bolj povečuje, se pojavljajo pritiski znanstvenikov za očiščenje vesoljskega prostora. Predlagane rešitve se še preskušajo in niso bile še izvedene v praksi. Na temo vesoljskih odpadkov je potekalo že več srečanj znanstvenikov. Pri tem velja omeniti 6. evropsko konferenco o vesoljskih odpadkih, ki je potekala 25. aprila 2013. Takrat je nastala pobuda z imenom Čisto vesolje, ki vključuje raziskave in razvoj novih tehnologij za odstranjevanje vesoljskih odpadkov in ublažitev težave kopičenja objektov v vesolju. Nacionalne vesoljske agencije in ESA so opredelile razvoj aktivnih tehnologij za odstranjevanje objektov iz vesolja za svoj strateški cilj (ESA, URL 1).

Kljub vsem prototipom za odstranjevanje vesoljskih odpadkov je še vedno ena od najučinkovitejših rešitev za zmanjšanje vesoljskih odpadkov zmerna in odgovorna raba vesoljskega prostora ter težnja k trajnostno naravnemu varovanju vesoljskega okolja. Tu se velja vprašati, kam vodi človekov razvoj, ki je v zadnjem stoletju za zagotavljanje čim bolj udobnega življenja onesnažil ne samo planet, ampak je posegel tudi višje, v vesolje. Zato v razmislek podpori k pomembnosti dragih projektov v zvezi z ohranjanjem okolja in vesolja končujemo z besedami Roberta Baden Powella, ustanovitelja skavtskega gibanja: »*Try and leave this world a little better than you found it*« oziroma »*Poskusimo pustiti svet za seboj malo boljši, kot smo ga dobili*«.

Literatura in viri:

- Akers, A. (2012). The infinity and beyond: orbital space debris and how to clean it up. *University of La Verne Law Review*, 33, 285–317. http://www.lacba.org/Files/Main%20Folder/Sections/International%20Law/InternationalLawNewsletter/files/Akers_Final.pdf, pridobljeno: 24. 8. 2015.
- Bate, R. R., Mueller, D. D., White, J. E. (1971). *Fundamentals of Astrodynamics*. New York, Dover Publications.
- Batagelj, B. (2013). *Satelitske komunikacije: študijsko gradivo*. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, 119 str. http://antena.fe.unijs.si/studij/skn_vs/gradivo/satelitske_komunikacije%20_Batagelj.pdf, pridobljeno: 26. 8. 2015.
- Brook, C. G., Grimwood, J. M., Swenson, L. S. (1979). *Chariots for Apollo: A History of Manned Lunar Spacecraft*. NASA special publication 4205. <http://history.nasa.gov/SP-4205/contents.html>, pridobljeno: 26. 8. 2015.
- Capderou, M. (2005). *Satellites, orbits and missions*. Pariz, Springer–Verlag.
- Committee for the Assessment of NASA's Orbital Debris Programs (2011). *Limiting Future Collision Risk to Spacecraft: An Assessment of NASA's Meteoroid and Orbital Debris Programs*. Washington D. C., National Academies Press. <http://www.nap.edu/catalog/13244/limiting-future-collision-risk-to-spacecraft-an-assessment-of-nasas>, pridobljeno: 20. 8. 2015.
- Dugan, B. (2013). *5 Bold Proposals For Cleaning Up Space Junk*. <http://mentalfloss.com/article/48606/5-bold-proposals-cleaning-space-junk>, pridobljeno: 26. 8. 2015.
- Edward Higgins White (b. l.). https://en.wikipedia.org/wiki/Edward_Higgins_White, pridobljeno: 21. 8. 2015.
- ESA, URL 1. <http://www.congrexprojects.com/2013-events/13a09/introduction>, pridobljeno: 20. 3. 2014.
- ESA, URL 2. http://www.esa.int/Our_Activities/Navigation/The_future_-_Galileo/Launching_Galileo/Soyuz_Galileo_launch_injection_anomaly, pridobljeno: 21. 9. 2014.
- ESA, URL 3. http://www.esa.int/Our_Activities/Navigation/Galileo_satellite_recovered_and_transmitting_navigation_signals, pridobljeno: 12. 12. 2014.
- ESA, URL 4. http://www.esa.int/Our_Activities/Navigation/Salvaged_Galileo_performs_its_first_navigation_fix, pridobljeno: 9. 1. 2015.
- ESA, URL 5. http://www.esa.int/Our_Activities/Navigation/The_future_-_Galileo/Launching_Galileo/Sixth_Galileo_satellite_reaches_corrected_orbit, pridobljeno: 20. 3. 2015.
- ESA, URL 6. http://www.esa.int/Our_Activities/Navigation/The_future_-_Galileo/Launching_Galileo/Galileo_satellites_well_on_way_to_working_orbit, pridobljeno: 28. 4. 2015.
- Grosse, C. (2013). *Space debris and space traffic management: two contemporary issues of sustainable space security*. Seminarska naloga. Dunaj, Pravna fakulteta. http://intlaw.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/int_beziehungen/Internetpubl/Grosse_2013_Space_debris.pdf, pridobljeno: 20. 8. 2015.
- Harej, H. (2014). *Vloga satelitske geodezije pri spremljanju in evidentiranju vesoljskih odpadkov*. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 124 str.
- Kessler, D. J. (1991). Collisional cascading: the limits of population growth in low Earth orbit. *Advances in Space Research*, 11(12), 63–66. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0273-1177\(91\)90543-s](http://dx.doi.org/10.1016/0273-1177(91)90543-s)
- NASA: Orbital Debris (b.l.) <http://orbitaldebris.jsc.nasa.gov>, pridobljeno: 6. 3. 2015.
- Osiander, R., Ostdiek, P. (2009). *Introduction to space debris*. V: A. G. Darrin, B. L. O'Leary (ur.), *Handbook of Space Engineering, Archaeology, and Heritage* (str. 363–379). Boca Raton, CRC Press. <http://www.slideshare.net/InglesAerospace/chapter-18-introduction-to-space-debris>, pridobljeno: 20. 4. 2015.
- Pegasus (b. l.) v *Encyclopedia Astronautica* <http://www.astronautix.com/craft/pegasus.htm>, pridobljeno: 25. 8. 2015.
- Sethu, S., Singh, M. (2014). *Stuck in Space: The Growing Problem of Space Debris Pollution*, *UKLSA Legal Issues Journal*, 2(1). <http://www.uklsa.co.uk/wp-content/uploads/2014/06/UKLSR-Volume-2-Issue-1-Article-6.pdf>, pridobljeno: 20. 8. 2015.
- Štarkel, K. (2010). *Pravo in vesolje*. Pamfil. <http://pamfil.si/prispevek/pravo-in-vesolje>, pridobljeno: 24. 8. 2015.
- Triglav, M. (2000). *Meteorji*. Ljubljana, Založba DMFAS.
- Vallado, D. A. (2001). *Fundamentals of astrodynamics and applications*. 2. izdaja. El Segundo, Microcosm Press.
- Vallado, D., Crawford, P. (2008). *SGP4 Orbit Determination*. Simpozij: 2008 AIAA/AAS Astrodynamics Specialist Conference. <http://www.centerforspace.com>, pridobljeno: 10. 4. 2015.
- Whipple, F. L. (1947). Meteorites and space travel. *Astronomical Journal*, 52(1161), 131. DOI: <http://dx.doi.org/10.1086/106009>
- Spacenews.com (b. l.). <http://spacenews.com/42270lingering-doubts-drove-europe-to-sideline-galileo-launches-until-next-year>, pridobljeno: 30. 10. 2014.
- Space Debris (b.l.). http://en.wikipedia.org/wiki/Space_debris, pridobljeno: 20. 4. 2015.
- UNOOSA (b. l.). *United Nations Register of Objects Launched into Outer Space*. <http://www.unoosa.org/oosa/spaceobjectregister/resources/index.html>, pridobljeno 21. 8. 2015.
- USSTRATCOM (b.l.). http://www.stratcom.mil/factsheets/11/Space_Control_and_Space_Surveillance, pridobljeno: 23. 4. 2015.
- USSSN (b. l.). http://en.wikipedia.org/wiki/United_States_Space_Surveillance_Network, pridobljeno: 24. 5. 2015.
- Whipple Shield (b. l.). http://en.wikipedia.org/wiki/Whipple_shield, pridobljeno: 23. 4. 2015.

Polona Pavlovčič Prešeren, Helena Harej, Miran Kuhar (2015). Ponesrečena izstrelitev satelitov Galileo in vesoljski odpadki. Geodetski vestnik, 59 (3): 473-485.
DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2015.03.473-485

doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren, univ. dipl. inž. geod.
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: polona.pavlovcic-preseren@fgg.uni-lj.si

doc. dr. Miran Kuhar, univ. dipl. inž. geod.
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: miran.kuhar@fgg.uni-lj.si

Helena Harej, univ. dipl. inž. geod.
e-naslov: helena.harej@msa.si

POVPREČNA PROMETNA DOSTOPNOST OBČIN SLOVENIJE DO NAJBЛИŽJEGA PRIKLJUČKA AVTOCESTE ALI HITRE CESTE

AVERAGE TRANSPORT ACCE- SSIBILITY OF THE SLOVENIAN MUNICIPALITIES TO THE NEAREST MOTORWAY OR EXPRESSWAY ACCESS POINT

Samo Drobne, Dejan Paliska

UDK: 331.55
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.02
Prispelo: 6.4.2015
Sprejeto: 6.8.2015

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2015.03.486-519
REVIEW ARTICLE
Received: 6.4.2015
Accepted: 6.8.2015

IZVLEČEK

V prispevku obravnavamo povprečno prometno dostopnost občin Slovenije do najbližjega priključka avtoceste ali hitre ceste. V ta namen najprej razložimo pojem prometne dostopnosti, izvedemo pregled teoretičnih pristopov modeliranja prometne dostopnosti in izpostavimo pomembnejše dejavnike pri modeliranju. Nadaljujemo s pregledom avtorjev modeliranja prometne dostopnosti v Sloveniji. Predlagani rastrski model nadgrajuje dosedanja prakso modeliranja prometne dostopnosti v Sloveniji z vključitvijo vplivov obsega prometa (zastoji), naklona in gostote rabe tal na potovalno hitrost. Rezultati modeliranja kažejo na večje razlike v dostopnosti slovenskih občin. Rezultate dostopnosti smo primerjali z rezultati prejšnjih modelov. V splošnem se povprečna prometna dostopnost občin v obdobju 2009–2013 ni bistveno spremenila; še vedno ostajajo najbolj problematične številne obmejne občine.

ABSTRACT

This paper deals with the car accessibility of the Slovenian municipalities to the nearest motorway or expressway access point. To this end, we review the accessibility measures used in transport planning strategies and highlight important factors in modelling transport accessibility. Further, an overview of the studies of transport accessibility modelling in Slovenia is presented. The suggested raster model upgrades the current practice of modelling transport accessibility in Slovenia by considering the influence of average traffic volume (congestion), road gradient, and land use density on travel speed. The model results reveal a large disparity in the accessibility among Slovenian municipalities. The paper also compares the proposed model results with the earlier model results. In general, average transport accessibility in Slovenian municipalities did not change in 2009–2013; our model suggested the list of problematic municipalities in border areas similar to the one identified in the earlier models.

KLJUČNE BESEDE

dostopnost, prometna dostopnost, geografski informacijski sistemi, avtocesta, hitra cesta, občina, Slovenija

KEY WORDS

accessibility, transport accessibility, geographic information systems, motorway, expressway, municipality, Slovenia

1 INTRODUCTION

In recent years, accessibility is gaining importance in planning land use and transport infrastructure, and has become a good indicator of spatial cohesion (Schürmann et al., 1997; Lopez et al., 2008), as well as social and economic spatial development (Rietveld and Nijkamp, 1993). Along with investments and spatial policy, accessibility influences the organization and dynamics of regions, and consequently the spatial distribution of activities and the population (Bavoux et al., 2005). Accessibility is directly related to mobility, economic development, and social prosperity; therefore, measuring accessibility is an important tool to be directly used by spatial planners and policy makers when assessing various spatial planning strategies (Geurs and van Wee, 2004; Vandenbulcke et al., 2009; Gutierrez et al., 2010). Accessibility measures mostly differ by purpose, calculation complexity, and interpretation of results. In this paper, we are focused on the accessibility measures used for planning land use and transport infrastructure planning. In evaluating spatial development and transport infrastructure policy, accessibility is usually estimated using easily interpretable and understandable accessibility measures to both researchers and policy makers. In these strategies, the so-called infrastructure or transport accessibility measures are most frequently found; in this group, several measures are used to evaluate the performance of transportation system, such as travel time, travel speed, and the level of congestion (Geurs and van Wee, 2004).

In Slovenia, the issues concerning transport accessibility are included in strategic spatial documents as well as legislation. Strategic spatial documents covering transport accessibility are the Regional Development Strategy of Slovenia (SRRS, 2001), Spatial Development Strategy of Slovenia (SPRS, 2004), and Development Strategy of Slovenia (SRS, 2005). Over the past decade, improving transport accessibility in Slovenia has been one of the key strategic spatial planning objectives, as laid down in the Spatial Development Strategy of Slovenia (SPRS, 2004). As for legislation, the Promotion of Balanced Regional Development Act (ZSRR-2; Official Gazette of the RS, 20/2011, 57/2012), inter alia, defines the measures for problematic border areas. These areas include border municipalities and the municipalities directly adjacent to border municipalities. According to ZSRR-2 (ibid.), problematic border municipalities have more than 50% of their residents living in a zone within 10 km from the border, where there is a lack of jobs and a below-average population density. According to this act, the municipalities that are adjacent to border municipalities and included in problematic border areas also include the municipalities with more than 45-minute average accessibility to the nearest motorway or expressway access point or the municipalities with a high proportion of Natura 2000 areas. A detailed review of including transport accessibility issues into strategic documents and legislation was conducted by Kozina (2009, 2010d).

The Decree Determining Problematic Border Areas (UDOPO; Official Gazette of the RS, 22/2011) lays down that every two years the Government Office of the Republic of Slovenia for Local Self-Government and Regional Policy – now the Ministry of the Economic Development and Technology (MGRT; Official Gazette of the RS 97/2012), Regional Development Directorate, Sector for Regional Development Planning – shall check the values of the measures from the decree and, in the event of different classifications of municipalities into problematic border areas, propose appropriate amendments of the Decree. This includes any advances in methodology development and setting

up of databases.¹ According to UDOPO, the average transport accessibility of a municipality to the nearest motorway or expressway access point is calculated as an average access time by car on the road network. This analysis includes the most recent data from public records (Official Gazette of the RS 22/2011). The University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, participated in calculating the average transport accessibility of municipalities to a motorway or expressway access point: (Pogačnik et al., 2010) for the 2011 Decree (Official Gazette of the RS 22/2011), (Drobne, 2012) for the 2012 Decree (Official Gazette of the RS 97/2012), and (Drobne, 2014) for the situation at the end of 2013.

In the Slovenian literature, relevant discussions on accessibility are found in (Bole et al., 2010; Čeh et al., 2008; Černe, 1986; Drobne, 2003, 2005, 2012, 2014; Drobne and Bogataj, 2005; Drobne et al., 2004; Gulič and Plevnik, 2000; Kozina, 2008, 2009, 2010a, b, c, d; Kozina and Plevnik, 2009; Paliska et al., 2000, 2004; Pelc, 1989; Šetinc et al., 2006; Zavodnik Lamovšek et al., 2010). Two in-depth works by Kozina stand out (2008 and 2010d).

This paper focuses on the analysis of the average infrastructure accessibility of municipalities to the nearest motorway or expressway access point in Slovenia. These roads, which are of key importance for long-distance freight transport, are important road connections with neighbouring countries, while they also connect the national major urban centres of regional significance in the country. The study is limited to individual (car) transport only.

1.1 Definition of the term accessibility and measuring accessibility in a geographic information system

In the literature, there is no single definition of accessibility, consequently, several different definitions and different approaches to measure it exist (Hägerstrand, 1970; Moseley, 1979; Černe, 1986; de Jong and van Eck, 1997; Harris, 2001; Ho, 2011). One of the first definition of accessibility was given by Stewart (1948) and Hansen (1959), who defined accessibility as the “potential of opportunities”. Morris and colleagues (Morris et al., 1979) defined accessibility as the ease with which spatially separated activities may be reached from a given location using a particular transportation system. Focusing on transport, the definition of accessibility by Geurs and Ritsema van Eck (2001) should be mentioned as well. According to the authors, accessibility expresses the “extent to which a land-use transport system enables individuals or goods to reach activities or destinations by means of a (combination of) transport mode(s)” (ibid., p. 36). Conceptually, this last definition (Geurs and Ritsema van Eck, 2001) is broader than the previous one (Morris et al., 1979), as it includes four interdependent components (Vandenbulcke et al., 2009), i.e. “a transport component (transport system), a land-use component (the magnitude, quality and characteristics of activities found at each destination), a temporal component (time availability of activities), and an individual component (needs, abilities, and individual’s opportunities)” (p. 40).

¹ Taking into account the official and available data on measure values, in 2011 problematic border areas included the following municipalities (Official Gazette of the RS 22/2011): Bistrica ob Sotli, Ajdovščina, Apače, Benedikt, Bohinj, Bovec, Brda, Brežice, Cankova, Cerkno, Cirkulane, Črenšovci, Črna na Koroškem, Črnomelj, Divača, Dobrovniki, Dolenjske Toplice, Dravograd, Gorje, Gornji Petrovci, Grad, Hodoš, Hrpolje, Kozina, Ilirska Bistrica, Jezersko, Kanal, Kobarid, Kobilje, Kočevje, Komen, Kostanjevica na Krki, Kostel, Kozje, Kranjska Gora, Kungota, Kuzma, Lendava, Loška dolina, Loški Potok, Lovrenc na Pohorju, Luče, Majšperk, Metlika, Mežica, Miren, Kostanjevica, Monaske Toplice, Muta, Ormož, Osilnica, Pesnica, Pivka, Podčetrtek, Podlehnik, Podvelka, Postojna, Predvor, Prevalje, Puconci, Radlje ob Dravi, Ravne na Koroškem, Ribnica, Ribnica na Pohorju, Rogošci, Rogatec, Ruše, Selnica ob Dravi, Semič, Slovenj Gradec, Solčava, Središče ob Dravi, Sveta Ana, Sveti Jurij v Slovenskih goricah, Sveti Tomaž, Šalovci, Šentjernej, Šmarje pri Jelšah, Tolmin, Trzin, Velika Polana, Videm, Vipava, Vuzenica, Zavrč, Žetale, and Žirovnica. A year later, the Municipality of Žirovnica was removed from this list (Official Gazette of the RS 42/2004).

Since there is no consensus about the best approach to measure the accessibility, mostly because different situations require different approaches (Handy and Niemeier, 1997; Gutierrez, 2001), different accessibility measures can be found in the literature.

Handy and Niemeier (1997) classified the existing approaches of measuring accessibility into three categories: isochrones (which indicate the number or proportion of destinations reachable within the given travel time/distance/cost from a selected origin), gravity-based measures (which assume the gradual decrease in accessibility as the travel time to destinations increases), and utility-based measures (which estimate the accessibility at the level of the individual). Baradaran and Ramjerdi (2001) distinguish between five (general theoretical) approaches to measure accessibility: (1) travel-cost approach, (2) gravity or opportunities approach, (3) constraints-based approach, (4) utility-based surplus approach, and (5) composite approach. Similarly, different approaches of measuring accessibility were proposed by Geurs and van Wee (2004), who identified four groups: infrastructure-based measures, location-based measures, person-based measures, and, finally, utility-based measures. Different groups of accessibility measures require different data and are related to different operationalization and communicability; more detailed information about this topic is found in Bruinsma and Rietveld (1998), Geurs and van Wee (2004), and Vandenbulcke et al. (2009).

In this paper, the motorway and expressway network access of municipalities is estimated. Due to the limitations in the available data, we focus our study on evaluating infrastructure-based accessibility measures. These indicators have many advantages, of which the ease to operationalize and interpret, and the requirements of fewer inputs are the most important. However, these measures have also some important shortcomings. Guers and Vee (2004) argued that the infrastructure-based measures do not satisfy most of the theoretical criteria; are not sensitive to changes in supply of and demand for opportunities (land-use component), in temporal constraints (temporal component), and in individual needs and preferences (individual component). Consequently, these measures cannot be used for evaluating the accessibility impact on land use policy due to the lack of measuring the location quality, and temporal and individual elements (Bruinsma and Rietveld, 1998; Geurs and van Wee, 2004; Vandenbulcke et al., 2009). Despite these shortcomings, infrastructure-based accessibility measures are widely used for evaluating national transport policies in the United States and European countries (Guers and van Wee, 2004).

The flexibility of geographic information systems (GIS) allows for a detailed illustration and evaluation of infrastructure-based accessibility indicators. Travel time and travel costs can be analysed on transport infrastructure in both raster and vector based data models. For many years, there has been the discussion about the most appropriate model; however, similarly to the lack of a consensus about the definition of accessibility, no consensus has been reached about using a model as well. Therefore, authors make different decisions, based on needs, data availability, data processing capabilities, etc. (Coullelis, 1992; van Bemmelen et al., 1993; Goodchild et al., 2007; Delamater et al., 2012). The two approaches differ significantly in terms of the conceptual model of space, data formats, processing algorithms, and the method of evaluating accessibility, but the calculations of travel time and cost in both data models are similar. Travel time is calculated based on travel distance and speed, and is conceptually characterised as the "cost of movement". Such interpretation allows for the use of various algorithms (e.g. the "minimum cost path" in the raster model, and the "shortest path" in the vector data model) of accessibility estimates.

Donnay and Ledent (1995) described two important shortcomings of calculating accessibility in an object-based vector data model. First, since in the vector data model the transport networks are represented as a constellation of nodes and connecting links, the accessibility can only be calculated for the nodes (accessibility for any point at the connection line between two nodes has to be interpolated) and, second, the accessibility for the off-network locations cannot be calculated. Unlike in the vector data model, in the raster data model we deal with transport accessibility as a spatially continuous variable, meaning that the accessibility can be calculated for any given point in the area in question (Julião, 1999; Drobne, 2003; Drobne et al., 2004; Goodchild et al., 2007; Delamater et al., 2012). Similarly to the vector data model approach, also the raster approach has several disadvantages, e.g. the difficulty of defining the connections in nodes (at-grade crossings, grade-separated crossings, turn directions) and the problem of flow direction (one-way and two-way traffic flows). Details about the differences, advantages, and disadvantages of both data models are found in van Bemmelen et al. (1993), Donnay and Ledent (1995), Goodchild et al. (2007) and Delamater et al. (2012). Although in some cases, the vector data model performs better and produces results that are more reliable, it still has its shortcomings due to which the raster approach was adopted in this study.

1.2 Travel speed and travel time in transport accessibility studies

Travel speed and travel time are the key factors in evaluating transport accessibility. However, travel speed is influenced by various factors and its estimation can be a rather complex task. According to the HCM-2000 methodology (Highway Capacity Manual; HCM, 2000), the capacity and level of service (including travel speed and time) of a road generally depend on the road parameters, traffic flow characteristics, and the traffic control. For the estimation of vehicle speed on urban streets the HCM-2000 methodology further defines the road adjacent land use type, roadside activity, and the street environment, etc., as the influencing factors. In addition to this, many previous studies reported that the travel speed is also influenced by the vehicle's and driver's characteristics.

Although in some studies, conclusions about the influence of various factors on travel speed are mixed, it is generally accepted that the travel speed is influenced by the road category, horizontal curvatures, road section length, grade, number of junctions, density of access points, number of lanes, road surface, sight distance, lateral clearance (Oppenlander, 1966; Polus et al., 1984; Kanellaidis, 1995; Gattis and Watts, 1999; HCM, 2000; Ericsson, 2000; Ottesen and Krammes, 2000; Wang, 2006; Lay, 2009), the proximity of buildings, nearby commercial development, road adjacent land use (Rowan and Keese, 1962; Poe et al., 1996; Warren, 1982; Tignor and Warren, 1990; HCM, 2000; Wang, 2006; Ewing and Cervero, 2010), traffic regulation and speed limits (Zwahlen, 1987; Poe and Mason, 2000; Fitzpatrick et al., 2001; HCM, 2000), traffic-calming strategies (Ewing, 1999; Barbosa et al., 2000; Comte and Jamson, 2000), traffic flow composition (Poe et al., 1996; HCM, 2000; Donnell et al., 2001), the driver's personality and the vehicle's characteristics (Poe et al., 1996; Elslande and Faucher-Alberton, 1997; Kang, 1998; Smiley, 1999; Gibreel et al., 2001).² Another relation that should be mentioned is the relationship between traffic flow volume and travel speed. Polus and colleagues (Polus et al., 1984) reported that at the macro level, apart from average road curvature and average road grade, the volume of traffic flow negatively correlates with travel speed. A similar conclusion was drawn by Lamm and colleagues (Lamm

² Besides, in the literature there are many other factors that influence travel speed; however, further discussion of these factors is beyond the scope of this paper.

et al., 1988, 1990), who used the Average Annual Daily Traffic (hereinafter: AADT) as a traffic volume estimator. Their two-lane rural highways model showed that AADT volume explains 5.5% of the total variability in the travel speed.³ AADT variable was also used by other authors who reported similar conclusions: the influence is negative, relatively small, and it varies in relation to the road category, and road section characteristics (Jessen et al., 2001; Schurr et al., 2002). In transport modelling, particularly when analysing road congestion, we use various resistance functions to estimate travel speed and time as a function of the road of congestion (volume/capacity ratio) of a given road section. The cases of using AADT/capacity ratio as a direct indicator of road congestion are found in the National Cooperative Highway Research Program (NCHRP, 1997), Erlingson et al. (2006) and Zupančič (2006).

A short and selective review of the factors influencing travel speed revealed that many different approaches exist that enable a very precise estimate of the average travel speed. However, apart from the cases where the authors obtain the data on travel time from the transport model, in a macroscopic transport accessibility modelling the authors mostly do not use complex methodologies, but rather simple ones to estimate average travel speed, time, or costs. In most cases travel speed for each road segment is estimated using posted speed limits, which is then reduced according to road characteristics, nearby population size and density, the number of jobs in the area, land use type, etc. (Gutierrez and Urbano, 1996; Gutierrez, 2001; Vandenbulcke, 2009; Delamater et al., 2012).

In the next sections of this paper, we first present the methodology for evaluating average transport accessibility of Slovenian municipalities to the nearest motorway or expressway access ramp. We describe and discuss the use of official data, and explain the method used to estimate the travel speed in the raster analytical cartographic model. Next, the results are presented, followed by the interpretation and the discussion of the used model and the results. In conclusion, we summarize our research findings and discuss the implications of the modelling approach for further practice in evaluating national strategic transport and land use strategies. Hereafter, the shorter term “*accessibility*” will be used to refer to “*transport accessibility*”.

2 METHODOLOGY

In this paper, the accessibility is evaluated only for individual transport. It is assumed that individual trips are carried out only by car. Thus, the few general assumptions present in most GIS accessibility models must be made. First, we assume that an individual's personal experience and travel habits can be described and estimated using general (average) data and a general spatial model (Delamater et al., 2012), e.g. that individuals in a population have comparable cars, driving knowledge, and driving characteristics, and comparable travel conditions (weather conditions, time of day/week, congestion, etc.) and, second, the model assumes that individuals choose the shortest path in terms of length/time/costs between the origin and the destination.

Although the calculations of accessibility measures in both, raster and vector data models, heavily depend on the level of detail and accuracy, calculations in the raster data model are additionally affected by the level of abstraction occurring when converting vector road data to raster representation (Delamater et al., 2012). Low raster grid resolution may increase the probability that several roads segments fall within

³ The percent of explained variance was very high ($R^2=0.842$; Lamm et al., 1990).

each raster cell, while only a single value can be assigned to each cell (e.g. average travel speeds). In the models with smaller cell size (few metres only), this probability is minimized; however, the smaller cell size leads to a substantial increase in data storage requirements and processing time of each step in the model (Delamater et al., 2012). Consequently, the choice of cell size is very important since it influences the accuracy of the results (calculations may be either overestimated or underestimated, depending on the adopted decision rule in assigning cell values). After evaluating earlier models of transport accessibility in Slovenia (Drobne, 2003, 2012, 2014; Drobne et al., 2004), the availability of data, and considering that the new model should be comparable to older ones, the raster-based model of accessibility seemed to be the best choice. ArcGIS 10.2 software was used to build a raster data model of accessibility.

2.1 Databases

In modelling the accessibility to the nearest motorway or expressway access ramp this study used different digital data; data on public roads, motorway or expressway access points, data on Average Annual Daily Traffic, digital elevation model data, land use data, and records from the national digital Building Cadastre.

Public roads in the Republic of Slovenia (RS) are classified into state roads and municipal roads. The data on state roads for 2013 were obtained from the Slovenian Roads Agency (DRSC, 2014a), and the data on municipal roads for 2013 were obtained from the Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia, i.e. from the collection cadastre of public infrastructure works (GJI; GURS, 2014a).⁴ In the accessibility analysis the following municipal roads were used: local roads, main urban roads, collection urban or local roads, and urban or local roads. The point data on motorway (AC) or expressway (HC) access points at the end of 2013 were captured manually using DRSC's linear data (2014a) on motorway or expressway access points. The AADT data were obtained from the database of DRSC (2014b).⁵ The terrain elevation model data and the data on built-up areas were provided by the Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia (DMV 100; GURS 2014b and GURS, 2014c, respectively).⁶ The data on household residents in a building with a house number were acquired at the Ministry of Internal Affairs (MNZ), Internal Administrative Affairs, Migration and Naturalization Directorate, Office for Internal Administrative Affairs and Naturalization, Sector for Population Registration and Authentic Instruments (MNZ, 2014).

2.2 Working method

Most of the input data layers were in vector format, and they first had to be converted to raster format. Resolution of 100 m was used for the area of Slovenia. The conversion of data to a raster format was followed by modelling cost surfaces and an accessibility analysis in a cartographic modelling environment.⁷

The key problem in modelling accessibility using the raster approach is defining the cost surface (Eastmann, 1989, 2001). The cost surface is defined by the cost (usually time) distance from destinations (in

⁴ The GJI database contains only the data on municipal roads that were provided by municipalities.

⁵ The Average Annual Daily Traffic (AADT) is a value calculated to indicate the traffic volume at a given road transport section, which expresses the average number of vehicles each day and all days annually at a road section in both ways (DRSC, 2014b).

⁶ A building is a structure that a person can enter and is intended for a person's permanent or temporary residence, performance of their business and other activities, or protection, and cannot be moved without damage to its substance (GURS, 2014c).

⁷ For our purposes, the raster model of calculating transport accessibility was broad in scope. The model was designed in such a way to also allow for, with smaller amendments, the calculation of accessibility to any given location in the state (e.g. urban centres at different levels of investigation, tourist attractions, economic zones, etc.).

our case from motorway or expressway access ramps). The cost surface calculation is based on the friction surface, which is defined by the relative cost of crossing the raster cell. In our case, the cost was defined as the travel time needed for the perpendicular movement across the raster cell using a car.

The average travel speeds by the road categories are written in Table 1. The initial values of the friction surface are calculated using the travel time model for crossing one raster cell using a car:

$$CPC = \frac{VC \cdot 60}{PPH \cdot 1000}, \quad (1)$$

where *CPC* is the time needed for crossing the raster cell in minutes, *VC* is the size of the raster cell in metres, and *PPH* is the average travel speed in kilometres per hour. In the model we treated eight different categories of state roads (DRSC, 2014a) and four road categories from GJI (GURS, 2014a). In the areas outside the road network, we assumed an average travel speed of 5 km/h. In this way, all the missing connections from buildings to the roads in question were included in the analysis.

When calculating travel speed we took into account the following road, traffic flow, and environmental characteristics:

- (a) initial travel speeds separately for each road category as well as for locations outside the road network;
- (b) terrain ruggedness based on which we corrected the average travel speed on the roads in question;
- (c) the volume of Average Annual Daily Traffic,
- (d) and the influence of the built environment, which was used to reduce the average travel speed in the built environment.

The initial travel speeds were estimated based on previous studies (Drobne et al., 2004) and calculations in (Zupančič, 2006) for level terrain road sections. These two studies differ from our study by taking into account various factors influencing travel speed; therefore, we estimated, drawing on our experience, slightly lower average travel speeds than those in the two studies. As a result, we corrected the travel speeds upwards or downwards, depending on the estimated impact of the individual factor.

Table 1: Average travel speed and the time needed for the perpendicular movement across the raster cell according to the road category.

Type of road	Label	Average travel speed (<i>PPH</i> , in km/h)	Time needed for the perpendicular movement across the cell (, in min)
main road I	G1	65	0.0923
main road II	G2	65	0.0923
regional road I	R1	55	0.1091
regional road II	R2	55	0.1091
regional road III	R3	45	0.1333
regional road III – tourist road	RT	35	0.1714
local road	9	35	0.1714
main urban road	11	35	0.1714
collection urban or local road	12	30	0.2000
urban or local road	13	15	0.4000
Slovenian territory outside the road network	-	5	1.2000

In the HCM (2000) the influence of terrain grade on free-flow speed is well documented and quantified, particularly for the different degrees of gradient but also for the length of the up-grades/down-grades. However the methodology adopted in HCM (2000) is far too detailed to be used in a macroscopic level model. More simplified relationship can be found in Lay (2009). He reported that, typically, a 1% increase in grade results in a 3 km/h decrease in free flow speed for cars, and 6 km/h for heavy vehicles. The rate of speed reduction is even greater for down-grades of over 8% and for up-grades of over 5% (ibid.). Our model initially used lower speed values than the free-flow speed, thus we decided to reduce speed only for grades higher than 10 degrees. Accordingly, for greater magnitudes of grades, smaller corrections than the recommended ones were used.⁸ The corrections of the off-network speed were determined arbitrarily. Speed reduction values are listed in Table 2.

Table 2: Correction of average travel speeds at roads and outside the road network in relation to terrain gradient.

Terrain grade (in degrees)	Correction of average travel speeds in the road network	Correction of average travel speeds outside the road network
[0-10)	without correction	without correction
[10-20)	- 5%	- 20%
[20-30)	- 10%	- 40%
30 and more	- 20%	- 70%

In estimating the impact of road congestion on travel speed the Average Annual Daily Traffic (AADT) was used as the indicator of congestion for all vehicles. We tried to capture the generalised conclusions published in Zupančič (2006) by a simplified model adapted to the available data and modelling level. The interval was determined for each state road category

$$[\mu_{PLDPi} - \sigma_{PLDPi}, \mu_{PLDPi} + \sigma_{PLDPi}]$$

(2)

where μ_{PLDPi} is the average AADT value for all vehicles for a road category, σ_{PLDPi} is the standard deviation of AADT for all vehicles for a road category, and index i represents the investigated state road categories ($i = G1, G2, R1, R2, R3, RT$). For each state road section we checked whether the AADT value was below, at, or above the interval (2). The travel speeds were corrected in relation to AADT on the road section in question. Table 3 shows the correction of the average travel speed on a state road section in relation to AADT.

Table 3: Correction of average travel speeds at state roads in relation to Average Annual Daily Traffic for all vehicles.

Average Annual Daily Traffic (AADT)	Correction of average travel speeds on the state road
$PLDP < (\mu_{PLDPi} - \sigma_{PLDPi})$	+ 5%
$PLDP: [\mu_{PLDPi} - \sigma_{PLDPi}, \mu_{PLDPi} + \sigma_{PLDPi}]$	0%
$PLDP > (\mu_{PLDPi} + \sigma_{PLDPi})$	- 5%

The impact of built-up areas on travel speed was taken into account in two ways: first, in areas where building density GS , was greater than one standard deviation, σ_{GS} , above the average value of building density in Slovenia, μ_{GS} , or:

⁸ Correction - 20% was considered only at 0.012% (720 m) of state road sections, of which most were regional tourist roads III or tourist roads.

$$GS > (\mu_{GS} + \sigma_{GS}) \quad (3)$$

the average travel speed was reduced by a third; building density was calculated using the kernel density method within a 5500-m radius⁹; secondly, in a 100 x 100 m size area in the field where the buildings were in the immediate vicinity of the road, we assumed that the average travel speed was lower by a third. Both conditions of the “built-up area” criterion are written in Table 4. The built-up area criterion was taken into consideration for all types of roads.

Table 4: Correction of average travel speeds at roads in relation to built-up areas.

Building from the Building Cadastre	Correction of average
travel speeds for all roads	
is in a 100-m raster cell	- 33%
is not in a 100-m raster cell	without correction
(and at the same time)	
$GS > (\mu_{GS} + \sigma_{GS})$	- 33%
$GS \leq (\mu_{GS} + \sigma_{GS})$	without correction

Average travel time to the nearest motorway or expressway access point in the municipality was analysed in the following three ways:

- average travel time from all building locations from the municipal Building Cadastre,
- average travel time from locations of all buildings with a house number in a municipality,
- average travel time from locations of all buildings with permanent residence (i.e. from locations of buildings with a house number with at least one permanent resident).

To make the comparability of the results easier, we ranked the municipalities by reference to the average accessibility to a motorway or expressway access point. The general steps of the analytical cartographic model in ArcGIS software to calculate accessibility are:

1. Calculation of the friction surface (the surface of the time needed for crossing one raster cell by car):
 - 1.a) conversion of linear vector data of state (excluding motorways or expressways) and municipal roads to raster format (the attribute is the road category),
 - 1.b) conversion of Slovenia's state border polygon to binary raster format,
 - 1.c) reclassification of raster data on roads according to the road category into average travel speeds (Table 1),
 - 1.d) reclassification of data on other areas in Slovenia into an average travel speed of 5 km/h (Table 1),
 - 1.e) calculation of terrain gradients from the Digital Elevation Model,
 - 1.f) calculation of correction of average travel speeds on roads and off-roads in relation to terrain gradient (Table 2),
 - 1.g) calculation of AADT intervals according to state road categories using model (2),
 - 1.h) calculation of correction of the average travel speed on state roads in relation to AADT (Table 3),

⁹ The 5500-m radius was determined from the average municipality size in Slovenia in 2013, i.e. 95.6312 km².

- 1.i) conversion of point vector data from the Building Cadastre to a binary raster format,
- 1.j) calculation of correction of the average travel speed on roads as regards the presence of a building in the raster cell (Table 4),
- 1.k) calculation of building density from the Building Cadastre,
- 1.l) calculation of correction of the average travel speed on roads in relation to building density (Table 4),
- 1.m) combining raster data on roads and Slovenian areas into a raster data layer of average travel speeds (*PPH*),
- 1.n) calculation of the time needed for crossing one raster cell (*CPC*) using model (1);
2. Calculation of the cost surface, i.e. the surface of travel time to the nearest motorway or expressway access point;
3. Calculation of average travel time from the locations in question in Slovenian municipalities to the nearest motorway or expressway access point:
 - 3.a) preparation of polygon vector data regarding municipal areas (the key attribute is the unique identifier of a municipality),
 - 3.b) conversion of point vector data of buildings from the Building Cadastre to a binary raster format,
 - 3.c) conversion of point vector data of buildings with a house number to a binary raster format,
 - 3.d) conversion of point vector data of buildings with a house number and with permanent residence to a binary raster format,
 - 3.e) calculation of the average travel time in a municipality from building locations from the Building Cadastre,
 - 3.f) calculation of the average travel time in a municipality from locations of buildings with a house number,
 - 3.g) calculation of the average travel time in a municipality from locations of buildings with a house number and permanent residence.

3 RESULTS

Figure 1 shows travel times to the nearest motorway or expressway access point in 2013. The data on average accessibility in a municipality were dealt with in three ways: as the average travel time from building locations from the Building Cadastre, as the average travel time from locations of buildings with a house number, and as the average travel time from locations of buildings with a house number and with at least one permanent resident. The average travel time was ranked. Due to the space restrictions of this paper, we show below only the average travel time in a municipality from locations of buildings with a house number and with at least one permanent resident, and the ranking of the municipalities in relation to the analysed average time in a municipality (see Figure 1).

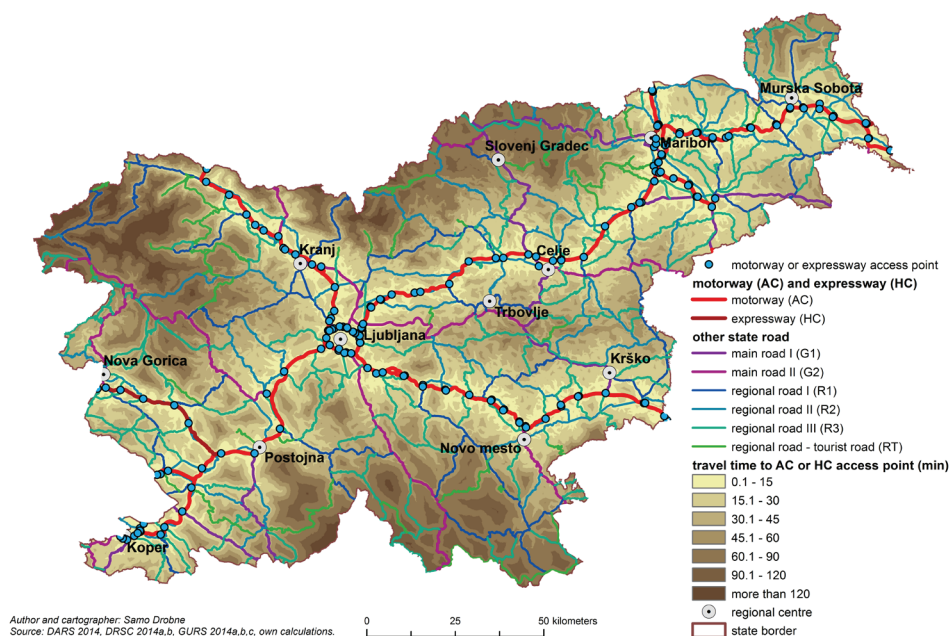


Figure 1: Travel time by car to the nearest motorway or expressway access point (Slovenia, 2013).

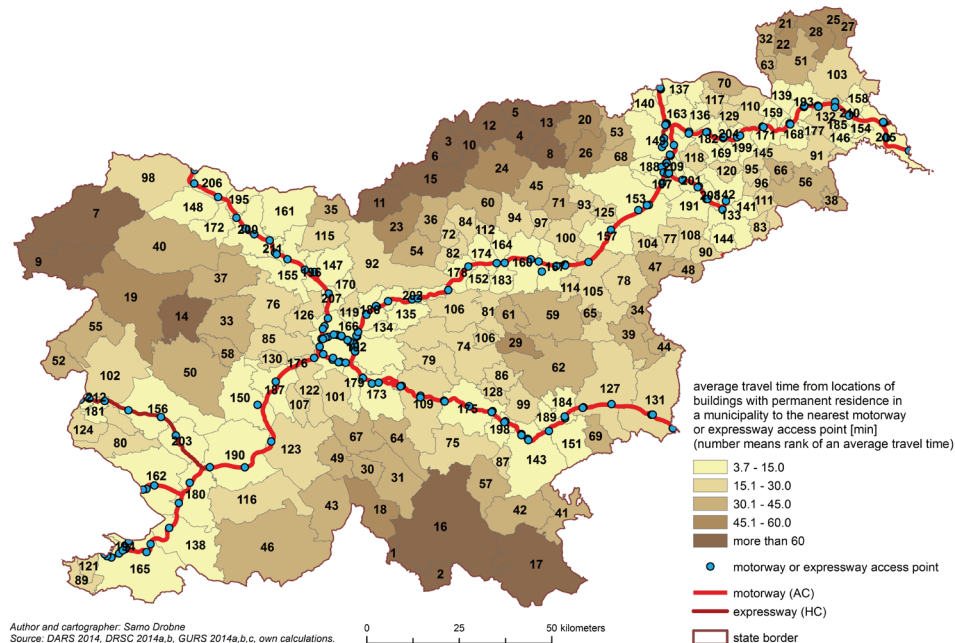


Figure 2: Average travel time and ranking of average access time by car from locations of buildings with permanent residence in a municipality to the nearest motorway or expressway access point (Slovenia, 2013).

Let us assume that we are interested in a quarter of the most distant, and a quarter of the nearest, municipalities using the three criteria concerning built-up areas (see Table 5). For a quarter of the most

distant municipalities we see that, according to the different approaches to dealing with built-up areas, we get slightly, but not significantly, different results: average travel time from locations of buildings with permanent residence in most municipalities is up to 6% shorter than that from locations of all buildings, except for two municipalities in the hilly parts of Slovenia: in the Municipality of Bohinj the average travel time is shorter by 21%, i.e. by just over 10 minutes, and in the Municipality of Jezersko by 13%, i.e. almost 7 minutes. There are greater differences in a quarter of the nearest municipalities, where the average travel time from the locations of buildings with permanent residence is shorter by 13% than that those from the locations of all buildings in most municipalities. There are a few exceptions where the differences are more significant: the biggest difference, a 33% (by 3.4 minutes) shorter average travel time is in the Municipality of Jesenice, while in Radovljica, Vipava and Postojna it is shorter by 16% (i.e. approx. 1.5 minutes).

The comparison of average travel time of the middle 50% of municipalities also reveals a few exceptions, where the travel time is significantly reduced when looking at accessibility from the locations of buildings with permanent residence. The time is reduced by up to 13% for most of these municipalities, with the exception of the municipalities Gorje (by 42% or 9.2 minutes), Žirovnica (by 41% or 5.6 minutes), Bled (by 34% or 5.4 minutes), Tržič (by 29% or 4.6 minutes), and Kranjska Gora (by 18% or 4.7 minutes).

There are also a few exceptions, i.e. the municipalities where the average travel time from the locations of all buildings – including those without a house number – is the shortest out of all analysed travel time. Such a result is obtained in municipalities Trzin (by 2% or 0.2 minutes), Šenčur (by 2% or 0.1 minutes), Mengeš (by 1% or 0.2 minutes), and Beltinci (by 1% or 0.1 minutes). All these municipalities have a good average accessibility to access points (less than 18 minutes) and are located in Slovenia's lowlands. Most buildings without a house number, which are located near motorway or expressway access points, are located in these municipalities.

The treatment of the municipalities intersected by the motorway cross is interesting as well. These municipalities include those where the average accessibility from the locations of buildings with permanent residence is 20 minutes or more. They are the following (starting from the worst accessibility): Kamnik, Kranjska Gora, Nova Gorica, Šentjur, Zagorje ob Savi and, conditionally, Ivančna Gorica. This result is understandable in the case of the Municipalities of Kamnik, Kranjska Gora, and Zagorje ob Savi, where the motorway is only partially in contact with, or intersects the edges of, the municipal area. In Nova Gorica, Šentjur, and Ivančna Gorica the motorway or expressway divides the municipality almost in half. In these cases, the result can be interpreted by the settlement pattern in a municipality according to the locations of origins, i.e. access points to the Slovenian motorway cross.

Table 5: The most distant and the nearest municipalities using the criteria concerning built-up areas (average accessibility of a municipality to a motorway or expressway access point, Slovenia, 2013).

25% of the most distant municipalities (ranked if starting from the most distant municipality)	25% of the nearest municipalities (ranked if starting from the nearest municipality)
from locations of all buildings from the Building Cadastre	
Osilnica, Kostel, Prevalje, Vuzenica, Muta, Bovec, Solčava, Mežica, Kobarid, Ribnica na Pohorju, Ravne na Koroškem, Črna na Koroškem, Cerklje ob Dravi, Dravograd, Kočevje, Črnomelj, Tolmin, Loški Potok, Podvelka, Kuzma, Luče, Grad, Slovenj Gradec, Jezersko, Bohinj, Šalovci/Šalovci, Lovrenc na Pohorju, Hodoš/Hodos, Radeče, Gornji Petrovci, Ribnica, Gorenja vas – Poljane, Sodražica, Ljubno, Podčetrtek, Rogašovci, Železniki, Loška dolina, Središče ob Dravi, Semič, Kozje, Ilirska Bistrica, Metlika, Mislinja, Bistrica ob Sotli, Idrija, Rogaška Slatina, Rogatec, Selnica ob Dravi, Bloke, Puconci, Gornji Grad	Naklo, Šempeter - Vrtojba, Turnišče, Miklavž na Dravskem polju, Hajdina, Vodice, Sv. Trojica v Slov. goricah, Lendava/Lendva, Cerkljenjak, Starše, Šenčur, Murska Sobota, Rače - Fram, Lukovica, Kidričevo, Vipava, Mirna Peč, Ljubljana, Radovljica, Ankaran, Odranci, Šmarješke Toplice, Domžale, Lenart, Renče - Vogrsko, Log - Dragomer, Vrhnika, Škofljica, Hoče - Slivnica, Sveti Jurij, Veržej, Postojna, Vransko, Jesenice, Škocjan, Divača, Grosuplje, Komenda, Trzin, Trnovska vas, Braslovče, Prebold, Križevci, Trebnje, Celje, Sežana, Pesnica, Radenci, Žalec, Koper/Capodistria, Polzela, Slovenske Konjice, Ajdovščina
from locations of buildings with a house number	
Osilnica, Kostel, Vuzenica, Prevalje, Muta, Mežica, Ribnica na Pohorju, Bovec, Kobarid, Solčava, Ravne na Koroškem, Radlje ob Dravi, Dravograd, Cerklje ob Dravi, Črna na Koroškem, Kočevje, Črnomelj, Loški Potok, Tolmin, Podvelka, Kuzma, Luče, Grad, Slovenj Gradec, Šalovci/Šalovci, Lovrenc na Pohorju, Hodoš/Hodos, Radeče, Gornji Petrovci, Bohinj, Jezersko, Sodražica, Gorenja vas - Poljane, Ribnica, Rogašovci, Podčetrtek, Ljubno, Železniki, Središče ob Dravi, Kozje, Semič, Mislinja, Loška dolina, Metlika, Bistrica ob Sotli, Ilirska Bistrica, Rogaška Slatina, Rogatec, Idrija, Bloke, Puconci, Selnica ob Dravi, Brda	Šempeter - Vrtojba, Naklo, Turnišče, Miklavž na Dravskem polju, Hajdina, Vodice, Sv. Trojica v Slov. goricah, Starše, Lendava/Lendva, Cerkljenjak, Vipava, Jesenice, Šenčur, Lukovica, Rače - Fram, Murska Sobota, Mirna Peč, Ankaran, Kidričevo, Radovljica, Ljubljana, Postojna, Šmarješke Toplice, Odranci, Vrhnika, Domžale, Renče - Vogrsko, Lenart, Hoče - Slivnica, Vransko, Škofljica, Divača, Log - Dragomer, Veržej, Braslovče, Grosuplje, Škocjan, Prebold, Sveti Jurij, Komenda, Trzin, Trnovska vas, Trebnje, Križevci, Celje, Sežana, Žirovnica, Pesnica, Polzela, Koper/Capodistria, Radenci, Žalec, Slovenske Konjice
from locations of buildings with permanent residence	
Osilnica, Kostel, Prevalje, Vuzenica, Muta, Mežica, Bovec, Ribnica na Pohorju, Kobarid, Ravne na Koroškem, Solčava, Dravograd, Radlje ob Dravi, Cerklje ob Dravi, Črna na Koroškem, Kočevje, Črnomelj, Loški Potok, Tolmin, Podvelka, Kuzma, Grad, Luče, Slovenj Gradec, Šalovci/Šalovci, Lovrenc na Pohorju, Hodoš/Hodos, Gornji Petrovci, Radeče, Sodražica, Ribnica, Rogašovci, Gorenja vas - Poljane, Podčetrtek, Jezersko, Ljubno, Železniki, Središče ob Dravi, Kozje, Bohinj, Metlika, Semič, Loška dolina, Bistrica ob Sotli, Mislinja, Ilirska Bistrica, Rogaška Slatina, Rogatec, Bloke, Idrija, Puconci, Brda, Selnica ob Dravi	Šempeter - Vrtojba, Naklo, Turnišče, Miklavž na Dravskem polju, Hajdina, Vodice, Jesenice, Lendava/Lendva, Sv. Trojica v Slov. goricah, Vipava, Lukovica, Starše, Radovljica, Cerkljenjak, Mirna Peč, Rače - Fram, Šenčur, Žirovnica, Ankaran, Murska Sobota, Ljubljana, Kidričevo, Postojna, Šmarješke Toplice, Hoče - Slivnica, Vrhnika, Domžale, Odranci, Škocjan, Prebold, Lenart, Renče - Vogrsko, Divača, Škofljica, Vransko, Veržej, Log - Dragomer, Trebnje, Braslovče, Grosuplje, Bled, Sveti Jurij, Komenda, Trnovska vas, Križevci, Celje, Trzin, Koper/Capodistria, Polzela, Pesnica, Sežana, Tržič, Žalec

4 DISCUSSION AND CONCLUSIONS

This paper focuses on presenting a raster-based model for measuring the car accessibility of Slovenian municipalities to a motorway or expressway access ramp. The proposed model upgrades the earlier models for evaluating accessibility to highways by applying a more detailed method for estimating travel speed. Specifically, the current model upgrades the raster model used in Drobne (2003, 2005) and Drobne et al. (2004) by taking into account the influence of traffic density, the built environment, and the road gradient on travel speed. Accessibility to access ramps was calculated from three sets of origins, as recorded in the Building Cadastre; from the locations of each buildings, from the locations of buildings with a house number, and from the locations of buildings with permanent residence. The new model results suggested that accessibility to the Slovenian motorway network did not change in the last four years (the list of problematic border areas remains the same).

Our results also revealed a large disparity in the accessibility among Slovenian municipalities. The two small rural municipalities, Osilnica and Kostel, have an average accessibility of more than 85 minutes, while Naklo and Šempeter - Vrtojba have an average accessibility of less than 5 minutes. The worst accessibility is found in the rural areas of northern Koroška and its border areas, in alpine areas at the western border with Italy, and to the south, at the border with Croatia; accessibility in these municipalities is more than an hour. These findings are not surprising, given that most of these municipalities eagerly await the start of construction of the Third Development Axis, which will significantly improve their accessibility to Slovenia's regional centres.

Through using different sets of origins, we estimated the difference between the residential buildings' accessibility and all buildings' accessibility (including economic activity buildings and ancillary buildings like garages, sheds, huts, woodsheds, etc.). The modelling results showed that travel times slightly differ in relation to the different approaches to dealing with the origins – but, on average, they are similar. The average access time differs the most in hilly areas, where residences are on average by 10 minutes closer to the motorway than the locations of all buildings.

As noted earlier, the raster cell size is important since it influences the accuracy of the results and the possibility of errors in calculations. Our model estimates travel time using a 100 m cell resolution, which turned out to be a satisfactory (in terms of results accuracy and presentation, probability of errors and processing time) resolution for modelling accessibility in Slovenia.

Beside the methodological simplicity of estimating the car accessibility on the road network, our limitation to cars only finds arguments also in the national modal split of passenger journeys. Gabrovec and Bole (2009) found that according to the data of the 2002 Census, 85% of commuting in Slovenia was made by car¹⁰. Mostly for practical reasons (comparability of results with earlier models and readily available data, simplicity of calculation, interpretability and communicability of the indicator) we choose to use travel time as an indicator of transport accessibility. However, as noted earlier, the infrastructure-based accessibility measures have some important shortcomings (Geurs and van Wee (2004, p. 136) argued that such measures “are not very useful to evaluate the accessibility impacts of land-use and transport policies plans since the measure lack the land use component, and temporal and individual elements”).

¹⁰ Unfortunately, the occupancy of motor vehicles is low: 78% of commuting is conducted by drivers only, with only 7% passengers (Gabrovec and Bole, 2009).

Consequently, the authors recommended the use of potential accessibility measures to evaluate transport and land use policies, as such measures can be relatively easily computed and interpreted by researchers and policy makers and require a modest amount of data (Geurs and van Wee, 2004). Another important shortcoming of the proposed model is associated with the selection of destinations. In our model, the accessibility is evaluated from the municipalities to the nearest motorway or expressway access point. Such an approach evaluates accessibility only partially; motorway or expressway access points usually do not represent an individual's final destination – they are not the locations of activities (destination are usually areas with a high density of population and activities). The performance of the model could be also improved by using the temporal dimension component (time of day, week), attractiveness of destination, impact of congestion on travel speed in large cities, etc. Most of these shortcomings could be overcome by using potential accessibility measures.

References:

- Baradaran, S., Ramjerdi, F. (2001). Performance of Accessibility Measures in Europe. *Journal of Transportation and Statistics*, 4 (2/3), 31–48.
- Barbosa, H. M., Tight, M. R., May, A. D. (2000). A Model of Speed Profile for Traffic Calmed Roads. *Transportation Research Part A*, 34 (2), 103–123. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0965-8564\(98\)00067-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0965-8564(98)00067-6)
- Bavoux, J. J., Beaucire, F., Chapelon, L., Zembri, P., (2005). *Géographie des Transports*. Paris: Armand Colin.
- Bole, D., Gabrovec, M., Kozina, J. (2010). Prednosti in slabosti prometne (ne) dostopnosti Občine Idrija. In: J. Nared, D. Perko (Eds.). *Na prelomnici: razvoja vprašanja Občine Idrija* (pp. 155–168). Ljubljana: Založba ZRC.
- Bruinsma, F. R., Rietveld, P. (1998). The Accessibility of European Cities: Theoretical Framework and Comparison of Approaches. *Environment and Planning A*, 30 (3), 499–521. DOI: <http://dx.doi.org/10.1068/a300499>
- Comte, S. L., Jamson, A. H. (2000) Traditional and Innovative Speed-Reducing Measures for Curves: An Investigation of Driver Behavior Using a Driving Simulator. *Safety Science*, 36 (3), 137–150. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0925-7535\(00\)00037-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0925-7535(00)00037-0)
- Couclelis H. (1992). People Manipulate Objects (but Cultivate Fields): Beyond the Raster-Vector Debate in GIS. In: Frank A. U. et al. (Eds.), *Theories and Methods of Spatio-Temporal Reasoning in Geographic Space*, Lecture Notes in Computer Science, Volume 639 (pp. 65–77). Berlin/Heidelberg: Springer.
- Čeh, M., Zavodnik Lamovšek, A., Rom, J., Kiderič, D. (2008). Analiza dostopnosti prebivalstva do javnih dejavnosti z javnim potniškim prometom s pomočjo dveh GIS gravitacijskih modelov. In: Perko et al. (Eds.). *Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2007–2008* (pp. 311–320). Ljubljana: Založba ZRC.
- Černe, A. (1986). Koncept dostopnosti v prostorskem planiranju. *IB – Revija za planiranje*. 20(6), 25–29.
- DARS (2014). Podatki o priključkih na avtocesto oziroma hitro cesto za leto 2013 (Data on Motorway or Expressway Access Points for 2013; in Slovene only). Ljubljana: Družba za avtoceste Republike Slovenije.
- de Jong, T., van Eck, J. R. (1996). Location Profile-Based Measures as an Improvement on Accessibility Modelling in GIS. *Computers, Environment and Urban Systems*, 20 (3), 181–190. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0198-9715\(96\)00013-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0198-9715(96)00013-0)
- Delamater, P., Messina, J. P., Shortridge, A. M., Grady S. C. (2012). Measuring Geographic Access to Health Care: Raster and Network-Based Methods. *International Journal of Health Geographic*, 11 (1), 15. DOI: <http://dx.doi.org/10.1186/1476-072x-11-15>
- Donnay, J. P., Ledent, P. (1995). Modelling of Accessibility Fields. *Proceedings JEC-GI '95*, Vol. 1 (pp. 489–494).
- Donnell, E. T., Ni, Y., Adolini, M., Elefteriadou, L. (2001). Speed Prediction Models for Trucks on Two-Lane Rural Highways. *Transportation Research Record 1751*, TRB, National Research Council Washington, D.C.
- Drobne, S. (2003). Modelling Accessibility Fields in Slovene Municipalities. In: L. Zadnik Stirm et al. (Eds.). *SOR'03 proceedings* (pp. 89–96). Ljubljana: Slovenian Society Informatika, Section for Operational Research.
- Drobne, S. (2005). Do Administrative Boundaries Fit Accessibility Fields in Slovenia?. In: D. Cygas, K. D. Froehner (Eds.). *Environmental engineering: the 6th international conference*, Vilnius, Lithuania: Technika, 537–542.
- Drobne, S. (2012). Izračun povprečne dostopnosti do najbližjega priključka na avtocesto ali hitro cesto po občinah Republike Slovenije v letu 2011. Project report. Ljubljana: University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering.
- Drobne, S. (2014). Izračun povprečne dostopnosti do najbližjega priključka na avtocesto ali hitro cesto po občinah Republike Slovenije v letu 2013. Project report. Ljubljana: University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering.
- Drobne, S., Bogataj, M. (2005). Korekcija (časovne) razdalje v postopku modeliranja dostopnosti v rastrskem GIS-u. V: Novaković et al. (eds.), *DSI – Dnevi slovenske informatike 2005*. (pp. 484–490). Ljubljana: Slovensko društvo Informatika.
- Drobne, S., Paliska, D., Fabjan, D. (2004). Rastrski pristop dvostopenjskega modeliranja dostopnosti v GIS-u. In: Podobnikar et al. (Ed.), *Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2003–2004* (pp. 265–276). Ljubljana: Založba ZRC.
- DRSC (2014a). Podatki o državnih cestah za leto 2013. Ljubljana: Družba Republike Slovenije za ceste.
- DRSC (2014b). Podatki o povprečnem letnem dnevnem prometu za leto 2013. Ljubljana: Družba Republike Slovenije za ceste.

- Eastman J. R. (1989). Pushbroom Algorithms for Calculating Distances in Raster Grids. *Proceedings AUTOCARTO 9* (str. 288–297).
- Eastman, J. R. (2001). Costdistances and Least-Cost Pathways. Idrisi32 Tutorial (pp. 71–76).
- Elslande, P. V., Faucher-Alberton, L. (1997) When Expectancies Become Certainied: A Potential Adverse Effect of Experience. In: T. Rothengatter, E. C. Vaya (Eds.), *Traffic Transport and Psychology: Theory and Application*. New York: Pergamon.
- Ericsson, E. (2000). Variability in Urban Driving Patterns. *Transportation Research Part D*, 5 (5), 337–354. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/s1361-9209\(00\)00003-1](http://dx.doi.org/10.1016/s1361-9209(00)00003-1)
- Erlingsson, S., Jonsdottir, A. M., Thorsteinsson, T. (2006). Traffic Stream Modelling of Road Facilities. *Transport Research Arena Europe 2006* (8 p.). Linköping: Swedish Road Administration.
- Ewing, R. (1999). Traffic Calming State of the Practice. By ITE for the Federal Highway Administration, Washington, D.C.
- Ewing, R., Cervero, R. (2010). Travel and the Built Environment. A Meta-Analysis. *Journal of the American Planning Association*, 76 (3), 265–294. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/01944361003766766>
- Fitzpatrick, K., Carlson, P., Brewer, M., Wooldridge, M. (2001). Design Factors That Affect Driver Speed on Suburban Streets. *Transportation Research Record 1751*, TRB, National Research Council, Washington, D.C.
- Gabrovec, M., Bole, D. (2009). Dnevna mobilnost v Sloveniji. Knjižna zbirka Georitem, 11. Ljubljana: Založba ZRC.
- Gattis, J. L., Watts, A. (1999). Urban Street Speed Related to Width and Functional Class. *Journal of Transportation Engineering*, 125 (3), 193–200. DOI: [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)0733-947x\(1999\)125:3\(193\)](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)0733-947x(1999)125:3(193))
- GURS (2014a). Podatki katastra gospodarske javne infrastrukture leta 2013 (Data from the Cadastre of Public Infrastructure Works of 2013; in Slovene only). Ljubljana: Geodetska uprava Republike Slovenije.
- GURS (2014b). Digitalni model višin – DMV 100 (Digital Elevation Model – DEM 100; in Slovene only). Ljubljana: Geodetska uprava Republike Slovenije.
- GURS (2014c). Podatki katastra stavb leta 2013 (Building Cadastre Data of 2013; in Slovene only). Ljubljana: Geodetska uprava Republike Slovenije.
- Geurs, K. T., Ritsema van Eck, J. R., (2001). Accessibility Measures: Review and Applications. RIVM Report 408505 006. Bilthoven: National Institute of Public Health and the Environment.
- Geurs, K. T., van Wee, B. (2004). Accessibility of Land-Use and Transport Strategies: Review and Research Directions. *Journal of Transport Geography*, 12 (2), 127–140. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2003.10.005>
- Gibrel, G. M., Easa, S. M., El-Dimeiry, I. A. (2001). Prediction of Operating Speed on Three Dimensional Highway Applications. *ASCE Journal of Transportation Engineering*, 127 (1), 21–30. DOI: [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)0733-947x\(2001\)127:1\(21\)](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)0733-947x(2001)127:1(21))
- Goodchild, M. F., Yuan, M., Cova, T. J. (2007). Towards a General Theory of Geographic Representation in GIS. *International Journal of Geographical Information Science*, 21 (3), 239–260. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/13658810600965271>
- Gulič, A., Plevnik, A. (2000). Prometna infrastruktura in prostorski razvoj Slovenije: novejša analitična spoznanja. *IB – revija za razvoj*, 34 (2), 52–60.
- Gutiérrez, J. (2001). Location, Economic Potential and Daily Accessibility: an Analysis of the Accessibility Impact of the High-Speed Line Madrid-Barcelona-French Border. *Journal of Transport Geography*, 9 (4), 229–242.
- Gutiérrez, J., in Urbano, P. (1996). Accessibility in the European Union: The Impact of the Trans-European Road Network. *Journal of Transport Geography*, 4 (1), 15–26. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/s0966-6923\(01\)00017-5](http://dx.doi.org/10.1016/s0966-6923(01)00017-5)
- Hägerstrand, T. (1970). What about People in Regional Science? *Papers of the Regional Science Association*, 24 (1), 7–21.
- Handy, S. L., Niemeier, D. A. (1997). Measuring Accessibility: An Exploration of Issues and Alternatives. *Environment and Planning A*, 29 (7), 1175–1194. DOI: <http://dx.doi.org/10.1068/a291175>
- Hansen, W. G. (1959). How Accessibility Shapes Land Use. *Journal of the American Institute of Planners*, 25 (2), 73–76.
- Harris, B. (2001). Accessibility: Concepts and Applications. *Journal of Transportation and Statistics*, 4 (2/3), 15–30.
- Highway Capacity Manual – HCM (2000). Transportation Research Board. Washington: National Academy of Sciences.
- Ho, W. H. N. (2011). Land Use and Transport: How Accessibility Shapes Land Use. Dissertation. Hong Kong: The Department of Urban Planning and Design, The University of Hong Kong. <http://hub.hku.hk/handle/10722/144211>, accessed on September 1, 2014.
- Jessen, D. R., Schurr, K. S., McCoy, P. T., Pesti, G., Huff, R. (2001). Operating Speed Prediction on Crest Curves of Rural Two-Lane Highways in Nebraska. *Transportation Research Record 1751*, TRB, National Research Council, Washington, D.C.
- Julião, R. P. (1999). Measuring Accessibility Using GIS. *GeoComputation Proceedings*. http://www.geovista.psu.edu/sites/geocomp99/Gc99/010/gc_010.htm, accessed on August 15, 2014.
- Kanellaidis, G. (1995). Factors Affecting Drivers' Choice of Speed on Roadway Curves. *Journal of Safety Research*, 26 (1), 49–56. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0022-4375\(94\)00024-7](http://dx.doi.org/10.1016/0022-4375(94)00024-7)
- Kang, K. (1998). Ordered Probit Model of the Speed Selection Behavior: Results Based on a Korean Micro Data. *Transportation, Traffic Safety and Health – Human Behavior*, Fourth International Conference, Tokyo.
- Kozina, J. (2008). Promet na dostopnost kot kriterij regionalizacije Slovenije. Diploma thesis. Ljubljana: University of Ljubljana Faculty of Arts.
- Kozina, J. (2009). Vloga prometne dostopnosti v strateških prostorskih dokumentih Slovenije. In: J. Nared, D. Perko (Eds.), *Regionalni razvoj 2* (pp. 147–154). Ljubljana: Založba ZRC.
- Kozina, J. (2010a). Modeliranje prostorske dostopnosti do postajališč javnega potniškega prometa v Ljubljani. *Geografski vestnik*, 82 (1), 97–107.
- Kozina, J. (2010b). Pomen prometa za oblikovanje prostora in regije. *Dela* (33), 37–49.
- Kozina, J. (2010c). Transport accessibility to regional centres in Slovenia = Prometna dostopnost do regionalnih središč v Sloveniji. *Acta geographica Slovenica*, 50, 231–251. DOI: <http://dx.doi.org/10.3986/ags50203>
- Kozina, J. (2010d). Prometna dostopnost v Sloveniji. *Georitem*, 14. Ljubljana: Založba ZRC.

- Kozina, J., Plevnik, A. (2009). Prometna dostopnost in regionalizacija Slovenije. Pomurje: trajnostni regionalni razvoj ob reki Muri. Murska Sobota. 409–419.
- Kwan, M. P. (1998). Space–Time and Integral Measures of Individual Accessibility: A Comparative Analysis using a Point-Based Framework. *Geographical Analysis* 30 (3), 191–216. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1538-4632.1998.tb00396.x>
- Lamm, R., Choueiri, E.M., Mailaender, T. (1990). Comparison of Operating Speeds on Dry and Wet Pavements of Two-Lane Rural Highways. *Transportation Research Record* 1280, TRB, Washington, D.C.: National Research Council.
- Lamm, R., Choueiri, E.M., Hayward, J.C., Paluri, A. (1988). Possible Design Procedure to Promote Design Consistency in Highway Geometric Design on Two-Lane Rural Roads. *Transportation Research Record* 1195, TRB, Washington, D.C.: National Research Council.
- Lay, M.G. (2009). *Handbook of Road Technology*, 4th edition, New York: Spon Press.
- López, E., Gutiérrez, J., Gómez, G. (2008). Measuring regional Cohesion Effects of Large-Scale Transport Infrastructure Investment: An Accessibility Approach. *European Planning Studies* 16 (2), 277–301. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/09654310701814629>
- MNZ (2014). Podatki o številu prebivalcev s stalnim prebivališčem v stavbi s hišno številko na dan 31. 12. 2013 (Data on the Number of Residents with Permanent Residence in a Building with a House Number on 31 December 2013; in Slovene only). Ljubljana: Ministrstvo za notranje zadeve RS.
- Morris, J. M., Dumble, P. L., Wigan, M. R. (1979). Accessibility Indicators for Transport Planning. *Transportation Research A* 13, 91–109. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0191-2607\(79\)90012-8](http://dx.doi.org/10.1016/0191-2607(79)90012-8)
- Moseley, M. J. (1979). *Accessibility: The Rural Challenge*. London: Mathuen.
- National Cooperative Highway Research Program – NCHRP (1997). *Planning Techniques to Estimate Speeds and Service Volumes for Planning Applications*, NCHRP Report 387, Washington, D.C.
- Oppenlander, J. C. (1966). *Variables Influencing Spot-Speed Characteristics—Review of the Literature*, Special Report 89, HRB, Washington, D. C.: National Research Council.
- Ottesen, J. L., Krammes, R. A. (2000). Speed-Profile Model for a Design-Consistency Evaluation Procedure in the United States. *Transportation Research Record* 1701, TRB, Washington, D. C.: National Research Council.
- Paliska, D., Drobne, S., Fabjan, D. (2000). Vpliv dostopnosti do avtobusnih postajališč na odločitve potnikov o transportnem sredstvu v RS. In: Hladnik, D. (Ed.), *Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 1999–2000* (pp. 233–241), Ljubljana: Založba ZRC SAZU.
- Paliska, D., Drobne, S., Fabjan, D. (2004). Uporaba GIS—a za proučevanje prostorske dostopnosti v analizi povpraševanja po storitvi JPP. In: Podobnikar et al. (Eds.), *Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2003–2004* (pp. 79–88), Ljubljana: Založba ZRC SAZU.
- Pelc, S. (1989). Raziskovanje prometne dostopnosti do delovnih mest za potrebe prostorskega planiranja na primeru Slovenije. *Geografski vestnik*, 61, 83–95.
- Poe, C. M., Mason, J. M. (2000). Analyzing Influence of Geometric Design on Operating Speeds along Low-Speed Urban Streets: Mixed-Model Approach. *Transportation Research Record* 1737, TRB, Washington, D.C.: National Research Council.
- Poe, C. M., Tarris, J. P., Mason, J. M. (1996). Influence of Access and Land Use on Vehicle Operating Speeds Along Low-Speed Urban Streets. *Conference Proceedings for the Second National Access Management Conference*, Vail, Colorado.
- Pogačnik, A., Sitar, M., Lavrač, I., Kobal, J., Peterlin, M., Zavodnik Lamovšek, A., Drobne, S., Žaucer, T., Konjar, M., Trobec, B., Soss, K., Pichler-Milanović, N. (2010). *Analiza razvojnih virov in scenarijev za modeliranje funkcionalnih regij*. Projektna naloga, poročilo četrte faze. Ljubljana: University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering.
- Polus, A., Livneh, M., Craus, J. (1984). Effect of Traffic and Geometric Measures on Highway Average Running Speed. *Transportation Research Record* 960, TRB, Washington, D.C.: National Research Council.
- Rietveld, P., Nijkamp, P. (1993). *Transport and Regional Development*. In: J. Polak, J., A. Heertje (Eds.), *European Transport Economics*, European Conference of Ministers (ECMT), Oxford: Blackwell Publishers.
- Rowan, N. J., Keese, C. J. (1962). A Study of Factors Influencing Traffic Speed, *Bulletin* 341, HRB, Washington, D.C.: National Research Council.
- Schürmann, C., Spiekermann, K., Wegener, M. (1997). *Accessibility Indicators. Deliverable D5 of the EU Project Socio-Economic and Spatial Impacts of Transport Infrastructure Investments and Transport System Improvements (SASI)*. Dortmund: University of Dortmund, Institute for Spatial Planning.
- Schurr, K. S., McCoy P. T., Pesti, G., Huff, R. (2002). Relationship between Design, Operating, and Posted Speeds on horizontal Curves on Rural Two-Lane Highways in Nebraska. The 81th TRB Annual Meeting, Washington, D.C.
- Smiley, A. (1999). Driver Speed Estimation: What Road Designers Should Know. Presented at: Transportation Research Board, 78th Annual Meeting Workshop on Role of Geometric Design & Human Factors in Setting Speed.
- SPRS (2004). *Strategija prostorskega razvoja Slovenije (Spatial Development Strategy of Slovenia; in Slovene only)*. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor RS.
- SRRS (2001). *Strategija regionalnega razvoja Slovenije (Regional Development Strategy of Slovenia; in Slovene only)*. Ljubljana: Agencija Republike Slovenije za regionalni razvoj.
- SRS (2005). *Strategija razvoja Slovenije (Development Strategy of Slovenia; in Slovene only)*. Ljubljana: Urad Republike Slovenije za makroekonomske analize in razvoj.
- Stewart, J. Q. (1948). Demographic Gravitation: Evidence and Application. *Sociometry*, 11, 31–58. DOI: <http://dx.doi.org/10.2307/2785468>
- Šetinc, M., Kočevar, H., Krivec, D. (2006). GIS modeliranje dostopnosti do storitev kvartarnega sektorja po državnem cestnem omrežju. 8. slovenski kongres o cestah in prometu. Portorož.
- Talen, E., Anselin, L. (1998). Assessing spatial equity: an evaluation of measures of accessibility to public playgrounds. *Environment and Planning A* 30, 595–613. DOI: <http://dx.doi.org/10.1068/a300595>
- Tignor, S.C., Warren, D. (1990). *Driver Speed Behavior on U.S. Streets and Highways*. Compendium of Technical Papers, Washington, D. C.: Institute of Transportation Engineers.
- Uredba o določitvi obmejnih problemskih območij (Decree Determining Problematic Border Areas; in Slovene only). Official Gazette of the Republic of Slovenia, 22/2011, 97/2012.

- Uredba o merilih za kategorizacijo javnih cest (Decree on the Public Roads Classification Criteria; in Slovene only). Official Gazette of the Republic of Slovenia, 49/1997.
- van Bemmelen, J., Quak, W., van Hekken, M., van Oosterom, P. (1993). Vector vs. Raster-based Algorithms for Cross Country Movement Planning. In: Proceedings Auto-Carto, 11, 304–317.
- Vandenbulcke, G., Steenberghen, T., Thomas, I. (2009). Mapping Accessibility in Belgium: A Tool for Land-Use and Transport Planning? *Journal of Transport Geography* 17 (1), 39–53. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2008.04.008>
- Wang, J. (2006). Operating Speed Models for Low Speed Urban Environments Based on In-Vehicle GPS Data. Doctoral Dissertation. Georgia Institute of Technology.
- Warren, D. L. (1982). Synthesis of Safety Research Related to Traffic Control and Roadway Elements Vol. 2, Report No. FHWA-TS-82-233, Washington, D.C.: Federal Highway Administration.
- Zakon o spodbujanju skladnega regionalnega razvoja (Promotion of Balanced Regional Development Act; in Slovene only). Official Gazette of the Republic of Slovenia, 20/2011, 57/2012.
- Zavodnik Lamovšek, A., Čeh, M., Košir, U. (2010). Analiza dostopnosti prebivalcev do javnih dejavnosti z medkrajevnim avtobusnim potniškim prometom. In: D. Perko, M. Zorn (Eds.), *Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2009–2010* (pp. 251–260). Ljubljana: Založba ZRC SAZU.
- Zupančič, M. (2006). Določitev parametrov odvisnosti hitrosti od prometnih obremenitev na državnih cestah. Diploma thesis. Ljubljana: University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering.
- Zwahlen, H.T. (1987). Advisory Speed Signs and Curve Signs and Their Effect on Driver Eye Scanning and Driver Performance. *Transportation Research Record* 1111, TRB, Washington, D.C.: National Research Council.

Drobne S., Paliska D. (2015). Average transport accessibility of the Slovenian municipalities to the nearest motorway or expressway access point. *Geodetski vestnik*, 59 (3): 489–522. DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2015.03.486-519

POVPREČNA PROMETNA DOSTOPNOST OBČIN SLOVENIJE DO NAJBЛИŽJEGA PRIKLJUČKA AVTOCESTE ALI HITRE CESTE

OSNOVNE INFORMACIJE O ČLANKU:

GLEJ STRAN 486

1 UVOD

Dostopnost postaja v zadnjih letih vse bolj pomemben dejavnik pri načrtovanju rabe tal ter prometne infrastrukture in je odličen kazalnik prostorske kohezije (Schürmann et al., 1997; Lopez et al., 2008) ter družbene in ekonomske razvitosti prostora (Rietveld in Nijkamp, 1993). Skupaj z investicijami in prostorsko politiko vpliva na organiziranost in dinamiko regij, posledično pa na razporeditev dejavnosti in prebivalstva v prostoru (Bavoux et al., 2005). Dostopnost je tesno povezana z mobilnostjo, ekonomskim razvojem in družbenim blagostanjem, zato je njeno merjenje pomembno orodje, ki ga lahko neposredno uporabljajo prostorski načrtovalci in politični odločevalci pri sprejemanju najrazličnejših strategij prostorskega razvoja (Geurs in van Wee, 2004; Vandenbulcke et al., 2009). Merila, s katerimi merimo dostopnost, se razlikujejo predvsem po področjih uporabe, zapletenosti izračunov in razlagah rezultatov.

V tem prispevku se omejujemo na merila dostopnosti, ki se uporabljajo pri načrtovanju prostorskih in prometnih strategij. V različnih strategijah razvoja prostora in prometne infrastrukture je dostopnost običajno vrednotena z merili, ki jih enostavno razlagamo in so razumljiva tako raziskovalcem kot političnim odločevalcem. V navedenih strategijah najpogosteje najdemo tako imenovana merila infrastrukturne ali prometne dostopnosti, kot so čas vožnje, hitrost vožnje in stopnja zasičenosti prometa (Geurs in van Wee, 2004).

V Sloveniji je problematika prometne dostopnosti vključena v strateške prostorske dokumente in tudi zakonodajo. Strateški prostorski dokumenti, ki obravnavajo prometno dostopnost, so Strategija regionalnega razvoja Slovenije (SRRS, 2001), Strategija prostorskega razvoja Slovenije (SPRS, 2004) in Strategija razvoja Slovenije (SRS, 2005). V strategiji prostorskega razvoja Slovenije (SPRS, 2004) je eden izmed temeljnih strateških ciljev urejanja prostora v zadnjem desetletju ravno izboljšanje prometne dostopnosti v državi. Primer zakona pa je Zakon o spodbujanju skladnega regionalnega razvoja (ZSRR-2; Ur. l. RS, št. 20/2011, 57/2012), ki med drugim opredeljuje ukrepe za obmejna problemska območja. To so obmejne občine in občine, ki neposredno mejijo nanje. Obmejne problemske občine so po ZSRR-2 (prav tam) občine, v katerih več kot 50 % prebivalcev živi v desetkilometrskem obmejnem pasu in ki imajo primanjkljaj delovnih mest, hkrati pa izkazujejo podpovprečno gostoto poselitve. Med občine, ki neposredno mejijo na obmejne občine in so vključene v obmejna problemska območja, pa po navedenem zakonu spadajo občine z več kot 45-minutno povprečno dostopnostjo do najbližjega priključka na avtocesto ali hitro cesto ali občine z visokim deležem površine, vključene v območje Nature 2000. Podroben pregled vključenosti problematike prometne dostopnosti v strateške dokumente in zakonodajo je opravil Kozina (2009, 2010d).

Uredba o določitvi obmejnih problemskih območij (UDOPO; Ur. l. RS, št. 22/2011) določa, da Služba Vlade Republike Slovenije za lokalno samoupravo in regionalno politiko – po novem Ministrstvo za gospodarski razvoj in tehnologijo (MGRT; Ur. l. RS, št. 97/2012), Direktorat za regionalni razvoj, Sektor za načrtovanje regionalnega razvoja – vsaki dve leti preverja vrednosti meril iz uredbe in ob morebitnih drugačnih uvrstitvah občin med obmejna problemska območja predlaga ustrezne spremembe uredbe. V ta okvir spada tudi morebitni napredek pri razvoju metodologij in vzpostavljanju baz podatkov.¹ Po UDOPO se povprečna prometna dostopnost v občini do najbližjega priključka na avtocesto ali hitro cesto izračuna kot povprečni dostopni čas z avtomobilom po mreži cest. Pri tem se v analizo vključijo najnovejši podatki iz uradnih evidenc (Ur. l. RS, št. 22/2011). Pri izračunih povprečne prometne dostopnosti občin do priključka na avtocesto ali hitro cesto je sodelovala Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani, in sicer: Pogačnik et al. (2010) za uredbo iz leta 2011 (Ur. l. RS, št. 22/2011), Drobne (2012) za uredbo iz naslednjega leta (Ur. l. RS, št. 97/2012) ter Drobne (2014) za stanje konec leta 2013.

Pomembnejšo obravnavo dostopnosti v slovenski literaturi zasledimo v Bole et al. (2010); Čeh et al. (2008); Černe (1986); Drobne (2003, 2005, 2012, 2014); Drobne in Bogataj (2005); Drobne et al. (2004); Gulič in Plevnik (2000); Kozina (2008, 2009, 2010a,b,c,d); Kozina in Plevnik (2009); Paliska et al. (2000, 2004); Pelc (1989); Šetinc et al. (2006); Zavodnik Lamovšek et al. (2010). Pri tem posebej izstopata poglobljeni deli Kozine (2008 in 2010d).

V prispevku analiziramo povprečno dostopnost občin do najbližjega priključka na avtocesto ali hitro cesto v Sloveniji. Te ceste, ki so ključnega pomena za daljinski promet tovornih vozil, so sestavni del (avto) cestnih povezav s sosednjimi državami, hkrati pa omogočajo daljinski promet med najpomembnejšimi središči regionalnega pomena v državi.

1.1 Opredelitev pojma dostopnosti in merjenje dostopnosti v geografskem informacijskem sistemu

Številni avtorji ugotavljajo, da je natančna opredelitev pojma dostopnosti otežena predvsem zaradi raznolike vsebinske obravnave (Hägerstrand, 1970; Moseley, 1979; Černe, 1986; de Jong in van Eck, 1997; Harris, 2001; Kozina, 2008, 2010d; Ho, 2011). Eno širših definicij sta podala Stewart (1948) in Hansen (1959), ki sta dostopnost opredelila kot »sposobnost doseganja priložnosti«. Morris in sodelavci (Morris et al., 1979) so dostopnost opredelili kot »lahkotnost«, s katero z dane prostorske lokacije dosegamo v prostoru razpršene dejavnosti s posameznim načinom prevoza. Avtorji posebej izpostavijo dva elementa dostopnosti: prostorsko dimenzijo (lokacijo izvora glede na ponor) in prometno dimenzijo (lastnosti prometnega omrežja). V vrsti različnih pojmovanj dostopnosti velja omeniti še opredelitev, ki sta jo podala Geurs in Ritsema van Eck (2001). Po njunem dostopnost odraža »stopnjo, do katere

¹ Ob upoštevanju takratnih uradnih in razpoložljivih podatkov o vrednostih meril so se leta 2011 med obmejna problemska območja uvrstile občine (Ur. l. RS, št. 22/2011): Bistrica ob Sotli, Ajdovščina, Apače, Benedikt, Bohinj, Bovec, Brda, Brežice, Cankova, Cerklje, Cirkulane, Črenšovci, Črna na Koroškem, Črnomelj, Divača, Dobrovnik, Dolenjske Toplice, Dravograd, Gorje, Gornji Petrovci, Grad, Hodoš, Hrpelje - Kozina, Ilirska Bistrica, Jezersko, Kanal, Kobarid, Kobilje, Kočevje, Komen, Kostanjevica na Krki, Kostel, Kozje, Kranjska Gora, Kungota, Kuzma, Lendava, Loška dolina, Loški Potok, Lovrenc na Pohorju, Luče, Majšperk, Metlika, Mežica, Miren - Kostanjevica, Monaske Toplice, Muta, Ormož, Osilnica, Pesnica, Pivka, Podčetrtek, Podlehnik, Podvelka, Postojna, Preddvor, Prevalje, Puconci, Radlje ob Dravi, Ravne na Koroškem, Ribnica, Ribnica na Pohorju, Rogašovci, Rogatec, Ruše, Selnica ob Dravi, Semič, Slovenj Gradec, Solčava, Središče ob Dravi, Sveta Ana, Sveti Jurij v Slovenskih goricah, Sveti Tomaž, Šalovci, Šentjernej, Šmarje pri Jelšah, Tolmin, Trzin, Velika Polana, Videm, Vipava, Vuzenica, Zavrč, Žetale in Žirovnica. Eno leto kasneje so s tega seznama občin črtali občino Žirovnica (Ur. l. RS, št. 97/2012).

raba tal in prometni sistem omogočajo posameznikom ali dobrinam doseganje dejavnosti ali destinacij v prostoru z enim ali več načini prevoza» (prav tam). Zadnja opredelitev (Geurs in Ritsema van Eck, 2001) je konceptualno širša od predhodne (Morris et al., 1979), saj vključuje štiri medsebojno neodvisne komponente (Vandenbulcke et al., 2009), in sicer promet (prometni sistem), rabo tal (obseg, kakovost in značilnost dejavnosti na posamezni destinaciji), čas (časovna razpoložljivost dejavnosti) in individualno komponento (potrebe, zmožnosti in priložnosti posameznikov).

Težavnost natančne opredelitve dostopnosti se še posebej pokaže v različnih poskusih kvantifikacije meril. Gutierrez (2001) piše, da dostopnosti ni mogoče preprosto kvantificirati, prav tako ne obstaja najboljši način merjenja. Izbira kazalnika in metodologije vpliva na končni rezultat, zato je glede na področje obravnave pomembno izbrati primeren kazalnik in način merjenja (Talen in Anselin, 1998; Vandenbulcke et al., 2009). V strokovni literaturi se pojavljajo različni kazalniki dostopnosti, vezani predvsem na učinkovitost in razvitost prometnega omrežja ter dosegljivost dejavnosti v prostoru za različne družbeno-ekonomske skupine (Kwan, 1998).

Handy in Niemeier (1997) sta obstoječe načine merjenja dostopnosti razvrstila v tri skupine in tako opredelila tri načine: izohronega (kaže število ali delež dosegljivih lokacij v izbranem času potovanja/ razdalji/stroškov iz izbranega izvora), gravitacijskega (predpostavi postopno zmanjševanje dostopnosti s povečevanjem časa potovanja do destinacije) in pristop koristi (ocenjuje dostopnost na ravni posameznika). Baradaran in Ramjerdi (2001) ločita pet (splošnih teoretičnih) načinov merjenja prometne dostopnosti: (1) pristop potovalnih stroškov, (2) gravitacijski oziroma potencialni pristop, (3) pristop z omejitvami, (4) pristop koristi in (5) sestavljeni pristop. Podobno sta načine merjenja opredelila Geurs in van Wee (2004), ki predlagata štiri skupine: v prvo spadajo merila, s katerimi se meri dostopnost po infrastrukturi, v drugo spadajo merila, s katerimi se meri stopnja dejavnosti lokacij, v tretji skupini so merila, s katerimi se meri dostopnost na ravni posameznika, v zadnji, četrti skupini pa so merila, s katerimi se merijo koristi. Navedene skupine se medsebojno močno razlikujejo predvsem po obsegu in naboru potrebnih vhodnih podatkov, načinu izračuna in razlagi rezultatov. Bolj podroben pregled meril dostopnosti najdemo v Bruinsma in Rietveld (1998), Baradaran in Ramjerdi (2001), Geurs in van Wee (2004) ter Vandenbulcke et al. (2009).

V tem prispevku obravnavamo povprečno prometno dostopnost občin do najbližjega priključka na avtocesto ali hitro cesto. Glede na vsebino prispevka in razpoložljivost podatkov smo se v nadaljevanju osredotočili na skupino meril, s katerimi se meri dostopnost po prometni infrastrukturi. Kazalniki iz te skupine merijo učinkovitost prometne infrastrukture z opazovanjem ali simulacijami. Primeri takšnih kazalnikov so: mrežna ali zračna razdalja, potovalni čas, potovalni stroški, stroški zastojev in podobni. Ti kazalniki imajo številne prednosti, med najpomembnejše štejemo enostavnost razumevanja in računanja ter majhen nabor potrebnih vhodnih podatkov. Kot pomanjkljivost pa velja omeniti predvsem dejstvo, da niso uporabni za vrednotenje vpliva, ki ga ima dostopnost na lokacijo (v izračunu niso upoštevane prostorske, časovne in individualne komponente), zanemarjajo raznolikost glede kakovosti lokacij in vrednotenja časa (med različnimi potniki), so občutljivi za značilnosti obravnavanega območja ter zanemarjajo vedenjske vzorce posameznih potnikov (Bruinsma in Rietveld, 1998; Geurs in van Wee, 2004; Vandenbulcke et al., 2009).

Prilagodljivost geografskih informacijskih sistemov (GIS) omogoča podroben prikaz in izračun različnih kazalnikov dostopnosti. Čas potovanja ali stroške potovanja po prometni infrastrukturi lahko analiziramo

v rastrskem in vektorskem podatkovnem modelu. Razprava, kateri model je bolj primeren, traja že vrsto let, vendar podobno kot pri opredelitvi in merilih dostopnosti ni enotnega mnenja. Zato se avtorji, glede na potrebe in razpoložljivost podatkov, odločajo različno (Couclelis, 1992; van Bemmelen et al., 1993; Goodchild et al., 2007; Delamater et al., 2012). Pristopa se v formatih zapisa, algoritmihi procesiranja in načinu izračunu dostopnosti precej razlikujeta, v osnovi pa sta izračuna časa potovanja zelo podobna. Čas potovanja izračunamo na podlagi dolžine in hitrosti potovanja ter ga konceptualno označimo kot strošek premikanja (angl. cost of movement). Takšno pojmovanje omogoča uporabo različnih algoritmov (npr. »minimum cost path« v rastrskem modelu ali »shortest path« v vektorskem modelu) ocene dostopnosti.

Donnay in Ledent (1995) sta opisala dve pomembni pomanjkljivosti pri izračunu dostopnosti v vektorskem podatkovnem modelu. Izračunamo jo lahko samo za vozlišča v grafu (izračun dostopnosti za poljubno točko na povezavi med dvema vozliščema je mogoče izvesti le z interpolacijo vrednosti), ravno tako je nemogoče izračunati dostopnost za lokacije zunaj mreže povezav (grafa). V rastrskem podatkovnem modelu (rastrskem pristopu) pa lahko obravnavamo prometno dostopnost kot prostorsko zvezno spremenljivko, kar pomeni, da lahko izračunamo dostopnost za poljubno točko na obravnavanem območju (Julião, 1999; Drobne, 2003; Drobne et al., 2004; Goodchild et al., 2007; Delamater et al., 2012). Podobno kot vektorski ima tudi rastrski pristop izračuna dostopnosti nekatere pomanjkljivosti: na primer, zelo težavno opredelitev povezanosti v vozliščih (nivojska, izvennivojska križišča, smeri zavljanja) in obravnavo smeri prometnih tokov (enosmerni in dvosmerni prometni tok). Podrobno obravnavo razlik, prednosti in pomanjkljivosti obeh pristopov najdemo v delih van Bemmelen et al. (1993), Donay in Ledent (1995), Goodchild et al. (2007) in Delamater et al. (2012). V tem prispevku smo se, predvsem zaradi zgoraj navedenih pomanjkljivosti vektorskega pristopa, odločili uporabiti rastrski pristop modeliranja dostopnosti.

1.2 Hitrost in čas vožnje v raziskavah prometne dostopnosti

Potovalna hitrost in čas vožnje sta ključna dejavnika pri oceni prometne dostopnosti. Na potovalno hitrost vplivajo različni dejavniki, zato je njena ocena zapletena in zahtevna. Po metodologiji HCM-2000 (Highway Capacity Manual; HCM, 2000) sta zmogljivost in raven storitve (kamor spadata potovalna hitrost in čas vožnje) za posamezno cesto v splošnem odvisna od lastnosti ceste, lastnosti prometnega toka in načina regulacije prometa. Poleg splošnih dejavnikov se v metodologiji HCM-2000 pri oceni potovalne hitrosti na urbanih cestah predvideva še upoštevanje kategorije rabe tal in gostote poselitve v bližini ceste, vrste dejavnosti na cesti itd. Poleg navedenih fizičnih lastnosti ceste in okolja so različne študije pokazale, da na potovalno hitrost vplivajo še značilnosti vozila in voznika.

Pri določanju dejanske hitrosti vožnje različni avtorji na različnih ravneh proučevanja prihajajo do ugotovitev, ki si včasih tudi nasprotujejo. V stroki pa v splošnem velja, da na potovalno hitrost vpliva kategorija ceste, radij cestnih krivin, dolžina cestnega odseka, naklon, število križišč, gostota vstopnih točk, število voznihi pasov, podlaga cestišča, preglednost ceste (Oppenlander, 1966; Polus et al., 1984; Kanellaidis, 1995; Gattis in Watts, 1999; HCM, 2000; Ericsson, 2000; Ottesen in Krammes, 2000; Wang, 2006; Lay, 2009), bližina zgradb, gospodarska dejavnost v bližini ceste (Rowan in Keese, 1962; Poe et al., 1996; Warren, 1982; Tignor in Warren, 1990; Wang, 2006; Ewing in Cervero, 2010), regulacija prometa in omejitve hitrosti (Zwahlen, 1987; Poe in Mason, 2000; Fitzpatrick et al., 2001; HCM, 2000), različni

načini umirjanja prometa (Ewing, 1999; Barbosa et al., 2000; Comte in Jamson, 2000), delež težkih tovornih vozil v prometnem toku (Poe et al., 1996; HCM, 2000; Donnell et al., 2001) ter osebnostne lastnosti voznika in vozila (Poe et al., 1996; Elslande in Faucher-Alberton, 1997; Kang, 1998; Smiley, 1999; Gibreel et al., 2001).²

Zaradi metodologije, ki je uporabljena v tem članku, je treba poleg navedenih dejavnikov omeniti še vpliv obsega prometnega toka na potovalno hitrost. V vrsti številnih modelov na makro in mikro ravni, ki opisujejo odnose med hitrostjo in obsegom prometnega toka oz. pretokom vozil, navajamo le nekaj za naš model pomembnih izsledkov. Polus in sodelavci (Polus et al., 1984) pravijo, da na makro ravni poleg povprečne vijugavosti ceste in povprečnega naklona ceste značilno negativno korelira s potovalno hitrostjo tudi obseg prometnega toka. Podobno so ugotovili tudi Lamm in sodelavci (Lamm et al., 1988, 1990), ki so za spremenljivko obsega prometnega toka uporabili povprečni dnevni letni pretok (v nadaljevanju: PDLP). Ugotovili so, da je na dvopasovnih podeželskih cestah s spremenljivko PDLP mogoče razložiti 5,5 % skupne variabilnosti v potovalni hitrosti.³ PDLP kot spremenljivko v modelu za oceno potovalne hitrosti so uporabili tudi drugi avtorji, ki so prišli do podobnih ugotovitev: vpliv je negativen, relativno majhen ter se spreminja glede na kategorijo cest in lastnosti cestnih odsekov (Jessen et al., 2001; Schurr et al., 2002). V prometnem modeliranju, predvsem v postopku analize obremenitve cest, uporabljamo različne funkcije upora, s katerimi ocenjujemo potovalno hitrost in čas vožnje v odvisnosti od stopnje obremenitve (razmerja med pretokom in zmogljivostjo odseka ceste). Primere uporabe PDLP kot neposrednega kazalnika obremenitve cest oziroma razmerja med PDLP in zmogljivostjo cest najdemo v National Cooperative Highway Research Program (NCHRP, 1997), Erlingsson et al. (2006), Zupančič (2006). V teh študijah so za različne kategorije cest ocenjeni parametri različnih funkcij upora, ki omogočajo neposredno oceno povprečne potovalne hitrosti za posamezne cestne odseke na podlagi vrednosti PDLP.

Po kratkem pregledu dejavnikov, ki vplivajo na potovalno hitrost, ugotavljamo, da obstajajo številni pristopi, ki omogočajo tudi zelo natančno oceno povprečne potovalne hitrosti. Če izvajamo primere, pri katerih avtorji pridobijo podatke o času vožnje iz transportnega modela, pri modeliranju prometne dostopnosti na makro ravni avtorji večinoma ne uporabljajo podrobno razdelanih metodologij, ampak preproste ocene povprečne potovalne hitrosti in časa vožnje ali stroškov potovanja. Največkrat ocenijo potovalno hitrost na podlagi dovoljene hitrosti na cestah posamezne kategorije, ki jo pavšalno reducirajo na podlagi značilnosti ceste, števila ali gostote prebivalcev ali števila delovnih mest po obravnavanih območjih, rabe tal v bližini ipd. (Gutierrez in Urbano, 1996; Gutierrez, 2001; Vandenbulcke, 2009; Delamater et al., 2012).

V nadaljevanju prispevka najprej predstavimo metodologijo za analizo povprečne prometne dostopnosti občin Slovenije do najbližjega priključka na avtocesto ali hitro cesto. Pri tem obravnavamo uporabo uradnih podatkov, posebej pa razložimo gradnjo ter postopek delovanja rastrskega analitičnega kartografskega modela. Sledita predstavitev rezultatov modeliranja z vrednotenjem in sklep. V nadaljevanju prispevka namesto zveze *prometna dostopnost* uporabljamo krajši izraz *dostopnost*.

² Poleg navedenega se v strokovni literaturi pojavlja še vrsta drugih dejavnikov, ki vplivajo na potovalno hitrost, vendar njihova obravnava presega namen tega članka.

³ Delež pojasnjene variance je bil zelo velik ($R^2 = 0,842$; Lamm et al., 1990).

2 METODOLOGIJA

Za pravilno razumevanje metode dela in rezultatov kartografskega modela dostopnosti najprej predstavimo omejitve in predpostavke, s katerimi smo sestavili model. Model dostopnosti temelji na izračunu časa potovanja z osebnim avtomobilom na mreži javnih cest. Osnovna predpostavka pri modeliranju prometne dostopnosti je bila, da je mogoče posameznikove osebne izkušnje in potovalne navade dovolj dobro opisati in oceniti s splošnimi (povprečnimi) podatki in splošnim prostorskim modelom (Delameter et al., 2012). Iz tega sledijo še nekatere druge predpostavke, da imajo posamezniki v populaciji primerljive avtomobile, voznisko znanje in značilnosti vožnje, da so razmere, ki vplivajo na čas vožnje (vremenske razmere, čas v dnevu/tednu, zastoji itd.), primerljive ter da med izvorom in ponorom potovanja izberejo dolžinsko/časovno/stroškovno najugodnejšo pot.

Zanesljivost izračuna potovalnih časov med različnimi lokacijami v prometni mreži je v okolju GIS pogojena s stopnjo podrobnosti (natančnostjo) in stopnjo zanesljivosti (točnostjo) vhodnih podatkov (lokacij izvora in ponora, dolžine cestnih odsekov, ocene hitrosti vožnje itd.). Poleg tega, da v rastrskem modelu že konceptualno ni mogoče učinkovito modelirati smeri vožnje in križanja, se zaradi postopka abstrakcije (velikosti rastrske celice) še dodatno izgubijo topološke značilnosti prometne mreže. V postopku rasterizacije vektorske mreže cest lahko ena rastrska celica prekrije več osi cest različnih vrst, celici pa lahko pripišemo le eno vrednost (na primer povprečne potovalne hitrosti). Če je rastrska celica manjša od razdalje med najbližjima osema cest, se tej težavi izognemo – vendar to pomeni, da mora biti rastrska celica velika le nekaj metrov. Na makro ravni modeliranja, ko modeliramo dostopnost z manjšo ločljivostjo (velikost rastrske celice 100 metrov in več), pa se zaradi tega pojavljajo napake v izračunih, ki so bodisi precenjeni ali podcenjeni. Velikost rastrske celice je povezana s količino podatkov, ki jih procesiramo, ta pa posledično s procesnim časom podatkov v vsakem koraku. Čeprav smo pri izračunih uporabljali zmogljiv računalnik, so bili časi izračuna posameznih korakov pri nekajmetrski ločljivosti funkcionalno predolgi, zato smo se odločili za manjšo ločljivost izračunov (rezultatov). Modeliranje dostopnosti ter izračun povprečne dostopnosti v občini smo izvedli po rastrskem pristopu modeliranja v GIS-orodju ArcGIS 10.2. Pri tem smo izhajali iz del Drobne (2003), Drobne et al. (2004), Drobne (2012, 2014).

2.1 Podatkovne podlage

Pri gradnji rastrskega modela dostopnosti do najbližjega priključka na avtocesto ali hitro cesto v Sloveniji smo izhajali iz naslednjih uradnih podatkov: podatkov o javnih cestah, priključkih na avtoceste oziroma hitre ceste, povprečnem dnevnem letnem prometu, razgibanosti terena, grajenih površinah ter o številu prebivalcev s stalnim prebivališčem v stavbi s hišno številko.

Javne ceste v Republiki Sloveniji (RS) delimo na državne ceste, ki so v lasti RS, in občinske ceste, ki so v lasti občin. Razdelitev temelji na pomenu javnih cest za povezovanje in potek prometa v nekem prostoru. Kategorizacijo javnih cest v RS določa Uredba o merilih za kategorizacijo javnih cest (Ur. l. RS, št. 49/1997). Podatke o državnih cestah za leto 2013 smo pridobili na Direkciji Republike Slovenije za ceste (DRSC, 2014a), podatke o občinskih cestah za leto 2013 pa iz zbirnega katastra gospodarske javne infrastrukture (GJI; GURS, 2014a)⁴ na Geodetski upravi RS. V analizi dostop-

⁴ V bazi GJI so le podatki o občinskih cestah, ki so jih posredovale občine.

nosti smo obravnavali naslednje občinske ceste: lokalne ceste, glavne mestne ceste, zbirne mestne ali krajevne ceste in mestne ali krajevne ceste. Točkovne podatke o priključkih na avtoceste (AC) oziroma hitre ceste (HC) konec leta 2013 smo zajeli ročno na podlagi linijskih podatkov DRSC (2014a) o priključkih na avtocesto in hitro cesto. Zajem smo kontrolirali s podatki o priključkih na AC in HC Družbe za avtoceste Republike Slovenije (DARS, 2014). Podatke o povprečnem dnevnem letnem prometu po cestnih odsekih na državnih cestah za leto 2013 smo pridobili na DRSC (2014b).⁵ Podatke o razgibanosti terena smo pridobili na Geodetski upravi RS (DMV 100; GURS 2014b). Podatke o grajenih površinah smo pridobili iz katastra stavb (GURS, 2014c).⁶ Podatke o številu prebivalcev s stalnim prebivališčem v stavbi s hišno številko na dan 31. 12. 2013 pa smo pridobili na Ministrstvu za notranje zadeve (Direktorat za upravne notranje zadeve, migracije in naturalizacijo, Urad za upravne notranje zadeve in naturalizacijo, Sektor za registracijo prebivalstva in javne listine; MNZ, 2014).

2.2 Metoda dela

Večina vhodnih podatkovnih slojev je bila v vektorskem zapisu. Te je bilo treba najprej pretvoriti v rastrski zapis. Območje Slovenije smo obravnavali z ločljivostjo 100 metrov. Pretvorbi podatkov v rastrski zapis je sledilo modeliranje stroškovnih ploskev ter analiza dostopnosti v okolju za kartografsko modeliranje.⁷

Ključna težava pri modeliranju dostopnosti po rastrskem pristopu je opredelitev stroškovne ploskve (Eastmann, 1989, 2001). Stroškovna ploskev je opredeljena s stroškovno (običajno časovno) razdaljo od ponorov (v našem primeru od priključkov na avtocesto ali hitro cesto). Izračun stroškovne ploskve temelji na ploskvi trenja, ki je opredeljena z relativnimi stroški premika čez rastrsko celico. V našem primeru je bil ta strošek opredeljen kot potovalni čas, potreben za pravokotni prehod rastrske celice z osebnim vozilom.

Povprečne potovalne hitrosti po obravnavanih kategorijah cest so izpisane v preglednici 1. Začetne vrednosti ploskve trenja so izračunane po modelu potovalnega časa za prehod ene rastrske celice z osebnim vozilom:

$$CPC = \frac{VC \cdot 60}{PPH \cdot 1000}, \quad (1)$$

kjer je *CPC* čas, potreben za prehod rastrske celice, v minutah, *VC* je velikost rastrske celice v metrih, *PPH* pa je povprečna potovalna hitrost v kilometrih na uro. V modelu smo obravnavali osem različnih kategorij državnih cest (DRSC, 2014a) in štiri kategorije cest iz GJI (GURS, 2014a). Na območjih Slovenije zunaj mreže obravnavanih cest smo predvideli povprečno potovalno hitrost 5 km/h. Tako smo v analizo vključili vse manjkajoče priključke od stavb do obravnavanih cest.

⁵ Povprečni dnevni letni promet (PDLP) je vrednost, izračunana za obremenjenost cestnega prometnega odseka, ki pove, koliko vozil poprečno vsak dan in vse dni v letu prevozi odsek v obe smeri (DRSC, 2014b).

⁶ Stavba je objekt, v katerega lahko človek vstopi in je namenjen njegovemu stalnemu ali začasnemu prebivanju, opravljanju poslovne in druge dejavnosti ali zaščiti ter ga ni mogoče prestaviti brez škode za njegovo substanco (GURS, 2014c).

⁷ Rastrski model izračuna prometne dostopnosti smo zasnovali širše, kot je bilo potrebno za našo rabo. Model je zasnovan tako, da omogoča, z ustreznimi manjšimi dopolnitvami, tudi izračune dostopnosti do poljubnih lokacij v državi (na primer do urbanih središč na različnih ravneh obravnave, turističnih zanimivosti, gospodarskih območij itd.).

Pri izračunih potovalne hitrosti smo upoštevali naslednje značilnosti ceste, prometnega toka in okolja:

- (a) izhodiščne potovalne hitrosti za vsako obravnavano kategorijo cest posebej ter tudi za lokacije zunaj mreže cest,
- (b) razgibanost terena, na podlagi katere smo korigirali povprečno potovalno hitrost na obravnavanih cestah,
- (c) obseg povprečnega dnevnega letnega prometa,
- (d) in vpliv grajenega okolja, v skladu s katerim smo zmanjšali povprečno potovalno hitrost v grajenem okolju.

Izhodiščne potovalne hitrosti smo ocenili na podlagi predhodnih raziskav (Drobne et al., 2004) in izračunov v Zupancič (2006) za ravninske cestne odseke. Navedeni raziskavi se razlikujeta od sedanje po upoštevanju različnih dejavnikov, ki vplivajo na potovalno hitrost, zato smo izkustveno ocenili nekoliko nižje povprečne potovalne hitrosti od tistih v navedeni literaturi. Posledično smo se odločili, da, glede na ocenjen vpliv posameznega dejavnika, povprečne potovalne hitrosti popravimo navzdol ali navzgor.

Preglednica 1: Povprečna potovalna hitrost in čas, potreben za pravokotni prehod rastrske celice glede na kategorijo ceste.

Vrsta ceste	Oznaka	Povprečna potovalna hitrost (<i>PPH</i> , v km/h)	Čas, potreben za pravokotni prehod celice (<i>CPC</i> , v min)
glavna cesta 1. reda	G1	65	0,0923
glavna cesta 2. reda	G2	65	0,0923
regionalna cesta 1. reda	R1	55	0,1091
regionalna cesta 2. reda	R2	55	0,1091
regionalna cesta 3. reda	R3	45	0,1333
regionalna cesta 3. reda – turist. cesta	RT	35	0,1714
lokalna cesta	9	35	0,1714
glavna mestna cesta	11	35	0,1714
zbirna mestna ali krajevna cesta	12	30	0,2000
mestna ali krajevna cesta	13	15	0,4000
območje Slovenije zunaj mreže cest	–	5	1,2000

Za posamezne kategorije cest in strukturo prometnega toka HCM (2000) precej natančno obravnava vpliv razgibanosti terena na hitrost prometnega toka. V metodologiji HCM (2000) se poseben pomen pripisuje vplivu dolžine naklona in stopnji naklona na hitrost težkih vozil, ločeno za vožnjo navzdol po strmini in vožnjo navzgor. Ta metodologija je preveč podrobna za uporabo v modelu na makro ravni, zato smo se odločili za posplošitev vpliva razgibanosti terena na potovalno hitrost. Lay (2009) navaja, da se v splošnem z vsakim odstotkom povečanja naklona hitrost prostega prometnega toka osebnih avtomobilov zmanjša za 3 km/h, hitrost težkih tovornih vozil pa za 6 km/h. Zmanjšanje hitrosti je še večje na klancih z nakloni, ki presegajo osem stopinj, pri vožnji navzdol, in pri naklonih, večjih kot pet stopinj, pri vožnji navzgor (prav tam). V našem modelu smo že v izhodišču uporabili nižje hitrosti od hitrosti prostega prometnega toka, zato smo se odločili, da pri naklonih, manjših od 10 stopinj, popravkov ne upoštevamo. Podobno smo za večje naklone upoštevali manjše popravke od priporočenih.⁸ Popravke

⁸ Popravek – 20 % smo upoštevali le na 0,012 % (720 metrih) cestnih odsekov državnih cest, od katerih je bila večina regionalnih cest 3. reda ali turističnih cest.

povprečne potovalne hitrosti zunaj mreže cest smo določili izkustveno. Uporabljeni popravki potovalnih hitrosti so navedeni v preglednici 2.

Preglednica 2: Popravek povprečne potovalne hitrosti na cestah ter zunaj mreže cest glede na naklon terena.

Naklon terena (v stopinjah)	Popravek povprečne potovalne hitrosti na mreži cest	Popravek povprečne potovalne hitrosti zunaj mreže cest
0–10	brez popravka	brez popravka
10–20	– 5 %	– 20 %
20–30	– 10 %	– 40 %
30 in več	– 20 %	– 70 %

Pri oceni vpliva obremenjenosti ceste na potovalno hitrost smo kot kazalnik obremenjenosti uporabili povprečni dnevni letni promet za vsa vozila (PDL*P*). Posplošene ugotovitve, objavljene v Zupančič (2006), smo poskušali zajeti s poenostavljenem modelom, ki je prilagojen razpoložljivim podatkom in ravni modeliranja. Za vsako posamezno kategorijo državne ceste smo opredelili interval

$$[\mu_{PLDP_i} - \sigma_{PLDP_i}, \mu_{PLDP_i} + \sigma_{PLDP_i}] \quad (2)$$

kjer je μ_{PLDP_i} srednja vrednost PDL*P* za vsa vozila za posamezno kategorijo cest, σ_{PLDP_i} je standardni odklon PDL*P* za vsa vozila za posamezno kategorijo cest, indeks *i* pa predstavlja obravnavane kategorije državnih cest (*i* = *G1*, *G2*, *R1*, *R2*, *R3*, *RT*). Za vsak cestni odsek državnih cest smo preverili, ali leži vrednost PDL*P* na intervalu (2), ali izven njega. Potovalne hitrosti smo popravili glede na vrednost PDL*P* na posameznem cestnem odseku. V preglednici 3 je prikazan popravek povprečne potovalne hitrosti na cestnem odseku državne ceste glede na PDL*P*.

Preglednica 3: Popravek povprečne potovalne hitrosti na državnih cestah glede na povprečni dnevni letni promet za vsa vozila.

Povprečni dnevni letni promet (PDL <i>P</i>)	Popravek povprečne potovalne hitrosti na državni cesti
$PLDP < (\mu_{PLDP_i} - \sigma_{PLDP_i})$	+ 5 %
$PLDP: [\mu_{PLDP_i} - \sigma_{PLDP_i}, \mu_{PLDP_i} + \sigma_{PLDP_i}]$	0 %
$PLDP > (\mu_{PLDP_i} + \sigma_{PLDP_i})$	– 5 %

Vpliv območij grajenih površin na potovalno hitrost smo upoštevali na dva načina: prvič, na območjih, kjer je bila gostota stavb (*GS*) večja od enega standardnega odklona (σ_{GS}) nad srednjo vrednostjo gostote stavb v Sloveniji (μ_{GS}) oziroma:

$$GS > (\mu_{GS} + \sigma_{GS}), \quad (3)$$

smo povprečno potovalno hitrost znižali za tretjino; gostoto stavb smo izračunali po metodi jedrne gostote v polmeru 5500 m⁹; drugič, na območju velikosti 100 x 100 metrov v naravi, kjer so stavbe v neposredni bližini ceste, pa smo predpostavili za tretjino nižjo povprečno potovalno hitrost. Obe merili grajenih površin sta zapisani v preglednici 4. Merilo grajenih površin smo upoštevali za vse ceste.

⁹ Polmer 5500 metrov je bil določen iz povprečno velike občine v Sloveniji leta 2013, katere površina je znašala 95,6312 km².

Povprečne potovalne čase do najbližjega priključka na avtocesto oziroma hitro cesto v občini smo analizirali na tri načine; in sicer kot:

- povprečni potovalni čas z lokacij vseh stavb iz katastra stavb v občini,
- povprečni potovalni čas z lokacij stavb s hišno številko v občini,
- povprečni potovalni čas z lokacij stavb s stalnim prebivališčem (tj. z lokacij stavb s hišno številko, v katerih je bil prijavljen s stalnim prebivališčem vsaj en prebivalec).

Preglednica 4: Popravek povprečne potovalne hitrosti na cestah glede na grajeno okolje.

Stavba iz katastra stavb	Popravek povprečne potovalne hitrosti za vse ceste
je v rastrski celici ločljivosti 100 m	– 33 %
ni v rastrski celici ločljivosti 100 m	brez popravka
(in hkrati)	
$GS > (\mu_{GS} + \sigma_{GS})$	– 33 %
$GS \leq (\mu_{GS} + \sigma_{GS})$	brez popravka

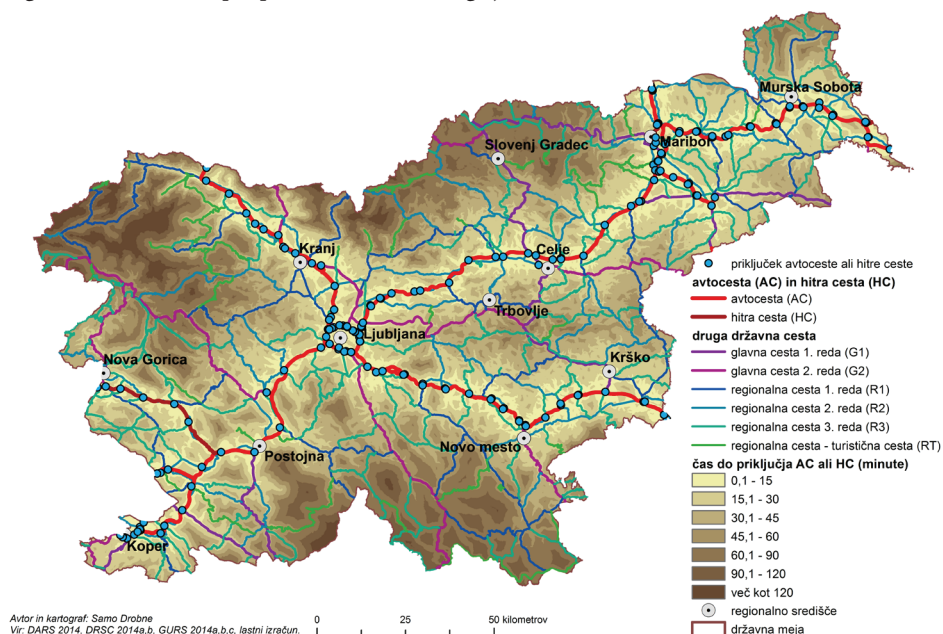
Za lažjo primerjavo rezultatov smo občine razvrstili glede na povprečno dostopnost do priključka na avtocesto ali hitro cesto. Splošni koraki analitičnega kartografskega modela za izračun dostopnosti v programskem orodju ArcGIS so:

1. Izračun ploskve trenja (ploskve časa, potrebnega za prehod ene rastrske celice z osebnim vozilom):
 - 1.a) pretvorba linijskih vektorskih podatkov državnih (brez avtocest in hitrih cest) in občinskih cest v rastrski zapis (atribut je kategorija ceste),
 - 1.b) pretvorba poligona državne meje Slovenije v binarni rastrski zapis,
 - 1.c) reklasifikacija rastrskih podatkov o cestah glede na kategorijo ceste v povprečne potovalne hitrosti (preglednica 1),
 - 1.d) reklasifikacija podatkov o ostalih območjih Slovenije v povprečno potovalno hitrost 5 km/h (preglednica 1),
 - 1.e) izračun naklonov terena iz digitalnega modela višin,
 - 1.f) izračun popravka povprečne potovalne hitrosti na cestah in zunaj cest glede na naklon terena (preglednica 2),
 - 1.g) izračun intervalov PDLP po kategorijah državnih cest po modelu (2),
 - 1.h) izračun popravka povprečne potovalne hitrosti na državnih cestah glede na PDLP (preglednica 3),
 - 1.i) pretvorba točkovnih vektorskih podatkov katastra stavb v binarni rastrski zapis,
 - 1.j) izračun popravka povprečne potovalne hitrosti na cestah glede na prisotnost stavbe v rastrski celici (preglednica 4),
 - 1.k) izračun gostote stavb iz katastra stavb,
 - 1.l) izračun popravka povprečne potovalne hitrosti na cestah glede na gostoto stavb (preglednica 4),
 - 1.m) kombiniranje rastrskih podatkov o cestah in območja Slovenije v rastrski podatkovni sloj povprečnih potovalnih hitrostih (*PPH*),
 - 1.n) izračun časa, potrebnega za prehod ene rastrske celice (*CPC* po modelu (1));
2. Izračun stroškovne ploskve, tj. ploskve potovalnih časov do najbližjega priključka na avtocesto in hitro cesto;

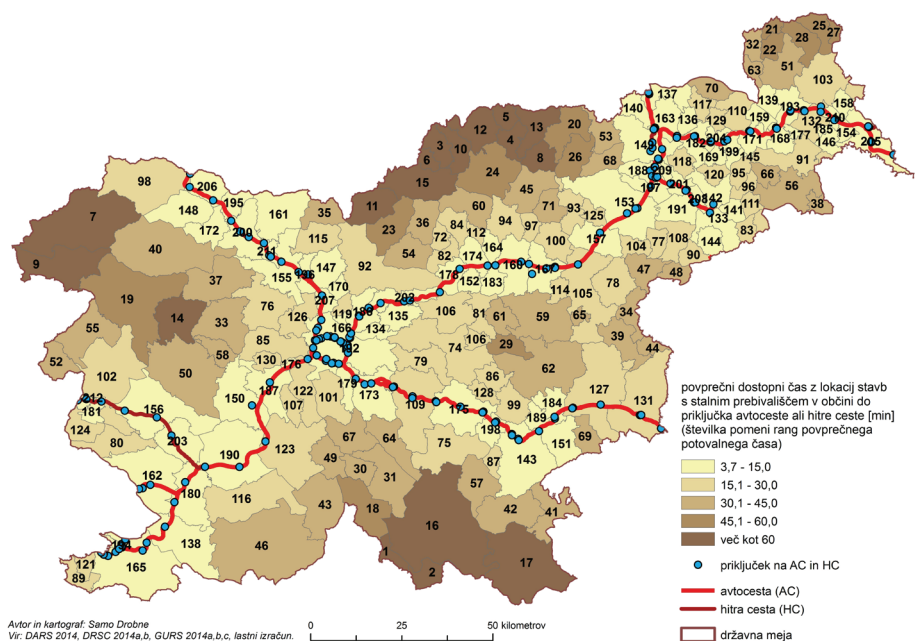
3. Izračun povprečnih potovalnih časov z obravnavanih lokacij po občinah Slovenije do najbližjega priključka na avtocesto ali hitro cesto:
- 3.a) priprava poligonskih vektorskih podatkov o območjih občin (ključni atribut je enolični identifikator občine),
- 3.b) pretvorba točkovnih vektorskih podatkov stavb iz katastra stavb v binarni rastrski zapis,
- 3.c) pretvorba točkovnih vektorskih podatkov stavb s hišno številko v binarni rastrski zapis,
- 3.d) pretvorba točkovnih vektorskih podatkov stavb s hišno številko in s stalnim prebivališčem v binarni rastrski zapis,
- 3.e) izračun povprečnega potovalnega časa v občini z lokacij stavb iz katastra stavb,
- 3.f) izračun povprečnega potovalnega časa v občini z lokacij stavb s hišno številko,
- 3.g) izračun povprečnega potovalnega časa v občini z lokacij stavb s hišno številko in s stalnim prebivališčem.

3 REZULTATI

Na sliki 1 so prikazani potovalni časi do najbližjega priključka na avtocesto oziroma hitro cesto v letu 2013. Rezultat je pogojen z izbrano ločljivostjo modeliranja, vhodnimi podatki in merili, opredeljenimi v prejšnjem poglavju. Podatke o povprečni dostopnosti v občini smo obravnavali na tri načine: kot povprečni dostopni čas z lokacij stavb iz katastra stavb, kot povprečni dostopni čas z lokacij stavb s hišno številko in kot povprečni dostopni čas z lokacij stavb s hišno številko, v katerih je bil prijavljen s stalnim prebivališčem vsaj en prebivalec. Povprečne dostopne čase smo ustrezno razvrstili. Zaradi prostorske omejitve tega prispevka v nadaljevanju prikazujemo zgolj povprečni potovalni čas v občini z lokacij stavb s hišno številko, v katerih je bil prijavljen s stalnim prebivališčem vsaj en prebivalec, in razvrstitev občine glede na analiziran povprečni čas v občini (glej sliko 2).



Slika 1: Potovalni čas z osebnim vozilom do najbližjega priključka na avtocesto ali hitro cesto (Slovenija, 2013).



Slika 2: Povprečni potovalni čas in razvrstitev povprečnega dostopnega časa z osebnim vozilom z lokacij stavb s stalnim prebivališčem v občini do najbližjega priključka na avtocesto ali hitro cesto (Slovenija, 2013).

Vzemimo primer, da nas zanima četrtnina najbolj oddaljenih ter četrtnina najbližjih občin po treh merilih obravnave grajenega okolja (glej preglednico 5). Za četrtnino najbolj oddaljenih občin opazimo, da, glede na različno obravnavo grajenega okolja, dobimo nekoliko – toda ne bistveno – različne rezultate: povprečni potovalni časi z lokacij stavb s stalnim prebivališčem so v večini občin do 6 % krajši kot z lokacij vseh stavb; izjemi sta občini v hribovitem predelu Slovenije: v občini Bohinj je povprečni potovalni čas krajši za 21 %, tj. za dobrih 10 minut, v občini Jezersko pa za 13 %, kar pomeni skoraj 7 minut. Večje razlike se pokažejo v četrtnini najbližjih občin, kjer so povprečni potovalni časi z lokacij stavb s stalnim prebivališčem v večini občin do 13 % krajši kot z lokacij vseh stavb. Tukaj se pojavi več izjem z večjimi razlikami: največja razlika, za 33 % (za 3,4 minute) krajši povprečni potovalni čas, je v občini Jesenice, v Radovljici, Vipavi in Postojni pa je krajši za približno 16 %, (približno 1,5 minute).

Primerjava povprečnih potovalnih časov srednjih 50 % občin pokaže, da se tudi tukaj pojavljajo izjeme, pri katerih se potovalni čas bistveno skrajša, ko obravnavamo dostopnost z lokacij stavb s stalnim prebivališčem. Za večino teh občin se čas skrajša do 13 %, izjeme so občine Gorje (za 42 % oziroma za 9,2 minute), Žirovnica (za 41 % oziroma za 5,6 minute), Bled (za 34 % oziroma za 5,4 minute), Tržič (za 29 % oziroma za 4,6 minute) in Kranjska Gora (za 18 % oziroma za 4,7 minute).

Omeniti velja še nekaj izjem, to je občin, pri katerih je povprečni potovalni čas z lokacij vseh zgradb v občini – torej tudi zgradb brez hišne številke – najkrajši od vseh analiziranih potovalnih časov. Takšen rezultat se pojavi v občinah Trzin (za 2 % oziroma za 0,2 minute), Šenčur (za 2 % oziroma za 0,1 minute), Mengeš (za 1 % oziroma za 0,2 minute) in Beltinci (za 1 % oziroma za 0,1 minute). Za vse te občine velja, da imajo dobro povprečno dostopnost do priključkov (manj kot 18 minut) ter da ležijo

v ravninskem svetu Slovenije. V teh občinah leži večina stavb brez hišne številke blizu priključkov na avtocesto oziroma hitro cesto.

Preglednica 5: Najbolj oddaljene in najbližje občine po treh merilih obravnave grajenega okolja (povprečna dostopnost občine do priključka na avtocesto ali hitro cesto, Slovenija, 2013).

25 % najbolj oddaljenih občin (razvrstitev od najbolj oddaljene občine)	25 % najbližjih občin (razvrstitev od najbližje občine)
z lokacij vseh stavb iz katastra stavb	
Osilnica, Kostel, Prevalje, Vuzenica, Muta, Bovec, Solčava, Mežica, Kobarid, Ribnica na Pohorju, Ravne na Koroškem, Črna na Koroškem, Cerklje ob Dravi, Dravograd, Kočevje, Črnomelj, Tolmin, Loški Potok, Podvelka, Kuzma, Luče, Grad, Slovenj Gradec, Jezersko, Bohinj, Šalovci/Šalovci, Lovrenc na Pohorju, Hodoš/Hodos, Radeče, Gornji Petrovci, Ribnica, Gorenja vas - Poljane, Sodražica, Ljubno, Podčetrtek, Rogašovci, Železniki, Loška dolina, Središče ob Dravi, Semič, Kozje, Ilirska Bistrica, Metlika, Mislinja, Bistrica ob Sotli, Idrija, Rogaška Slatina, Rogatec, Selnica ob Dravi, Bloke, Puconci, Gornji Grad	Naklo, Šempeter - Vrtojba, Turnišče, Miklavž na Dravskem polju, Hajdina, Vodice, Sv. Trojica v Slov. goricah, Lendava/Lendva, Cerkljenjak, Starše, Šenčur, Murska Sobota, Rače - Fram, Lukovica, Kidričevo, Vipava, Mirna Peč, Ljubljana, Radovljica, Ankarana, Odranci, Šmarješke Toplice, Domžale, Lenart, Renče - Vogrsko, Log - Dragomer, Vrhnika, Škofljica, Hoče - Slivnica, Sveti Jurij, Veržej, Postojna, Vransko, Jesenice, Škocjan, Divača, Grosuplje, Komenda, Trzin, Trnovska vas, Braslovče, Prebold, Križevci, Trebnje, Celje, Sežana, Pesnica, Radenci, Žalec, Koper/Capodistria, Polzela, Slovenske Konjice, Ajdovščina
z lokacij stavb s hišno številko	
Osilnica, Kostel, Vuzenica, Prevalje, Muta, Mežica, Ribnica na Pohorju, Bovec, Kobarid, Solčava, Ravne na Koroškem, Radlje ob Dravi, Dravograd, Cerklje ob Dravi, Črna na Koroškem, Kočevje, Črnomelj, Loški Potok, Tolmin, Podvelka, Kuzma, Luče, Grad, Slovenj Gradec, Šalovci/Šalovci, Lovrenc na Pohorju, Hodoš/Hodos, Radeče, Gornji Petrovci, Bohinj, Jezersko, Sodražica, Gorenja vas - Poljane, Ribnica, Rogašovci, Podčetrtek, Ljubno, Železniki, Središče ob Dravi, Kozje, Semič, Mislinja, Loška dolina, Metlika, Bistrica ob Sotli, Ilirska Bistrica, Rogaška Slatina, Rogatec, Idrija, Bloke, Puconci, Selnica ob Dravi, Brda	Šempeter - Vrtojba, Naklo, Turnišče, Miklavž na Dravskem polju, Hajdina, Vodice, Sv. Trojica v Slov. goricah, Starše, Lendava/Lendva, Cerkljenjak, Vipava, Jesenice, Šenčur, Lukovica, Rače - Fram, Murska Sobota, Mirna Peč, Ankarana, Kidričevo, Radovljica, Ljubljana, Postojna, Šmarješke Toplice, Odranci, Vrhnika, Domžale, Renče - Vogrsko, Lenart, Hoče - Slivnica, Vransko, Škofljica, Divača, Log - Dragomer, Veržej, Braslovče, Grosuplje, Škocjan, Prebold, Sveti Jurij, Komenda, Trzin, Trnovska vas, Trebnje, Križevci, Celje, Sežana, Žirovnica, Pesnica, Polzela, Koper/Capodistria, Radenci, Žalec, Slovenske Konjice
z lokacij stavb s stalnim prebivališčem	
Osilnica, Kostel, Prevalje, Vuzenica, Muta, Mežica, Bovec, Ribnica na Pohorju, Kobarid, Ravne na Koroškem, Solčava, Dravograd, Radlje ob Dravi, Cerklje ob Dravi, Črna na Koroškem, Kočevje, Črnomelj, Loški Potok, Tolmin, Podvelka, Kuzma, Grad, Luče, Slovenj Gradec, Šalovci/Šalovci, Lovrenc na Pohorju, Hodoš/Hodos, Gornji Petrovci, Radeče, Sodražica, Ribnica, Rogašovci, Gorenja vas - Poljane, Podčetrtek, Jezersko, Ljubno, Železniki, Središče ob Dravi, Kozje, Bohinj, Metlika, Semič, Loška dolina, Bistrica ob Sotli, Mislinja, Ilirska Bistrica, Rogaška Slatina, Rogatec, Bloke, Idrija, Puconci, Brda, Selnica ob Dravi	Šempeter - Vrtojba, Naklo, Turnišče, Miklavž na Dravskem polju, Hajdina, Vodice, Jesenice, Lendava/Lendva, Sv. Trojica v Slov. goricah, Vipava, Lukovica, Starše, Radovljica, Cerkljenjak, Mirna Peč, Rače - Fram, Šenčur, Žirovnica, Ankarana, Murska Sobota, Ljubljana, Kidričevo, Postojna, Šmarješke Toplice, Hoče - Slivnica, Vrhnika, Domžale, Odranci, Škocjan, Prebold, Lenart, Renče - Vogrsko, Divača, Škofljica, Vransko, Veržej, Log - Dragomer, Trebnje, Braslovče, Grosuplje, Bled, Sveti Jurij, Komenda, Trnovska vas, Križevci, Celje, Trzin, Koper/Capodistria, Polzela, Pesnica, Sežana, Tržič, Žalec

Zanimiva je tudi obravnava občin, prek katerih je speljan avtocestni križ. Med njimi najdemo tudi takšne, katerih povprečna dostopnost z lokacij stavb s stalnim prebivališčem je 20 minut in več. Te občine so (urejeno od najslabše dostopnosti): Kamnik, Kranjska Gora, Nova Gorica, Šentjur, Zagorje ob Savi in pogojno še Ivančna Gorica. Za občine Kamnik, Kranjska Gora in Zagorje ob Savi je takšen rezultat razumljiv: avtocesta se le delno dotakne območja občine ali ga prečka na robu. V Novi Gorici, Šentjurju

in Ivančni Gorici pa avtocesta oziroma hitra cesta občino skoraj prepolovi. V tem primeru najdemo pojasnilo za takšen rezultat v prostorskem vzorcu poselitve.

4 RAZPRAVA IN SKLEP

V prispevku smo predstavili koncept izračuna prometne dostopnosti, različne pristope k modeliranju ter pomembnejše parametre v modeliranju prometne dostopnosti. V praktičnem delu prispevka smo zasnovali kartografski model izračuna povprečne prometne dostopnosti izbranih lokacij po občinah Slovenije do priključkov na avtocesto ali hitro cesto. V ta namen smo po pristopu potovalnih stroškov nadgradili in dopolnili rastrski pristop modeliranja dostopnosti (Drobne, 2003, 2005; Drobne et al., 2004) z upoštevanjem vpliva gostote prometa, grajenega okolja in razgibanosti terena na potovalno hitrost (Drobne, 2012, 2014). Povprečne čase dostopa v občini smo računali z lokacij vseh stavb iz katastra stavb, stavb s hišno številko ter stavb s stalnim prebivališčem. Rezultate modeliranja povprečne dostopnosti občin z lokacij stavb s stalnim prebivališčem do najbližjega priključka na avtocesto ali hitro cesto za stanje konec leta 2013 je uporabilo MGRT za preverbo uvrstitve občin med obmejna problemska območja (Ur. l. RS, št. 97/2012). Glede na dostopnost do avtocestnega križa v Sloveniji se seznam obmejnih problemskih občin glede na leto 2011 ni spremenil.

Slovenija je glede dostopnosti do priključkov na avtocesto ali hitro cesto zelo raznolika, razlike med najbolj in najmanj dostopnimi občinami so velike: občini Osilnica in Kostel imata povprečno dostopnost, ki je večja od 85 minut, medtem ko je povprečna dostopnost za Naklo in Šempeter - Vrtojbo boljša od 5 minut. Občine z najslabšo dostopnostjo najdemo predvsem v severnih, obmejnih območjih koroške regije, v alpskem svetu na meji z Italijo in na jugu, na meji s Hrvaško. Njihova dostopnost je slabša od ene ure. V večini teh občin že nestrpnost pričakujejo začetek gradnje 3. razvojne osi, s katero se bo bistveno izboljšala njihova dostopnost in ki bo povezala regionalna središča Slovenije.

Rezultati modeliranja so pokazali, da se potovalni časi, glede na različno obravnavo izvorov, nekoliko razlikujejo – vendar so si v povprečju podobni. Najbolj se povprečni dostopni časi razlikujejo v hribovitih svetih, kjer so lokacije prebivališč povprečno tudi za 10 minut bližje avtocestnemu križu kot lokacije vseh stavb iz katastra stavb.

V prispevku smo uporabili rastrski pristop modeliranja dostopnosti, katerega bistvena pomanjkljivost so topološko neurejeni vhodni podatki. Pri tem moramo izpostaviti, da podatkov o avtocestah in hitrih cestah – razen priključkov nanje – v modelu ne upoštevamo. Tako smo rešili težavo topološkega modeliranja podatkov o nadvozih ter cestah, ki so vzporedne na avtoceste in hitre ceste. V rastrskem pristopu modeliranja so rezultati tudi močno pogojeni z izbrano ločljivostjo. V našem primeru smo uporabili ločljivost 100 metrov v naravi, kar se je na makro ravni pokazalo kot popolnoma zadovoljivo.

Glede na vsebino raziskave in ugotovitve v Gabrovec in Bole (2009), kjer sta avtorja ugotovila, da se je po podatkih popisa prebivalstva iz leta 2002 v Sloveniji 85 % delovne mobilnosti izvajalo ravno z motornim vozilom¹⁰, smo se v raziskavi omejili le na enomodalni transport, tj. prevoz z lokacij v občinah do priključka z osebnim vozilom. V modelu smo uporabili eno izmed osnovnih meril prometne dostopnosti. Argument za tako odločitev je predvsem preprosto razumevanje, dostopnost ustreznih vhodnih

¹⁰ Žal je zasedenost motornega vozila slaba: 78 % delovne mobilnosti se opravi v obliki voznika, le 7 % je sovoznikov (Gabrovec in Bole, 2009).

podatkov in primerljivost sedanjih rezultatov (Drobne, 2014) s predhodnimi (Drobne, 2012). Glede na namen izračunavanja dostopnosti in širšo problematiko bi v prihodnje veljalo razmisliti o uporabi katerega izmed boljših meril dostopnosti. Kot pomanjkljivost tukaj uporabljene metodologije gotovo lahko štejemo dejstvo, da smo obravnavali dostopnost le delno (do najbližjega avtocestnega priključka). Avtocestni priključki običajno niso lokacije dejavnosti prebivalcev in zato niso končne destinacije potnikov. Tak način obravnave dostopnosti ni popoln in lahko v posameznih primerih pokaže močno precenjeno dostopnost prebivalstva neke občine do posameznih dejavnosti (npr. delovnih mest). Za izboljšavo modela bi bilo bolje uporabiti »potencialni pristop« merjenja dostopnosti. Merila iz te skupine so še vedno dovolj preprosta za razumevanje in zahtevajo zmerno količino vhodnih podatkov, hkrati pa upoštevajo privlačnost destinacije in posameznikovo dožemanje potovalne razdalje, ki jo modeliramo z uporabo funkcije upadanja z razdaljo (Geurs in van Wee, 2004). Model bi lahko izboljšali tudi v drugih segmentih. V sedanjem modelu dostopnosti ne upoštevamo časa v dnevu (oziroma celo v tednu). Zastoj, ki se pojavlja predvsem v večjih mestih med prometnimi konicami in lahko, navkljub dobri prometni infrastrukturi, bistveno zmanjšujejo dostopnost z osebnim avtomobilom, smo upoštevali le delno s popravki časa vožnje na podlagi obsega prometnega toka. Čeprav rezultati kažejo, da je uporabljeni pristop glede na raven modeliranja zadovoljiv, pa bi ga želeli v prihodnje nadgraditi z metodologijo, pri kateri bi se bolje upoštevale posebnosti posameznih cestnih odsekov.

Literatura in viri:

Glej literaturo na strani 501.

Drobne S., Paliska D. (2015). Povprečna prometna dostopnost občin Slovenije do najbližjega priključka avtoceste ali hitre ceste. *Geodetski vestnik*, 59 (3): 489-522. DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2015.03.486-519

viš. pred. mag. Samo Drobne, univ. dipl. inž. geod.
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: samo.drobne@fgg.uni-lj.si

dr. Dejan Paliska, univ. dipl. inž. prom.
Frenkova 3, SI-6280 Ankaran
e-naslov: dejan.paliska1@gmail.com

METODOLOŠKI OKVIR ZA ŠTUDIJE PRIMEROV NEGATIVNEGA RAZVOJA MEST: SEVEROZAHODNA REGIJA BOSNE IN HERCEGOVINE

METHODOLOGICAL FRAMEWORK FOR SHRIN- KING CITIES CASE STUDY RESEARCH: NORTHWEST REGION OF BOSNIA AND HERZEGOVINA

Tijana M. Vujičić, Aleksandra Đukić

UDK: 711(497.6)
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01
Prispelo: 23.3.2015
Sprejeto: 19.8.2015

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2015.03.520-536
SCIENTIFIC ARTICLE
Received: 23.3.2015
Accepted: 19.8.2015

SI | EN

IZVLEČEK

Urbano stagnacijo poznajo po vsem svetu ter je močno prisotna v velikih in majhnih mestih. Pojavi se kot posledica zapletenih družbenih, ekonomskih in prostorskih sprememb ter dolgoročno vodi do negativnega razvoja mest (angl. *shrinking cities*). V prispevku je predstavljen model analize mest, v katerih poteka proces urbane stagnacije. Posebej je prilagojen potrebam raziskav v pogojih nezadostno razvitih statističnih sistemov za spremljanje zapletenih sprememb in dejavnikov, ki vplivajo nanje. Predlagani model temelji na dosedanjih raziskavah, analizi referenčnega pravnega okvira v Bosni in Hercegovini (BiH) ter analizi dosegljivih podatkov. Preverjen je na območju severozahodne regije BiH (Republike Srbije – RS) ter ima za cilj kartiranje, analizo in tipološko klasifikacijo mest, v katerih se spopadajo s težavami urbane stagnacije. Predpostavljamo, da proces urbane stagnacije prevladuje nad procesom urbane rasti in da je, skupaj s težavami, ki so povezane z njim, prisoten v večini mest severozahodne regije v Republiki Srbski, pri čemer je pojav bolj izrazit v majhnih in srednje velikih mestih.

ABSTRACT

Urban shrinkage is an increasingly global phenomenon that equally affects large cities and small towns, as a result of complex social, economic and spatial changes, thereby causing the emergence of the so-called shrinking cities. This paper presents a model for the analysis of shrinking cities tailored to the needs of research in circumstances of insufficiently developed statistical systems for monitoring the complex structure of changes affecting cities. The model is based on an analysis of international research projects focused on this research problem, analysis of the legislative framework in Bosnia and Herzegovina (B&H) and analysis of available data. The proposed model is tested on the territory of northwest B&H (Republic of Serbia – RS) and aims at mapping, analysis and typological classification of shrinking cities. It is assumed that the process of urban shrinkage is more prevalent than that of urban growth, and that most of the cities and towns in northwest B&H (RS) are faced with this problem, which is considerably more acute when it comes to small and medium-sized towns of this region.

KLJUČNE BESEDE

urbana stagnacija, depopulacija, model za kartiranje, BiH

KEY WORDS

shrinking cities, de-population, mapping model, B&H

1 INTRODUCTION

Studying the phenomenon of shrinking cities, especially in Bosnia and Herzegovina (B&H), entails a complex process of analysis incorporating a multitude of complexities and contradictions. Urban shrinkage is a ubiquitous phenomenon that occurs as a result of negative social, economic and/or political trends, both global and local. It is assumed that in the Republic of Srpska (RS) the process of urban shrinkage is more prevalent than that of urban growth, and that most of the cities and towns, or municipalities, in the northwest region of the Republic of Srpska are experiencing stagnation, with the problem being more acute when it comes to small and medium-size towns. In order to better explain the local circumstances, causes and particularities of the problem of urban shrinkage in the RS, it is necessary to tailor the investigation of this phenomenon to the specific local context. The key issues that make it difficult or impossible to investigate this phenomenon in Bosnia and Herzegovina are the lack of official census records for the period between 1991 and 2013 and an underdeveloped statistical system of monitoring of the required indicators for the lowest level of administrative spatial division, with often incomparable statistical data. Another problem lies in the fact that there are no adequate models which would allow the identification and mapping of shrinking cities in Bosnia and Herzegovina, given such local aggravating conditions. Starting from the problems outlined above, this paper presents a model for the identification and mapping of shrinking cities, specifically tailored to the research and social conditions in Bosnia and Herzegovina, based on an analysis of different related approaches and concepts (Oswalt and Rieniets, 2006; Oswalt, 2005; Wiechmann, 2013; Wiechmann and Wolff, 2013). The proposed model was applied and tested in the area of northwest Bosnia and Herzegovina (Bosanska Krajina), which is territorially and administratively a part of the Republic of Srpska, one of the two independent entities of Bosnia and Herzegovina.

The design of a good conceptual and experimental model of analysis of shrinking cities makes it necessary to examine and define a number of approaches and limitations in dealing with problems. The first series of issues concerns the first phase, which is identifying the shrinking cities, which involves defining specific criteria and thresholds for selecting territorial units for analysis, i.e., defining the concept of the city. The second set of issues pertains to defining a model for evaluating the causes and levels of stagnation or shrinkage, based on the selection of specific indicators and thresholds of stagnation. The third group of problems concerns the selection of the right key criteria for the classification of shrinking cities. Last but not least, there are issues related to the availability of the sets of data selected for certain criteria. In other words, what is a city, what are the causes of urban shrinkage, what are its indicators and thresholds, and based on what criteria and available data can these cities be classified? This study aims to answer these very questions, and by doing so, to create an analytical model for studying shrinking cities, applicable to the phenomenon in the wider Balkan region and in countries with less developed systems for monitoring social and spatial changes in cities.

2 THEORETICAL APPROACH

2.1 Shrinking cities phenomenon

The phenomenon of urban stagnation or shrinkage has been the focus of many studies and research projects (*Shrinking Cities Project*¹, *Cities Regrowing Smaller*², *Shrink Smart*³), and in recent years also of vigorous theoretical and professional debate. To the international academic and professional community this phenomenon is better known as *shrinking cities*, or cities whose population has grown smaller. Urban shrinkage is a multidimensional process affecting large cities, parts of cities, small towns and metropolitan areas around the world, and it occurs as a result of a slowdown in economic activity and negative social trends in the form of population loss. According to Reiniets (2006), urban shrinkage entails concurrent qualitative and quantitative changes in cities that are not effected according to any homogeneous patterns. Whereas in quantitative terms, urban shrinkage refers to, first and foremost, a significant loss of city population, often compounded by economic decline, in a qualitative sense, this phenomenon concerns changes in social and economic patterns, along with those affecting cultural values and the way of life of citizens (Reiniets, 2006).

At the beginning of the 21st century the phenomenon of shrinking cities has been increasingly present in Europe and the developed countries of Asia, North America and in Australia. According to the Urban Audit of the European Commission published in 2007, one-third of the 258 large and medium-sized European cities covered by the audit experienced population decline in the period 1996-2001 (Urban Audit, 2007). Different research studies show that many European cities entered the process of urban shrinkage in the 1960s, with the phenomenon becoming more prevalent than urban growth in the 1990s (Turok and Mykhnenko, 2007). Deviating from the well-trodden path of observing cities through the positivistic prism of development, Oswalt (2006) argues that shrinking cities are not an exception or deviation, but rather characterises the phenomenon as a global one. The research conducted as part of the CIRES project (*Cities Regrowing Smaller*) indicates the presence of the phenomenon of shrinking cities in almost all European countries (33 of 37), and that more than a half of European cities (3563 of 7035) shrank in the period 1990-2010 (Wiechmann, 2013). There are a number of studies dealing with this problem from different perspectives, such as that of socio-economic changes (Downs, 1997; Beauregard, 2003), the cyclic nature of urban change (Fishman, 1987; Fishman, 2006), the deterioration and regeneration of capital cities (Metzger, 2000), and demographic transition and its repercussions on cities (Van de Kaa, 1987). Also, the related literature now regards urban shrinkage as a spatial manifestation of the globalisation process. While these processes have led to the emergence of "global cities", as hubs of financial and service activities and information and communication networks, they have also contributed to the collapse of many industrial cities, which have proven unable to fight and win a place in the international economic game (Sassen, 2001; Amin and Thrift, 1994; Adelaja, 2011). This has resulted in the polarisation of spatial development and a growing inequality between the cities that managed to integrate into the global network and those that did not (Scott and Storper, 2003).

¹ For more information see: <http://www.shrinkingcities.com/>

² For more information see: <http://www.shrinkincities.eu/>

³ For more information see: <http://www.shrinksmart.eu/>

The first, major symptom of urban shrinkage is city population decline, which is a consequence of complex social, economic and political changes at the global and local level (Pallagst, et al., 2014; Reckien and Martinez-Fernandez, 2011; Wiechmann, 2013; Strykiewicz, et al., 2013). These are the key changes that lead to de-population:

- Demographic change – negative human population growth rates (declining birthrates and increasing mortality rates), ageing of population, negative domestic and international migration, dropping fertility rates, declining numbers of married couples, increasing divorce rates, and a higher median marriage age;
- Economic transformation seen as a decline in economic activity, the closure of manufacturing plants and the loss of competitiveness;
- Structural or systemic changes, such as the collapse of the political system, riots and wars;
- Suburbanisation as an important factor of human outflow and loss of jobs in central city parts to the suburbs, leading to declining living standards in the urban core;
- Changes in the natural environment – natural disasters (floods, fires, volcanic eruptions, etc.) and various forms of environmental pollution.

City de-population and economic decline have a huge impact on the physical environment and society as a whole, as well as on the quality and vitality of the so-called *perforated cities*, which arise as a result of these phenomena (Lütke-Daldrup, 2001). In spatial terms, the phrase *perforated city* is synonymous with that of the shrinking city, and it was coined to describe a new era of cities characterised by simultaneous demographic decline and urban sprawl (Florentin, 2010). The urban tissue of a shrinking city thus becomes “perforated” with physical or spatial gaps and patches of abandoned land. This is an entirely new pattern of distribution of population and the economy, which significantly deviates from the traditional European concept of the compact city (Florentin, 2010).

2.2 European definitions of spatial units for city investigation

Cities are complex systems and they can be analysed using different definitions and clarifications of terms. When the European context is concerned, there are a number of definitions and classifications of the city and urban areas; in that sense, there are some particularly relevant studies, such as SMESTO (Schneidewind, et al., 2006) and TOWN (Servillo, et al., 2014), two projects recently implemented by ESPON, which use three key approaches to defining the city, as specified below:

The **administrative approach** defines urban areas based on the legal or administrative status of municipalities. A city or town is defined as a territorial unit of local governance (municipality) that consists of one or more urban settlements, as an instrument used by the state to organise and control a country, as well as a forum for the interaction of local stakeholders.

The **morphological approach** defines urban areas based on the volume and/or continuity of the built-up area and population. In other words, a city or town is a compact built-up area with a certain minimum concentration of population. According to the morphological approach, the city or town is regarded as a physical or architectural object.

The **functional approach** defines urban areas based on interactions between a core area (which can be defined in accordance with morphological criteria) and the surrounding territories. Daily commuting

flows are the key parameter when defining cities using the functional approach. The city is thus defined as an urban settlement or zone with a high concentration of jobs, services and other functions that serve other settlements in its hinterland. According to the functional approach, the city is regarded as an economic and social entity, i.e. a spatio-social system integrated by functional interrelations.

As a result of the global development trends and the related spatial allocation and distribution of activities, one of the major themes of European research in the late 20th and the early 21st century has been large urban clusters and metropolitan areas; more recently, another discourse has developed in parallel with that already mentioned, which has increasingly placed focus on small and medium-sized cities. The dual quality of these research approaches sprang from the need to deal with the challenges faced not only by the cities representing growth poles, but also by those that have been poles or points of stagnation. There are a number of very important European international research studies and projects with a focus on the city and urban areas. Each of these studies and projects offers its own definition of the city, although some of them focus more closely on defining urban agglomerations, i.e. continuous built-up areas (*Urban Morphological Zones*, European Environment Agency (EEA), and *Morphological Urban Areas*, Institut de Gestion de l'Environnement et d'Aménagement du Territoire, Université Libre de Bruxelles (IGEAT)). Yet, others put a strong emphasis on the definition of functional urban areas, which are the result of migration flows in the immediate surroundings of the urban core (*Functional Urban Areas*, IGEAT, and *Larger Urban Zones*, OECD and European Commission – Eurostat)⁴ (ESPON Database 2013, 2014). In addition to the previously listed approaches, which predominantly focus on studying large urban agglomerations, just as important are those projects that put more emphasis on small and medium-sized towns, among which the most prominent and relevant are the ESPON projects SMESTO (Schneidewind, et al., 2006) and TOWN (Servillo et al., 2014).

Viewed in the context of this research, the international CIRES projects (*Cities Regrowing Smaller*) and the *Shrinking Cities Project* are important projects specifically tailored to carry out urban studies into shrinking cities. Their research approach was used as the starting point for conceptualising, reviewing and creating a model to investigate the phenomenon of shrinking cities in Bosnia and Herzegovina.

3 MODEL OF ANALYSIS OF SHRINKING CITIES

The research that preceded the building of a model for mapping shrinking cities included 1) a preliminary analysis of the population migration in 23 municipalities of the northwest region of the RS in the period 1948 to 2013 (SZS-SFRJ⁵, 1975; FZS-FBiH⁶, 1998; RZS-RS⁷, 2013; RZS-RS, 2014), 2) an examination of international research projects aimed at mapping cities at the international level (Wiechmann, 2013; Wiechmann and Wolff, 2013; Oswalt and Rieniets, 2006; Oswalt, 2005), and 3) an analysis of the legislative framework of the Republic of Srpska (ZOTORS, 2009,2012; ZUPIG, 2013).

⁴ The ESPON Database 2013 offers an overview of the main definitions of urban areas developed by each of the projects (ESPON Database 2013, 2014).

⁵ Savezni zavod za statistiku Socijalističke Federativne Republike Jugoslavije - Federal Institute for Statistics of Socialist Federal Republic of Yugoslavia, abbreviation SZS-SFRJ

⁶ Federalni zavod za statistiku Federacije Bosne i Hercegovine - Institute for Statistics of Federation of Bosnia and Herzegovina, abbreviation FZS-BiH

⁷ Republički zavod za statistiku Republike Srpske - Republic of Srpska Institute of Statistics, abbreviation RZS-RS

Investigating the phenomenon of shrinking cities involves dealing with problems at two key levels, the spatial level, in connection with the concept of the *city/town*,⁸ and the analytical level, bound to the concept of *shrinking*. The first concerns the need to define urban areas to be the focus of the analysis, i.e. the need to define the *city*, while the second points to the need to develop indicators to better determine the scope of stagnation of these urban areas. In order to better explain the local circumstances and causes of shrinkage, it is necessary to tailor an investigation of the shrinking cities phenomenon to the specific local context.

Developing a good model for shrinking cities analysis entails, first of all, establishing a connection between and harmonising any respective units of analysis, and second, laying down the right set of criteria for analysing the process of urban shrinkage. Since the study of urban shrinkage is associated with urban analysis, i.e. city-related statistical information in the fields of demography and economy, designing a research model primarily necessitates to establish a connection between the urban or morphological definition of cities and their statistical territorial division. Meeting the basic precondition for the validity and suitability of a model of analysis of shrinking cities means defining a unit of analysis compatible with local statistical (territorial) units of analysis.

Bosnia and Herzegovina has not put in any proposals to establish and adopt territorial units for statistics that would be in harmony with the EU statistics standards (*The Nomenclature of Territorial Units for Statistics – NUTS*), which is expected to happen after the official records of the 2013 Population and Housing Census have been published. There is a legislative framework in the Republic of Srpska regulating the collection and interpreting of statistical data, which is done in line with the current administrative and territorial division of the entity (ZOTORS, 2009,2012; ZUPIG, 2013). Most of the data collected pertains to local administration units (municipalities), which is equivalent to the NUTS LAU 2 level. The key issues that make it difficult and/or impossible to explore this phenomenon are the lack of official census records for the period 1991-2013 and the underdeveloped system of statistical collection and interpreting of data for the level of settlements, as the most basic territorial/ administrative units of division that include urban areas, i.e., shrinking cities. According to data available, the only statistical information collected when it comes to settlements is the population and number of households. Still, there is one advantage, namely, urban settlements or habitations (towns/cities) are unique and comprehensive statistical units of the lowest order.

However, there is also the problem of the mismatch between the definitions of settlements and urban areas. Since the boundaries of urban areas are determined based on decisions made by local authorities, these often do not coincide with settlement boundaries and are subject to periodic alterations. This kind of inconsistency of the approaches used significantly complicates and limits the possibility to explore urban shrinkage.

⁸ Clarification is needed when it comes to using the English terms *city* and *town* in the Bosnian-Herzegovinian linguistic and research context. Namely, according to the Territorial Organisation of the Republic of Srpska Act (ZOTORS, 2009,2012), municipalities at higher levels of development have the administrative status of cities, while the rest are municipalities. They are both territorial units which contain both urban and rural settlements. In terms of the definitions of the city found in international research projects, it may be concluded that there are no urban agglomerations in the northwest region of the Republic of Srpska which may be considered as cities, i.e., most of its urban settlements are small and medium-sized towns. However, considering that the phrase *shrinking cities* is broadly used in literature dealing with the urban shrinkage phenomenon, for practical purposes the English terms *town* and *city* are used interchangeably in this paper, meaning urban settlements with populations greater than 5000 inhabitants, without entailing the actual administrative status of these territorial units.

Based on the previous considerations, it may be concluded that the phenomenon of shrinking cities in the Republic of Srpska can be monitored at the level of settlements, when it comes to the negative population migration indicator, while all the other parameters need to be observed at the level of local administration units (municipalities). Models of analysis of shrinking cities address issues at a number of levels, which can be seen as steps in the process of analysis and which include sampling, laying down classification criteria, and classifying shrinking cities according to type.

3.1 Shrinking cities analysis – sampling

Shrinking cities sampling refers to the selection of regional cities and towns (settlements) which will be the subject of analysis of urban shrinkage. The selection is made in line with a number of minimum requirements and criteria, which a settlement must meet in order to be considered a city. These minimum requirements and thresholds are specified in order to exclude rural settlements from the analysis of shrinking urban habitations. Urban shrinkage analysis may include cities with various demographic, economic and spatial characteristics. Analytical sample specifications (cities that will be the subject of analysis in the study of urban shrinkage) can be more or less detailed and exact. The presented international projects advise two completely different approaches. While the *Shrinking Cities Project* does not set any limits in regard to specifying the reference framework for the study and the selection of cities to be used as the subject of analysis (Oswalt and Rieniets, 2006), CIRES is very precise when it comes to the requirements and criteria that a city has to fulfill in order to be considered for investigation as representative of the phenomenon of shrinking cities: minimum population density (650 inhabitants/km²); minimum number of inhabitants (5000); minimum proportion of the total population in the city's urban areas (50%); and minimum percentage of built-up area (5%) (Wiechmann and Wolff, 2013) .

For the purpose of conducting this research in Bosnia and Herzegovina, cities and urban areas were sampled for analysis from urban settlements with more than 5000 inhabitants at specific time horizons (census years). The time horizons referential for the selection of cities to be analysed were chosen with respect to the preliminary study of demographic trends. It is recommended that a census year to be selected as referential is one in which the population was the largest in most of the cities of the studied region. Criteria such as the share of city population in the total population, the built-up area percentage and the minimum population density, as recommended by CIRES, were unsuitable for the needs of this study, because their introduction would ultimately have led to the exclusion of a large number of settlements from the analysis, thus making it irrelevant. Also, the lack of public mechanisms for selecting and interpreting the above-listed parameters was and is a chief obstacle to evaluating the fulfillment of specific criteria (population density, proportion of built-up area). Therefore, only the following minimum criteria were introduced, namely, that a particular settlement is urban in character and that it had more than 5000 inhabitants over a minimum one time horizon observed.

3.2 Indicators and causes of urban shrinkage

The analytical framework for investigating the phenomenon of shrinking cities is established by selecting the time frame of the analysis, specifying a set of indicators of urban shrinkage and identifying the causes that led to the shrinking of cities. The time frame of the analysis is a variable and it may span

shorter (20 years, CIRES (Wiechmann and Wolff, 2013)) or longer time periods (50 years, *Shrinking Cities Project* (Oswalt and Rieniets, 2006)). Specifying the time period for which to analyse the process of urban shrinkage greatly depends on the availability of data for particular time horizons and it ought to correspond to a particular study. It is recommended to monitor the dynamic processes of urban shrinkage in time series (with the CIRES project, it was four five-year series) of approximately the same length. The length of the time series will depend on data available for a particular time horizon. Deciding on the starting point of the analysis is subject to adjustments to the local context of the problems, and for it to be optimally selected it is necessary to monitor population migration over substantial periods of time. A single starting time should be selected for the needs of comparative research studies, which should indicate the extent and prevalence of shrinkage, and also allow the comparison of different forms of the phenomenon and their spatial distribution. When it comes to Bosnia and Herzegovina, the leading indicator of urban shrinkage is population decline greater than 0.15% per annum in at least one time series, i.e. population decline higher than 3% in at least one time series spanning a period of twenty years (the time between two censuses).⁹ Additional criteria may be adopted to make the analyses required for the study of the causes and results of urban shrinkage or dynamic patterns as comprehensive as possible, such as the population growth rate (birthrate, mortality rate), median population age, fertility rate, migration, changes in the population density, (un)employment rate, etc.

3.3 Typology of shrinking cities

One or more criteria can be applied to classify shrinking cities according to type, and this can also be done by observing the general trends or process dynamics. A general classification of shrinking cities is made by specifying thresholds for specific levels of shrinkage (expressed as the population loss percentage) in the time series with the most dramatic population decline. The theoretical model of classification of shrinking cities proposed herein groups the cities as those which, over the time interval of the most dramatic population loss, experienced a decline in the range of 3%-9%, followed by 10-24%, 25%-49%, 50%-74%, and finally those that lost over 75% of their population. The rationale for examining and classifying shrinking cities based on population decline for the entire period that experienced the most dramatic shrinkage lies in the fact that the twenty-year time series proposed for Bosnia and Herzegovina is very long and does not afford a deeper insight into the dynamics of the shrinkage process over shorter time intervals. It is possible to make subclassifications of shrinking cities based on additional criteria serving to further clarify the causes of urban shrinkage. The key criteria for making subclassifications ought to be selected pertaining to local circumstances and the changes that caused the cities to shrink, along with data availability.

4 TESTING THE PROPOSED MODEL: NORTHWEST REGION OF BOSNIA AND HERZEGOVINA

No official definition of the term *shrinking cities* is in use in Bosnia and Herzegovina, and the phenomenon itself is largely perceived as irrelevant. Even if the problem is recognised as such, it is generally associated with the unambiguously understood demographic problem of de-population. Some of the key reasons for this failure to perceive this ever-growing social problem are that there is no extensive research into it

⁹ CIRES distinguishes between three major categories of population, declining populations (< - 0.15 % per annum), stable populations (from -0.15 % to + 0.15 % per annum), and increasing populations (> + 0.15 % per annum) (Wiechmann & Wolff, 2013, p. 7).

and that a very narrow circle of experts deal with the issue of shrinking cities. Publicly, this topic attracts very little attention, while politicians, who favour the subjects of economic prosperity and growth, prefer to avoid it altogether. The English term is difficult to translate, and as a consequence it has not taken root in the Bosnian public or specialist speaking glossary. Therefore, for the needs of this study the phrase *urbana stagnacija* (urban stagnation) was adopted as the Bosnian-Herzegovinian equivalent of the term *shrinking cities*, which best describes the complexity of this multidimensional problem.

4.1 Sampling of shrinking cities

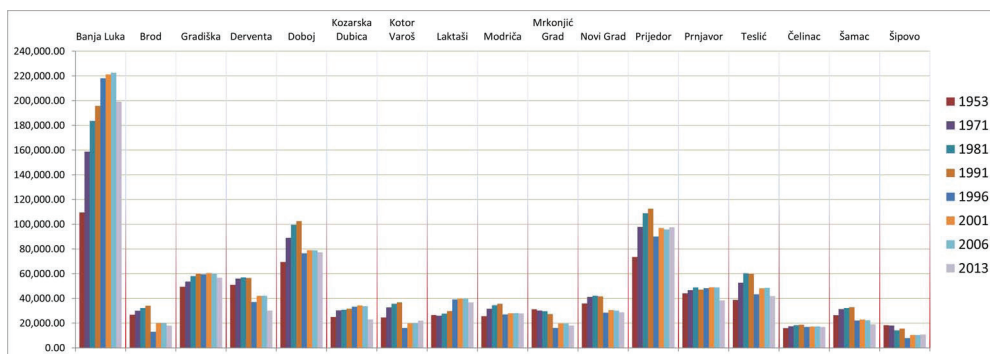
The northwest region of the Republic of Srpska, divided into 31 local administration units (three with the administrative status of cities, and 28 with the municipality status), was selected as the testing ground for the research. In accordance with the proposed model, a sample was selected for the analysis, consisting of 17 local administrative units, each with a settlement on its territory which is urban in character and which had a population greater than 5000 inhabitants in 1991. A time frame of sixty years was selected to analyse the general demographic trends in the region (1953-2013), with four time horizons coinciding with four census years (1953, 1971, 1991 and 2013). Finally, population decline greater than 3% in the period 1991-2013 was chosen as the key indicator of urban shrinkage.

4.2 Causes of urban shrinkage

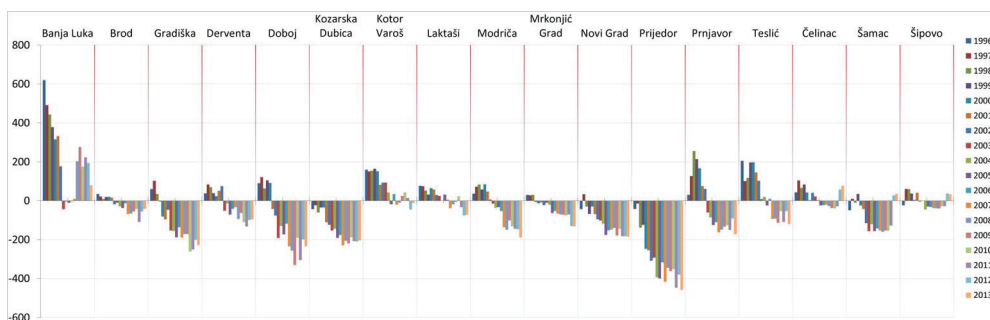
The selected cities and municipalities experienced intensive urbanisation in the aftermath of the Second World War, more specifically, in the 1960's and the 1970's (FZS-FBiH, 1999). In the period 1953-1991, the populations of most of the cities studied increased fourfold. According to the official census records, the populations of the majority of the municipalities and cities in the northwest part of the Republic of Srpska peaked in 1991 (SZS-SFRY, 1975; FZS-FBiH, 1998; RZS-RS, 2014). The population of urban areas experienced a steady growth largely due to people's migrating from villages to cities, and to a lesser extent because of migration between municipalities and cities (FZS-FBiH, 1999).

The last civil war in Bosnia and Herzegovina (1992-1995) had a significant effect on the demographic makeup of the country and its municipalities. A large number of the population was killed, emigrated to other countries or was internally displaced. There are no exact population data from the period immediately after the war, and those published by the Institute of Statistics RS (RZS-RS, 2013) are based on estimates of the Agency for Identification Documents, Registers and Data Exchange of Bosnia and Herzegovina (IDDEEA). It took 18 years after the war to have a census (RZS-RS, 2014), which gave a clear picture of the situation in the post-war B&H.

The twenty-two-year gap between the two censuses in B&H (1991-2013) makes it very difficult to investigate demographic trends and the process of urban shrinkage in the post-war period. Research shows that the key changes that led to city shrinkage in the studied region can be separated into two basic categories. The first category is the sudden structural/political shifts which began in Bosnia and Herzegovina in 1992, which resulted in the civil war. In the three years of the war, a number of municipalities in the northwest part of the RS, especially those in the border zone, were faced with destruction, which led to major population losses (death, internal displacement) (Graph 1), and the ravage and devastation of the built environment.



Graph 1: Northwest part of RS – population growth and decline trends per municipality 1953-2013. (Author; source: SZS-SFRJ, 1975; FZS-FBiH, 1998; RZS-RS, 2013; RZS-RS, 2014) .



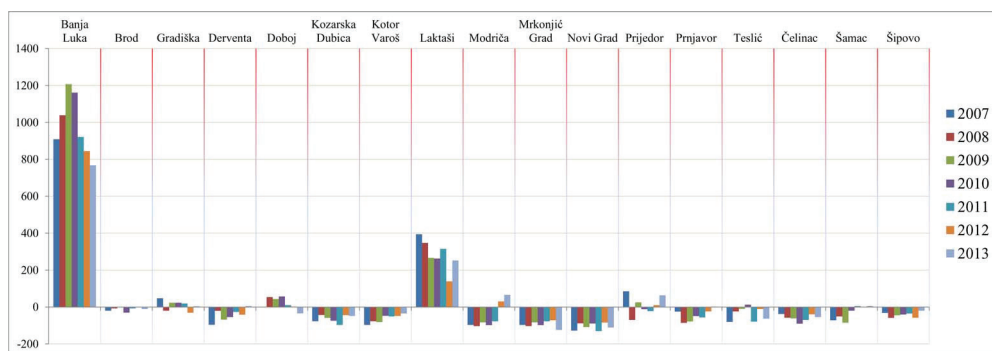
Graph 2: Northwest part of RS – natural population increase and decline trends (difference between number of births and deaths) per municipality, 1996-2013. (Author; source: RZS-RS, 2002-2014).

The second category are the social and economic changes that took place in the post-war period, which resulted in a less dynamic yet steady population decline in most of the cities and municipalities of the studied region. These changes include a negative population growth rate, the second demographic transition, the ageing population, negative domestic and international migration flows and a major economic decline.

Analysis of the demographic data shows that a second wave of social change began in the cities and municipalities of the northwest part of the RS in the post-war period, manifesting itself as a negative marriage rate, an increased divorce rates, higher median marriage ages for both men and women, a higher average age of first childbirths, and a negative fertility rate (RZS-RS, 2002-2014). Also, year after year, the natural population growth rate has been increasingly lower in almost all municipalities of the studied region (Graph 2).

There are no official data on the age structure of the studied cities and municipalities, but it is assumed that the proportion of the elderly in the total population is constantly rising. On the other hand, the country tried to recover after the war and keep pace with economic developments abroad. As it transitioned from an industrial to a post-industrial economy after the war, Bosnia and Herzegovina restructured its economy in a tangled, lengthy process of privatisation of its state enterprises and by shutting down

a large number of its former economic giants, with the unemployment rate soaring in the process. An analysis of the trend in the volume of employment shows that in the period between 2008 and 2013, the number of employed persons continuously declined in 9 out of the 17 municipalities studied, and the number of job seekers rose slightly but steadily in 13 of these municipalities (RZS-RS, 2008-2014). Research shows that the working-age population (both employed and unemployed) made an average of 25% of the total population in the subject municipalities in 2013. On the other hand, pre-schoolers and school-age children made up 10-15% of the total population of these places (RZS-RS, 2008-2014). Based on these data, it may be concluded that the rest of the population of the investigated municipalities, predominantly comprising adults above the pensionable age of 65, or post-working-age adults, made 60-65% of the total population. Taking into account the fact that not all unemployed persons register as job seekers and that part of the population finds employment in the informal economy, these figures may be somewhat inaccurate, which does not dispute the fact that the number of the elderly is dramatically high and that the population of the country is increasingly ageing.



Graph 3: Domestic migration flows, as net migration measured at the city/municipal level in 2007-2013, as the difference between the arriving and departing/emigrating population (Author; source: RZS-RS, 2014).

Along with these apparently negative demographic and economic trends in the analysed region, great stress is laid on domestic and international migrations as a significant cause of de-population. According to data available, in the period between 2007 and 2013, 11 out of these 17 municipalities experienced negative net migration, for four it was stable, while two of them had positive net migration, which leads to the conclusion that migrants mostly leave the smaller municipalities to move to the region of Banja Luka and Laktaši (Graph 3) (RZS-RS, 2008-2014). In addition to the domestic migration flows, which present the population distribution and migration between municipalities in the RS and B&H, international migrations are an important factor of de-population. The exact number of persons who have emigrated to other countries is unknown, nor is emigration monitored by local administrations; instead, data on the number of people leaving Bosnia and Herzegovina are taken from the immigration statistics of the recipient countries. According to the Ministry of Civil Affairs of Bosnia and Herzegovina, from 1998 to mid-November 2013, 61,752 inhabitants of Bosnia and Herzegovina renounced citizenship in order to become citizens of other countries (MCP-BiH10, 2013; cv: MLjPI-BiH11, 2014). IDDEEA's data (2015) indicate that 10,155 residents from the area of the 17 municipalities in the northwest Republic

¹⁰ Ministarstvo civilnih poslova BiH, Ministry of Civil Affairs, B&H, abbreviation MCP-BiH

¹¹ Ministarstvo za ljudska prava i izbjeglice BiH, Ministry of Human Rights and Refugees, B&H, abbreviation MLjPI-BiH

of Srpska studied herein cancelled domicile (permanent residence) in B&H in the period 2003-2014 to take up residence abroad. This number may be concluded to be significantly higher due to the fact that Bosnian-Herzegovinian citizens who stay abroad for more than one year but who do not intend to permanently settle in the particular country they are in and maintain strong links with Bosnia and Herzegovina (e.g., family ties, real estate or business, etc.) are not obliged to cancel domicile in B&H. These people are mostly working-age men, who leave Bosnia and Herzegovina for employment abroad, of whom there are no records whatsoever. If this is taken into account, it may be concluded that a population the size of a small-sized town (like that of Modriča or Novi Grad) emigrated from the northwest part of the Republic of Srpska in the period 2003-2014, which certainly directly contributed to the stagnation of the region.

4.3 Shrinking cities of the northwest region of the Republic of Srpska

The previously listed factors led to changes in the population dynamics and spatial distribution. This study of urban shrinkage in the northwest region of the Republic of Srpska shows that 11 cities experienced population decline in the period 1991-2013, five of them saw their populations grow, and for one it remained stable (Figure 1, left).

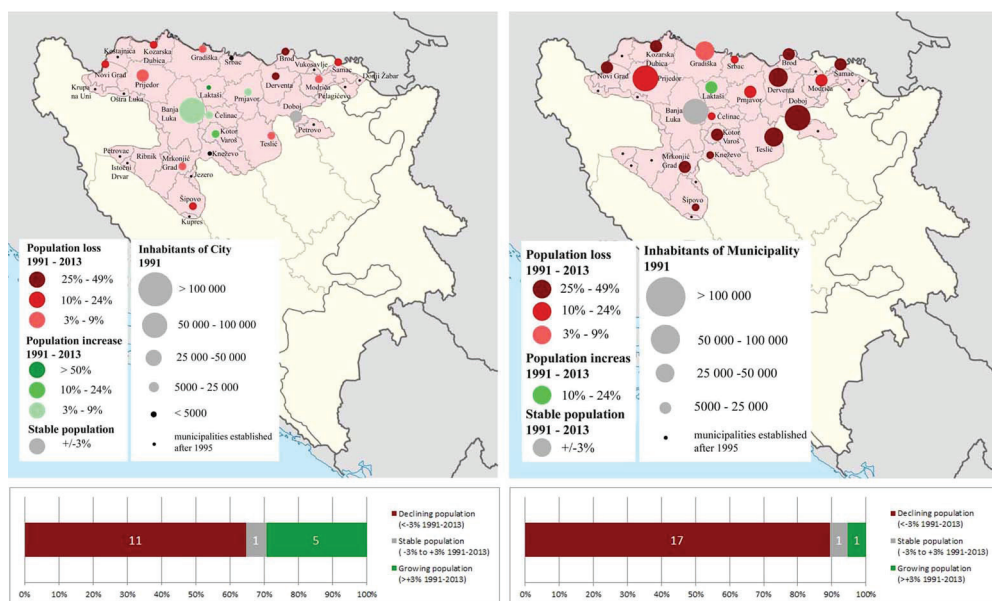
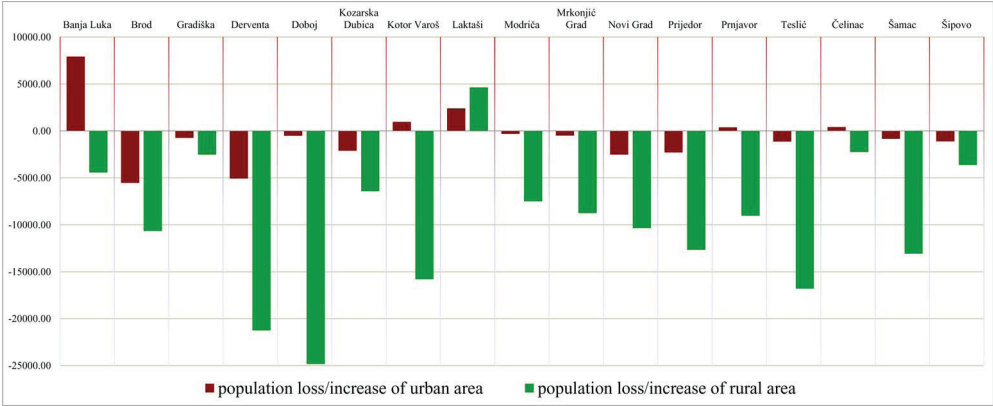


Figure 1: Urban shrinkage per city (left). Urban shrinkage per municipality (right). (Author; source: FZS-FBiH, 1998; RZS-RS, 2013; RZS-RS, 2014).

Taking into account the fact that the region experienced the most dramatic population loss during and after the war, a time frame of 22 years was selected for this study of shrinking cities (1991 to 2013, the period between the last two censuses), during which population decline was analysed. According to the model proposed, the cities faced with the problem of shrinkage were divided into three groups. The first group comprised 5 cities, whose populations declined between 3% to 9%, the second 4 cities, with

population decline between 10% and 24%, and the third 2 towns, which lost between 25% and 50% percent of their populations over the 22-year period observed. The remaining 6 cities experienced positive demographic trends (Banja Luka, Laktaši, Čelinac, Kotor Varoš and Prnjavor) or their population count remained constant (Doboj). These 6 cities are not included in the below research of shrinkage processes or the shrinking cities typology.

In addition to analysing the process of urban shrinkage at the city level, studying municipal population dynamics is just as indicative and significant, because it presents a comprehensive picture of wider demographic trends. According to these findings, ten municipalities in the northwest part of the RS lost between 25% and 49% of their populations in the period 1991-2013, four lost between 10% and 24% of their inhabitants, Gradiška lost 5.4% of its population, in Banja Luka it remained stable, while in Laktaši it rose by 23.5% (Figure 1, right).



Graph 4: Population loss/increase in urban and rural areas in 1991-2013, municipal level comparison. (Author; source: FZS-FBiH, 1998; RZS-RS, 2013; RZS-RS, 2014).

The results of the 2013 census show that the majority of the municipalities in this region are at low levels of urbanisation and that on average 60% of their populations live in rural areas (RZS, RS, 2014). Importantly, the process of stagnation caused by de-population affects rural parts of municipalities far more seriously than it does damage to their urban areas (Graph 4). This is especially due to rural populations continuing to migrate from villages to settle down in urban areas, which continue to be urbanized (especially the Banja Luka-Laktaši region, which has experienced a radical population, economic and physical growth and the creation of some kind of functional urban area), additionally aggravated by the overall negative population growth rate across municipalities and the dominant trend of emigration to other countries.

4.4 Shrinking cities typology, northwest region of the Republic of Srpska

A typological classification of shrinking cities in the studied region was made based on the conducted research and data available. The key classification criteria were population decline in the period 1991-2013, the size of urban population, population growth rates and domestic net migration. Data availability formed the basis for the selection of this set of criteria for the typological classification. Since

population dynamics was the only parameter based on which urban areas (cities) were analysed, their principal typological classification was made based on city population loss, which put them into three basic categories, namely, those experiencing high levels of shrinkage, medium levels of shrinkage, and low levels of shrinkage (Figure 2, Table 1). City population size, population growth rate and net migration were the additional criteria used to describe the three types in greater detail, which also make division into subtypes possible.

Table 1: Shrinking cities typology for the northwest part of the Republic of Srpska.

Type A	Type B	Type C	
High level of shrinkage	Medium level of shrinkage	Low level of shrinkage	
population loss 1991-2013 25-49%	population loss 1991-2013 10-24%	population loss 1991-2013 3-9%	
small town 5000 -25000 inhabitants	small town 5000 -25000 inhabitants	subtype C1 small town 5000 -25000 inhabitants	subtype C2 medium sized town 25000 -50000 inhabitants
natural population balance with the tendency of transition from positive to negative	natural population balance mainly negative or with the tendency of transition from positive to negative	natural population balance mainly negative or with the tendency of transition from positive to negative	natural population balance mainly negative
migration balance negative	migration balance negative	migration balance negative or nearly balanced	migration balance nearly balanced
Brod Derventa	Kozarska Dubica Novi Grad Teslić Samac Šipovo	Gradiška Modriča Mrkonjić Grad	Prijedor



Figure 2: Shrinking cities typology for the northwest part of the Republic of Srpska.

5 DISCUSSION AND CONCLUSION

The presented model for analysing shrinking cities allows an all-round albeit initial mapping of cities confronted with the problem of de-population, economic decline and deurbanisation of urban areas. The model was adapted to conditions which limit the possibility of conducting urban studies, as characterised by the lack, incompleteness or fragmentation of general statistical city-level parameters. Although it was developed in response to the problems encountered in Bosnia and Herzegovina, as a tool it may have application in the wider region, i.e. in countries with less developed systems of monitoring urban change. Based on a comprehensive research study focused on the analysis of data availability relevant for investigating urban phenomena, it is concluded that the phenomenon of shrinking cities cannot be monitored exclusively and solely at the city level. Namely, the research findings show that it is essential to monitor this phenomenon at two major levels, that of the city and that of the municipality. This is the only way to provide valid information, which may then form a basis to analyse complex social, economic and spatial processes that characterise shrinking cities. On the other hand, when conditions are such that they make research difficult, distinguishing between these two key levels of analysis points to the need to review the term and definition of *shrinking cities*, as well as to the necessity to introduce the term of *shrinking municipalities* as referential for the analysis of the studied phenomenon. This emerges not only as a reaction to the conditions that make it difficult to monitor changes at the city level (lack of statistics), but also to the complexity of the interdependent social, economic and spatial processes taking place between the city and outskirts, rural and urban, city and neighbouring cities (regional and administrative centres), which lead to the shrinkage of cities, municipalities, sometimes entire regions. That approach, which introduces the concept of shrinking municipalities to the discursive debate, emphasizes the complex structure of changes which have led to the spatial allocation of the population and activities in the NW region of RS and B&H and opens up new possibilities and creates more room for related debates in the future.

The research findings pertaining to the northwest part of the RS show that most cities in this region have been affected by the processes of urban shrinkage due to the armed conflict, long-term demographic and economic decline and deurbanisation. Also, research shows that the boundary cities have principally and most seriously been affected by the shrinking process. They are mostly small-sized cities, with 5000-25000 inhabitants, which suffered a dramatic decline in economic activity during and after the war, compounded with a major population loss, devastation and neglect of built-up areas. The central cities of the region have not experienced the shrinkage of their urban areas, unlike the pronounced stagnation of their hinterland - rural and peripheral areas of municipalities. In general, the central part of the Banja Luka region has seen its population grow, along with a rise in economic activity, which has led to the physical growth and urban-morphological development of Banja Luka's urban areas, and the functional development of the Banja Luka-Laktaši region, as the surrounding territory.

References:

- Adelaja, S. (2011). Right-Sizing Cities, Part IV: The Global Context for the Future of Cities. <http://archive.constantcontact.com/fs071/1102126637944/archive/1104269600850.html>, accessed: 12. 1. 2013.
- Amin, A., Thrift, N. (1994). *Globalization, Institutions and Regional Development in Europe*. New York: Oxford University Press.
- Beauregard, R. A. (2003). *Voices of Decline: The Postwar Fate of US Cities*. New York, London: Routledge.
- Downs, A. (1997). The Challenge of Our Declining Big Cities. *Housing Policy Debate*, 8 (2), 359–408. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10511482.1997.9521258>
- ESPON Database 2013 (2014). ESPON 2013 Database Dictionary of Spatial Units. http://database.espon.eu/db2/jsf/DicoSpatialUnits/DicoSpatialUnits_onehtml/index.html#N10F7B, accessed: 13. 12. 2014.
- Fishman, R. (1987). *Bourgeois Utopias: The Rise and Fall of Suburbia*. New York: Basic Books.
- Fishman, R. (2006). Suburbanization: USA. In P. Oswalt (Ed.), *Shrinking Cities*, Vol. 1. International research (pp. 66–73). Ostfildern-Ruit: Hatje Cantz Verlag.
- Florentin, D. (2010). The “Perforated City:” Leipzig’s Model of Urban Shrinkage Management. *Berkeley Planning Journal*, 23 (1), 83–101.
- FZS-FBiH (1998). Popis stanovništva, domaćinstava/kućanstava, stanova i poljoprivrednih gazdinstava 1991- Stanovništvo uporedni podaci 1971, 1981 i 1991. Sarajevo: Federalni zavod za statistiku Federacije Bosne i Hercegovine.
- FZS-FBiH (1999). Popis stanovništva, domaćinstava, stanova i poljoprivrednih gazdinstava 1991. Doseљeno stanovništvo po općinama. Sarajevo: Federalni zavod za statistiku Federacije Bosne i Hercegovine.
- IDDEEA (2015). Podaci o broju odјavlјenih prebivališta iz BiH radi priјavlјivanja u inostranstvu, Banja Luka: Agencija za identifikaciona dokumenta evidenciju i razmjenu podataka - IDDEEA.
- Lütke-Daldrup, E. (2001). Die perforierte Stadt. Eine Versuchsanordnung [The perforated city. A test arrangement]. *Stadtbauwelt*, 150, 40–45.
- MCP-BiH (2013). Akt broj: 06-30-2-4383/13, 5.11. 2013. Sarajevo: Ministarstvo civilnih poslova BiH.
- Metzger, J. T. (2000). Planned Abandonment: The Neighborhood Life-Cycle Theory and National Urban Policy. *Housing Policy Debate*, 11 (1), 7–40. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/10511482.2000.9521359>
- MLJPI-BiH (2014). Pregled stanja bosanskohercegovačkog iseljništva. Sarajevo: Ministarstvo za ljudska prava i izјbегlice.
- Oswalt, P. (Ed.) (2005). *Shrinking cities Volume 1 – International Research*. Ostfildern-Ruit: Hatje Cantz Verlag.
- Oswalt, P. (Ed.) (2006). *Shrinking cities Volume 2 – Intervention*. Ostfildern: Hatje Cantz Verlag.
- Oswalt, P., Rieniets, T. (Eds.) (2006). *Atlas of Shrinking Cities*. Ostfildern-Ruit: Hatje Cantz Verlag.
- Pallagst, K., Wiechmann, T., Martinez-Fernandez, C. (2014). *Shrinking Cities International Perspectives and Policy Implications*. New York, London: Routledge.
- Reckien, D., Martinez-Fernandez, C. (2011). Why do cities shrink? *European Planning Studies*, 19 (8), 1375–1397. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/09654313.2011.593333>
- Rieniets, T. (2006). Shrinking cities—growing domain for urban planning. http://aarch.dk/fileadmin/grupper/institut_ii/PDF/paper_presentation_EURA2005.pdf, accessed: 28. 8. 2013.
- RZS-RS (2002-2014). Demographic statistics - Statistical bulletin 5–17. <http://www.rzs.rs.ba/front/category/2/132/?add=None>, accessed: 10. 12. 2014.
- RZS-RS (2008-2014). Statistical Yearbook of Republika Srpska - Review by municipalities and cities. http://www.rzs.rs.ba/front/category/8/?left_mi=287&add=287, accessed: 10. 12. 2014.
- RZS-RS (2013). Procjena broja stanovnika po općinama/gradovima Republike Srpske 1996–2012. Banja Luka: Republički zavod za statistiku Republike Srpske.
- RZS-RS (2014). Census of population, households and dwellings in B&H 2013, on the territory of Republika Srpska - Preliminary results. Banja Luka 2014: Republika Srpska Institute of Statistics.
- Sassen, S. (2001). *The Global City: New York, London, Tokyo*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press. DOI: <http://dx.doi.org/10.1515/9781400847488>
- Schneidewind, P., Tatzberger, G., Schuh, B., Beiglöbck, S., Cornaro, A., Damsgaard, O., Dubois, A., Gløersen, E., Benini, R. (2006). ESPON 1.4.1. The Role of Small and Medium-Sized Towns (SMESTO). Final Report. http://www.espon.eu/export/sites/default/Documents/Projects/ESPON2006Projects/StudiesScientificSupportProjects/SmallMediumCities/fr-1.4.1_revised-full.pdf, accessed: 12. 12. 2014.
- Scott, A., Storper, M. (2003). Regions, Globalization, Development. *Regional Studies*, 37 (6/7), 579–593. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/0034340032000108697a>
- Servillo, L., Atkinson, R., Smith, I., Russo, A., Sýkora, L., Demazière, C., Hamdouch, A. (2014). TOWN Small and medium sized towns in their functional territorial context. Final Report. http://www.espon.eu/export/sites/default/Documents/Projects/AppliedResearch/TOWN/TOWN_Final_Report_061114.pdf, accessed: 12. 12. 2014.
- Strykiewicz, T., Schmeidler, K., Vajdovich, V., Erzebet, J., Emilia, M., Szymon, Bucek, J., Golcink, B., Šašek Divjak, M., Krstić-Furundžić, A., Đukić, A. (2013). Shrinking Cities in Post-Communist Europe. In Pallagst, K. (ed.) CIRES Synopsis Report.
- SZS-SFRJ (1975). Popis stanovništva i stanova 1971. Stanovništvo i domaćinstva u 1948, 1953, 1961 i 1971 i stanovi u 1971. Rezultati po općinama i naseljima. Beograd: Savezni zavod za statistiku SFRJ.
- Turok, I., Mykhnenko, V. (2007). The Trajectories of European Cities, 1960–2005. *Cities*, 24 (3), 165–182. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cities.2007.01.007>
- Urban Audit (2007). State of European Cities Report – Adding value to the European Urban Audit. European Commission. http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/studies/pdf/urban/stateofcities_2007.pdf, accessed: 13. 12. 2014.
- Van de Kaa, D. J. (1987). Europe’s Second Demographic Transition. *Population Bulletin*, 42, 1–57.
- Wiechmann, T. (2013). Shrinking Cities in Europe - Evidence from COST Action

- „Cities Regrowing Smaller” (CIRES). http://www.shrinkingcities.eu/fileadmin/Conference/Presentations/01_Wiechmann.pdf, accessed: 9. 12. 2014.
- Wiechmann, T., Wolff, M. (2013). Urban Shrinkage in a Spatial Perspective – Operationalization of Shrinking Cities in Europe 1990–2010. Dublin: AESOP – ACSP Joint Congress.
- ZOTORS (2009, 2012). Zakonom o teritorijalnoj organizaciji Republike Srpske [Territorial Organisation of the Republic of Srpska Act]. Službeni glasnik Republike Srpske 69/2009,73/2012.
- ZUPIG (2013). Zakonom o uređenju prostora i građenju [General Administrative Procedure Act]. Službeni glasnik Republike Srpske 40/2013.

Vujičić T. M., Đukić A. (2015). Methodological framework for shrinking cities case study research: northwest region of Bosnia and Herzegovina; *Geodetski vestnik*, 59 (3): 520–536. DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2015.03.520-536

Senior Teaching Assistant, Tijana M. Vujičić
University of Banja Luka, Faculty of Architecture,
Civil Engineering and Geodesy
Stepe Stepanovića 77 /3
78000 Banja Luka, Bosnia and Herzegovina,
e-mail: tvujicic@agfbl.org

Assoc. Prof. Aleksandra Đukić, Ph.D.
University of Belgrade, Faculty of Architecture
Bulevar kralja Aleksandra 73/II
11000 Beograd, Serbia
e-mail: adjukic@afrodita.rcub.bg.ac.rs

Author of the English translation of the paper:

Senior Teaching Assistant Svetlana Mitic, M.A., University of Banja Luka, Faculty of Philology
Bulevar Vojvode Petra Bojovića 1a, 78000 Banja Luka, Bosnia and Herzegovina
e-mail: mitic@agfbl.org

IDENTIFIKACIJA PREMIOV Z UPORABO RAZLIČNIH GEODETSKIH METOD DEFORMACIJSKE ANALIZE

IDENTIFICATION OF MOVEMENTS USING DIFFERENT GEODETIC METHODS OF DEFORMATION ANALYSIS

Zoran Sušić, Mehmed Batilović, Toša Ninkov, Ivan Aleksić, Vladimir Bulatović

UDK: 528.02
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.02
Prispelo: 20.2.2015
Sprejeto: 17.8.2015

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2015.03.537-553
REVIEW ARTICLE
Received: 20.2.2015
Accepted: 17.8.2015

IZVLEČEK

V prispevku je predstavljena primerjava metod deformacijske analize geodetskih mrež na podlagi simulacije dvodimenzionalnih komponent vektorjev GNSS v dveh terminskih izmerah za potrebe odkrivanja nedvoumnih premikov v horizontalni ravnini. V članku primerjamo naslednje modele deformacijske analize: Pelzerjevo metodo (hannovrski postopek), metodo Karlsruhe, modificirano metodo Karlsruhe in metodo, ki je izvedena s prostodostopno programsko rešitvijo JAG3D.

ABSTRACT

This paper is based on comparative analysis of applied analysis methods on geodetic networks deformation, based on two-dimensional components of GNSS baseline vectors simulated by two epochs, for the purpose of identifying significant movements in horizontal plane. The following models of deformation analysis have been applied: Pelzer (Hanover procedure) method, Karlsruhe method, Modified Karlsruhe method, and the method implemented in the JAG3D open-source software.

KLJUČNE BESEDE

deformacijska analiza, Pelzerjeva metoda, metoda Karlsruhe, modificirana metoda Karlsruhe, JAG3D

KEY WORDS

Deformation analysis, Pelzer method, Karlsruhe Method, modified Karlsruhe Method, JAG3D

1 INTRODUCTION

Each point on the Earth's surface is subject to constant changes under the influence of various factors, such as tectonic influences, ground waters, landslides earthquakes and other. Constructions developed on the ground are susceptible to subsidence and deformations, occurring as a consequence of internal and external forces, such as the influence of wind, changes in temperature and ground water levels, tectonic and seismic influences, dynamic and static building load, etc. If the deformations had not been accounted for during the design or if they were not discovered timely, they may lead to disturbances in normal utilization, or even to a collapse of the entire construction. In order to prevent negative consequences, it is necessary to observe the construction by applying a geodetic method. Interest in the geodetic methods application for monitoring the construction behavior has suddenly risen after the catastrophic collapse of Gleno Dam in Italy in the year 1923 and of St. Francis Dam in California of 1928 (USA).

The Geodetic Deformation Analysis Methods, referring to the relative construction points' movements, have being applied since 1970's. The most familiar method have been named after development centers or authors: Hanover (Pelzer, 1971), Delft (Heck et al., 1982), Karlsruhe (Heck, 1983), Fredericton (Chrzanowski, 1981) and Munich (Welsch, 1981). Modern application of the methods above can be found with the following authors: (Setan and Singh, 2001; Jäger et al., 2006; Marjetič et al., 2012).

Application of geodetic methods in order to determine land and construction deformation is based on examining of temporal evolution of geodetic networks, realized through physically stabilized points. The proper design of geodetic networks is an integral part of the geodesist's task. Movements of points are being established by comparison of geodetic measurements, being performed in different time epochs. The geodetic network being used to determine movements and deformations consists of the reference points outside the construction (basic network) and of control points on the construction, which are interlinked through geodetic measurements (Caspary, 1987). Basic geodetic network points need to be stabilized outside the expected deformations zone, while the points on the construction need to provide the best possible spatial interpretation of the construction.

2 PELZER METHOD

The method is based on testing congruence of points' coordinates, obtained after network adjustment in the two epochs. Each epoch of measured values is being adjusted independently, with the assumption that the measured values contain only random errors, with a normal distribution.

2.1 Homogenous Accuracy of Measurement in Two Epochs

Adjustment of two epochs provides a posteriori reference variances $\hat{\sigma}_{0_1}^2$ and $\hat{\sigma}_{0_2}^2$. It is therefore necessary to establish whether the measured values in both epochs have homogenous accuracy. For that purpose, we are establishing a zero (H_0) and an alternative (H_a) hypothesis (Pelzer, 1971; Mihailović and Aleksić, 1994, 2008; Ambrožič, 2001; Ašanin, 2003; Vrce, 2011):

$$H_0 : E(\hat{\sigma}_{0_1}^2) = E(\hat{\sigma}_{0_2}^2) = \sigma_0^2 \text{ against } H_a : E(\hat{\sigma}_{0_1}^2) \neq E(\hat{\sigma}_{0_2}^2) \neq \sigma_0^2. \quad (1)$$

Tests statistics is:

$$T = \frac{\hat{\sigma}_{0_1}^2}{\hat{\sigma}_{0_2}^2} \sim F_{f_1, f_2} \text{ for } \hat{\sigma}_{0_1}^2 > \hat{\sigma}_{0_2}^2 \text{ or } T = \frac{\hat{\sigma}_{0_2}^2}{\hat{\sigma}_{0_1}^2} \sim F_{f_1, f_2} \text{ for } \hat{\sigma}_{0_2}^2 > \hat{\sigma}_{0_1}^2 \quad (2)$$

where f_1 and f_2 are number of freedom degrees in zero and control measurement epoch.

If the $T \leq F_{f_1, f_2, 1-\alpha/2}$, zero hypothesis is not rejected and unique a posteriori variance is being calculated:

$$\hat{\sigma}_0^2 = \frac{f_1 \cdot \hat{\sigma}_{0_1}^2 + f_2 \cdot \hat{\sigma}_{0_2}^2}{f} \quad (3)$$

where the f is a sum of numbers of freedom degrees in zero and control measurement epoch.

2.2 Testing the Network Congruence in Two Epochs

Network congruence is tested using mathematical statistics testing methods. For that purpose, the zero (H_0) and the alternative (H_a) hypothesis is being set (Pelzer, 1971; Mihailović and Aleksić, 1994, 2008; Ambrožič, 2001; Ašanin, 2003; Vrce, 2011):

$$H_0 : E(\hat{\mathbf{x}}_1) = E(\hat{\mathbf{x}}_2) \text{ against } H_a : E(\hat{\mathbf{x}}_1) \neq E(\hat{\mathbf{x}}_2) \quad (4)$$

where $\hat{\mathbf{x}}_1$ and $\hat{\mathbf{x}}_2$ are vectors of zero and control measurement epoch coordinates.

Average non-fitting θ^2 , which contains information on movements of points, is calculated using the formula:

$$\theta^2 = \frac{\mathbf{d}^T \cdot \mathbf{Q}_d^+ \cdot \mathbf{d}}{b}, \mathbf{d} = \hat{\mathbf{x}}_2 - \hat{\mathbf{x}}_1, \quad (5)$$

where: $\mathbf{d}$ – vector of coordinate differences, $\mathbf{Q}_d^+$ – pseudo-inversion of coordinate differences cofactor matrix, and b – rank of the coordinate differences cofactor matrix $\mathbf{Q}_d$.

The test statistics is as following:

$$T = \frac{\theta^2}{\hat{\sigma}_0^2} \sim F_{h, f} \quad (6)$$

When the $T \leq F_{h, f, 1-\alpha}$, zero hypothesis is not being rejected, i.e. so that the network is congruent in two epochs; then an alternative hypothesis will be accepted.

2.3 Testing Congruence of Basic Network Points

If unstable points' existence in the network is established, a hypothesis on basic network points' congruence is being tested. Hypotheses are being set as (Pelzer, 1971; Mihailović and Aleksić, 1994, 2008; Ambrožič, 2001; Ašanin, 2003; Vrce, 2011):

$$H_0 : E(\hat{\mathbf{x}}_{s1}) = E(\hat{\mathbf{x}}_{s2}) \text{ against } H_a : E(\hat{\mathbf{x}}_{s1}) \neq E(\hat{\mathbf{x}}_{s2}) \quad (7)$$

Where $\hat{\mathbf{x}}_{s1}$ and $\hat{\mathbf{x}}_{s2}$ are the vectors of basic points' coordinates in the zero and control measurement epoch.

Vector of the coordinate differences $\mathbf{d}$ and the pseudo-inversion of coordinate differences cofactor matrix $\mathbf{Q}_d^+$ are decomposed as follows:

$$\mathbf{d} = \begin{bmatrix} \mathbf{d}_S \\ \mathbf{d}_O \end{bmatrix} \quad \mathbf{Q}_d^+ = \mathbf{P}_d = \begin{bmatrix} \mathbf{P}_{SS} & \mathbf{P}_{SO} \\ \mathbf{P}_{OS} & \mathbf{P}_{OO} \end{bmatrix} \quad (8)$$

where the S designates the basic network points and O designates the points representing the construction.

Average lack of coordination for basic network points is calculated using following formula:

$$\theta_s^2 = \frac{\mathbf{d}_S^T \cdot \bar{\mathbf{P}}_{SS} \cdot \mathbf{d}_S}{h_s} \quad (9)$$

where $\bar{\mathbf{P}}_{SS} = \mathbf{P}_{SS} - \mathbf{P}_{SO} \cdot \mathbf{P}_{OO}^{-1} \cdot \mathbf{P}_{OS}$.

The test statistics reads:

$$T = \frac{\theta_s^2}{\hat{\sigma}_0^2} \sim F_{h_s, f} \quad (10)$$

where the h_s is a rank of $\bar{\mathbf{P}}_{SS}$.

When the $T \leq F_{h_s, f, 1-\alpha}$, zero hypothesis is not being rejected, i.e. basic network points are congruent in two epochs or else; when the (6) alternative hypothesis is accepted.

2.4 Localization of Unstable Basic Points

When the basic network points' congruence in two epochs has not been established, there is a need to localize unstable basic points, i.e. to determine which basic points are unstable. For that purpose, coordinate differences vector $\mathbf{d}_s$ and coordinate differences cofactor matrix $\bar{\mathbf{P}}_{SS}$ are decomposed as follows (Pelzer, 1971; Mihailović and Aleksić, 1994, 2008; Ambrožič, 2001; Ašanin, 2003; Vrce, 2011):

$$\mathbf{d}_s = \begin{bmatrix} \mathbf{d}_F \\ \mathbf{d}_B \end{bmatrix} \quad \bar{\mathbf{P}}_{SS} = \begin{bmatrix} \mathbf{P}_{FF} & \mathbf{P}_{FB} \\ \mathbf{P}_{BF} & \mathbf{P}_{BB} \end{bmatrix} \quad (11)$$

where the F designates basic points being considered conditionally stable and the B designates basic points considered conditionally unstable.

For each basic network point, average gap is set as following:

$$\theta_j^2 = \frac{\bar{\mathbf{d}}_{B_j}^T \cdot \mathbf{P}_{BB_j} \cdot \bar{\mathbf{d}}_{B_j}}{h_{B_j}}, (j = 1, 2, \dots, k) \quad (12)$$

where $\bar{\mathbf{d}}_B = \mathbf{d}_B + \mathbf{P}_{BB}^{-1} \cdot \mathbf{P}_{BF} \cdot \mathbf{d}_F$.

In the set of values, the maximum value is recognized, so that the point to which the maximum value refers to is considered unstable and rejected (left out) from the set of basic points, which are still considered to be conditionally stable points.

Average mismatch for the remaining $k - 1$ basic points is being determined as:

$$\theta_{REST}^2 = \frac{\mathbf{d}_F^T \cdot \bar{\mathbf{P}}_{FF} \cdot \mathbf{d}_F}{h_F} \quad (13)$$

where $\bar{\mathbf{P}}_{FF} = \mathbf{P}_{FF} - \mathbf{P}_{FB} \cdot \mathbf{P}_{BB}^{-1} \cdot \mathbf{P}_{BF}$ and h_F is rank of $\bar{\mathbf{P}}_{FF}$.

The test statistics reads:

$$T = \frac{\theta_{REST}^2}{\hat{\sigma}_0^2} \sim F_{h_F, f}. \quad (14)$$

If the $T \leq F_{h_F, f, 1-\alpha}$, zero hypothesis is not rejected, i.e. it is considered that all $k - 1$ basic points are stable. If the $T > F_{h_F, f, 1-\alpha}$, an alternative hypothesis is being accepted, i.e. there are still some unstable points among $k - 1$ basic points, when it is necessary to identify unstable points in the manner shown.

2.5 Testing Congruency of Construction Points

To test movements of construction points, the coordinate differences vector $\mathbf{d}$ and pseudo-inversion of coordinate differences cofactor matrix $\mathbf{Q}_d^+$ are decomposed as follows (Pelzer, 1971; Mihailović and Aleksić, 1994, 2008; Ambrožič, 2001; Ašanin, 2003; Vrce, 2011):

$$\mathbf{d} = \begin{bmatrix} \mathbf{d}_F \\ \mathbf{d}_O \end{bmatrix} \quad \mathbf{Q}_d^+ = \mathbf{P}_d = \begin{bmatrix} \mathbf{P}_{FF} & \mathbf{P}_{FO} \\ \mathbf{P}_{OF} & \mathbf{P}_{OO} \end{bmatrix} \quad (15)$$

where the F designates basic points identified as stable, and O designates the basic points identified as unstable and construction points.

Average mismatch is determined using the formula:

$$\theta_O^2 = \frac{\bar{\mathbf{d}}_O^T \cdot \mathbf{P}_{OO} \cdot \bar{\mathbf{d}}_O}{h_O} \quad (16)$$

where $\bar{\mathbf{d}}_O = \mathbf{d}_O + \mathbf{P}_{OO}^{-1} \cdot \mathbf{P}_{OF} \cdot \mathbf{d}_F$ and h_O is rank of $\mathbf{P}_{OO}$.

The test statistics reads:

$$T = \frac{\theta_O^2}{\hat{\sigma}_0^2} \sim F_{h_O, f}. \quad (17)$$

If the $T \leq F_{h_O, f, 1-\alpha}$, zero hypothesis is not rejected; or else an alternative hypothesis is being accepted.

3 KARLSRUHE METHOD

Karlsruhe method is based on independent adjustment of zero and the control epoch and also on their joint adjustment. In the first phase, measured values in the individual epochs are adjusted using the Least Squares Method (LSM). In the second phase, measured values in zero and control epoch are jointly adjusted. Joint adjustment of the two epochs is being done under the assumption that the basic points are congruent in two epochs and that the network scale is the same in both epochs.

In the first phase, adjustment is made independently for all measured values in each epoch, using indirect adjustment method:

$$\mathbf{v}_i = \mathbf{A} \cdot \mathbf{x}_i + \mathbf{f}_i, i = 1, 2, \dots, k \quad (18)$$

where k is the number of epochs. The network may be adjusted usually or with the minimum trace.

From each individual adjustment, a square form Ω_i is being determined, and joint square form for all epochs is obtained by summing square forms of individual epochs' adjustments:

$$\Omega_0 = \sum_{i=1}^k \Omega_i = \sum_{i=1}^k \mathbf{v}_i^T \cdot \mathbf{P}_i \cdot \mathbf{v}_i = \mathbf{v}^T \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{v} \quad (19)$$

Total number of the degrees of freedom b is obtained by summing up the degrees of freedom b_i ($b_i = n_i - u_i$) from individual epochs' adjustments.

During the second phase, measured values in zero and control measurement epoch are jointly adjusted. In joint adjustment of the two epochs, vector of unknown coordinates is divided into three sub vectors:

$$\mathbf{x}^T = (\mathbf{z}^T, \mathbf{x}_1^T, \mathbf{x}_2^T) \quad (20)$$

where:

- $\mathbf{z}$ – sub vector of basic points is assumed to be stable in both epochs;
- $\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2$ – sub vectors of construction points or points assumed to be unstable.

From the joint adjustment, square form Ω_z is being determined, containing information on measurement errors and movements of unstable points. Joint adjustment square form Ω_z gets deducted from square form Ω_0 , which contains information about measurement errors only (Heck, 1983; Ninkov, 1985; Mihailović and Aleksić, 1994, 2008; Ambrožič, 2004):

$$\Omega_b = \Omega_z - \Omega_0 = \mathbf{v}_z^T \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{v}_z - \mathbf{v}^T \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{v} \quad (21)$$

The new square form Ω_b contains only the information about unstable points' movement.

Test statistics (Heck, 1983; Ninkov, 1985; Mihailović and Aleksić, 1994, 2008; Ambrožič, 2004):

$$F = \frac{\Omega_b / f}{\Omega_0 / b} = \frac{(\mathbf{v}_z^T \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{v}_z - \mathbf{v}^T \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{v})}{\mathbf{v}^T \cdot \mathbf{P} \cdot \mathbf{v}} \cdot \frac{b}{f} \quad (22)$$

where: $f = (k - 1) \cdot n \cdot p_0 - d$, k – is number of epochs, n – is the geodetic network dimension, p_0 – is the number of conditionally stable points, d – rank defect of matrix $\mathbf{A}$.

If the $F \leq F_{f,b,1-\alpha}$, zero hypothesis is not rejected, i.e. all of the points from conditionally stable points are indeed stable points; or else an alternative hypothesis is being accepted.

3.1 Determining Unstable Points in the Set of Conditionally Stable Points

With $F > F_{f,b,1-\alpha}$, the set of conditionally stable points contains unstable points. It is necessary to determine such points. For that purpose, joint adjustments are repeated from which one conditionally stable point is being excluded successively. The adjustment providing the minimum value of the square form

$\Omega_{z,min}$ indicates that the point excluded from the adjustment is to be considered unstable. That point is definitely excluded from the set of conditionally stable points, and the entire procedure is repeated without it. The procedure is repeated iteratively, until the condition $F \leq F_{f,b,1-\alpha}$ is met, and the points left in the set of conditionally stable points afterwards are considered stable.

3.2 Localization of Deformations

Deformations are being localized for each point. The zero hypothesis assumes that the point T_j did not move, while the alternative hypothesis assumes that the point T_j did move. Zero (H_0) and alternative (H_a) hypotheses are being set (Heck, 1983; Ninkov, 1985; Mihailović and Aleksić, 1994, 2008; Ambrožič, 2004):

$$H_0 : E(\hat{\mathbf{d}}_j) = 0 \quad \text{against} \quad H_a : E(\hat{\mathbf{d}}_j) \neq 0. \quad (23)$$

The test statistics reads:

$$F_j = \frac{\theta_j^2}{\hat{\sigma}_0^2} = \frac{\hat{\mathbf{d}}_j^T \cdot \mathbf{Q}_{\hat{\mathbf{d}}_j}^{-1} \cdot \hat{\mathbf{d}}_j}{m \cdot \hat{\sigma}_0^2} \sim F_{m,f} \quad (24)$$

where:

$$\mathbf{Q}_{\hat{\mathbf{d}}_j} = \mathbf{B}^T \cdot \mathbf{Q}_{\hat{\mathbf{x}}} \cdot \mathbf{B} = \begin{bmatrix} q_{\ddot{y}\ddot{y}_j} & q_{\ddot{y}\ddot{x}_j} \\ q_{\ddot{x}\ddot{y}_j} & q_{\ddot{x}\ddot{x}_j} \end{bmatrix},$$

$$\hat{\mathbf{d}}_j = \mathbf{B}^T \cdot \hat{\mathbf{x}} = \begin{bmatrix} \hat{y}_{2,j} - \hat{y}_{1,j} \\ \hat{x}_{2,j} - \hat{x}_{1,j} \end{bmatrix},$$

$$\hat{\sigma}_0^2 = \frac{b_1 \cdot \hat{\sigma}_{0_1}^2 + b_2 \cdot \hat{\sigma}_{0_2}^2}{f}, f = b_1 + b_2,$$

m – geodetic network dimension.

If the $F_j \leq F_{mf,1-\alpha}$, zero hypothesis is not rejected, i.e. the point is stable; or else an alternative hypothesis is being accepted.

4 MODIFIED KARLSRUHE METHOD

The method consists of free adjustment zero measurement epoch using the LSM with minimization of the part of the trace matching the assumed stable points. Adjustment of control measurement epoch is also being done using the LSM with minimization of the part of trace matching the assumed stable points; by accepting coordinates of adjusted zero measurement epoch as the approximate coordinates of the control measurement epoch (Ninkov, 1985).

Points' stability control is being done using the Unimodal Transformation Method (without changing the scale). After estimating transformation parameters under the LSM, the control of differences of the transformed control epoch coordinates and of zero epoch coordinates difference is under threshold of double coordinate standards from the control epoch adjustment. In the event of discovered unstable points, it is necessary to perform new adjustments by minimizing the part of a trace matching confirmed stable points.

After adjustment, deformations are being localized for each point individually. In order to test the stability of points, zero (H_0) and alternative (H_a) hypothesis are being set (Ninkov, 1985):

$$H_0 : E(\hat{\mathbf{d}}_j) = 0 \quad \text{against} \quad H_a : E(\hat{\mathbf{d}}_j) \neq 0. \quad (25)$$

The test statistics reads:

$$F_j = \frac{\theta_j^2}{\hat{\sigma}_0^2} = \frac{\hat{\mathbf{d}}_j^T \cdot \mathbf{Q}_{\hat{\mathbf{d}}_j}^{-1} \cdot \hat{\mathbf{d}}_j}{2 \cdot \hat{\sigma}_0^2} \sim F_{2,f} \quad (26)$$

If the $F_j \leq F_{2,f,1-\alpha}$, zero hypothesis is not rejected; or else an alternative hypothesis is being accepted.

The presented statistical testing of hypothesis may also be interpreted geometrically. In the event of zero hypothesis (H_0), formula (26) may be written as follows:

$$\hat{\mathbf{d}}_j^T \cdot \mathbf{Q}_{\hat{\mathbf{d}}_j}^{-1} \cdot \hat{\mathbf{d}}_j \leq 2 \cdot \hat{\sigma}_0^2 \cdot F_{2,f,1-\alpha}. \quad (27)$$

If we replace $\leq$ with $=$ in the formula (27), the expression becomes an ellipse equation, which is identical to the relative error ellipse between the points $T_{1,j}$ and $T_{2,j}$ increased for the factor $\sqrt{2 \cdot F_{2,f,1-\alpha}}$. Axis

of the relative error ellipses are calculated using the formula:

$$A_i = \sqrt{\hat{\sigma}_0^2 \cdot 2 \cdot F_{2,f,1-\alpha} \cdot \lambda_i}, \quad (i = 1, 2). \quad (28)$$

The deformation analysis using relative error ellipses can be presented graphically with ease (Figure 1). Point movement vectors and increased relative error ellipses are drawn on the same sketch. The movement vector $\hat{\mathbf{d}}_j$ starts at the point $T_{1,j}$ towards the point $T_{2,j}$ and the point $T_{2,j}$ is the center of ellipse.

If the point $T_{1,j}$ is outside the ellipse surface, zero hypothesis is being rejected, i.e. deformations in point $T_{1,j}$ are accepted with a certain probability.

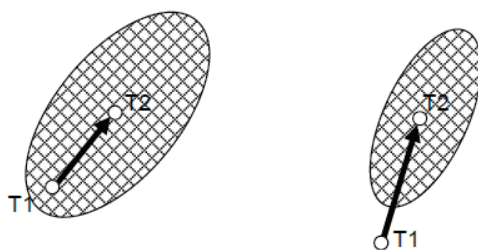


Figure 1: Deformations analysis using relative errors ellipses.

Increments of approximate (adjusted) coordinates in the adjustment process of spatial movement components are calculated as follows (Ninkov, 1985):

$$d_{y_j} = \hat{Y}_{2_j} - \hat{Y}_{1_j}, \quad d_{x_j} = \hat{X}_{2_j} - \hat{X}_{1_j}. \quad (29)$$

Standards for determining spatial movements' components are approximately equal to the square root of the sum of coordinates' determination squares.

5 JAG3D METHOD

JAG3D is Open-Source Software developed for the geodetic networks adjustment and deformation analysis, by Michael Lösler (URL1). In the first phase, both the zero and control measurement epoch are independently adjusted using indirect adjustment method. Testing measurement accuracy homogeneity is being done in the manner explained in Pelzer Method. In the next step, congruency of the basic network points is being tested. If basic points' set contains unstable points, such unstable basic points are being localized. Zero (H_0) and alternative (H_a) hypotheses are being set:

$$H_0 : E(\nabla_{R,j}) = 0 \quad \text{against} \quad H_a : E(\nabla_{R,j}) \neq 0. \quad (30)$$

The test statistics is formed (URL2):

$$T_{prio,j} = \frac{\nabla_{R,j}^T \cdot \mathbf{Q}_{\nabla\nabla R,j}^{-1} \cdot \nabla_{R,j}}{m \cdot \sigma_0^2} \sim F_{m,\infty} \quad - \text{a priori test statistics} \quad (31)$$

or

$$T_{post,j} = \frac{\nabla_{R,j}^T \cdot \mathbf{Q}_{\nabla\nabla R,j}^{-1} \cdot \nabla_{R,j}}{m \cdot \hat{\sigma}_j^2} \sim F_{m,f-m} \quad - \text{a posteriori test statistics} \quad (32)$$

where:

$\nabla_{R,j}$	– is movement vector;
$\mathbf{Q}_{\nabla\nabla R,j}$	– is cofactor matrix of movement estimate;
m	– is geodetic network dimension;
σ_0^2	– is a priori variance;
$\hat{\sigma}_j^2 = \frac{\Omega - \nabla_{R,j}^T \cdot \mathbf{Q}_{\nabla\nabla R,j}^{-1} \cdot \nabla_{R,j}}{f - m}$	– is reduced a posteriori variance.

If the $T_{prio,j} < F_{m,\infty}$ or $T_{post,j} < F_{m,f-m}$, zero hypothesis is not rejected, i.e. the point is stable; or else an alternative hypothesis is being accepted. Gauss-Markov model of the joint adjustment of both epochs is (URL2):

$$\begin{bmatrix} \mathbf{l}_1 \\ \mathbf{l}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{v}_1 \\ \mathbf{v}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{A}_{R,1} & \mathbf{A}_{O,1} & 0 \\ \mathbf{A}_{R,2} & 0 & \mathbf{A}_{O,2} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \mathbf{x}_R \\ \mathbf{x}_{O,1} \\ \mathbf{x}_{O,2} \end{bmatrix} \quad (33)$$

where:

$\mathbf{l}_1$	– is the vector of zero measurement epoch measured values;
$\mathbf{l}_2$	– is the vector of control measurement epoch measured values;
$\mathbf{x}_R$	– is the sub vector of basic points with stability confirmed (conditionally stable points);
$\mathbf{x}_{O,1}, \mathbf{x}_{O,2}$	– is the sub vector of points on construction or points considered conditionally unstable.

After joint adjustment, unstable points on construction are localized. In order to localize unstable points on construction, zero (H_0) and alternative (H_a) hypothesis are being set:

$$H_0 : E(\mathbf{d}_k) = 0 \quad \text{against} \quad H_a : E(\mathbf{d}_k) \neq 0. \quad (34)$$

The test statistics reads (URL2):

$$T_{prio,k} = \frac{\mathbf{d}_k^T \cdot \mathbf{Q}_{dd,k}^{-1} \cdot \mathbf{d}_k}{m \cdot \hat{\sigma}_0^2} \sim F_{m,\infty} \quad \text{-- a priori test statistics}$$

(35)

or

$$T_{post,k} = \frac{\mathbf{d}_k^T \cdot \mathbf{Q}_{dd,k}^{-1} \cdot \mathbf{d}_k}{m \cdot \hat{\sigma}_0^2} \sim F_{m,f-m} \quad \text{-- a posteriori test statistics}$$

(36)

where:

$$\mathbf{d}_k = \mathbf{F} \cdot \begin{bmatrix} \mathbf{x}_{O,1} \\ \mathbf{x}_{O,2} \end{bmatrix} \quad \text{-- vector of movement;}$$

$$\mathbf{Q}_{dd,k} = \mathbf{F} \cdot \begin{bmatrix} \mathbf{Q}_{\mathbf{x}_{O,1}, \mathbf{x}_{O,1}} & \mathbf{Q}_{\mathbf{x}_{O,1}, \mathbf{x}_{O,2}} \\ \mathbf{Q}_{\mathbf{x}_{O,2}, \mathbf{x}_{O,1}} & \mathbf{Q}_{\mathbf{x}_{O,2}, \mathbf{x}_{O,2}} \end{bmatrix} \cdot \mathbf{F}^T \quad \text{-- movement estimate cofactor matrix;}$$

$$\mathbf{F} = \begin{bmatrix} 0 & \dots & -\mathbf{I}_k & \dots & \mathbf{I}_k & \dots & 0 \end{bmatrix}.$$

If the $T_{prio,k} < F_{m,\infty}$ or $T_{post,k} < F_{m,f-m}$, zero hypothesis is not rejected, i.e. the point is stable; otherwise an alternative hypothesis is being accepted.

6 CALCULATION EXAMPLE

For the purposes of applying Deformation Analysis Methods described in the paper, the geodetic control GNSS 2D network was simulated, consisting of 9 points. Basic network points are points 1, 2, 3 and 4, while points 5, 6, 7, 8 and 9 interpret the construction (Figure 2). All observations and deformations in the network are simulated. The simulated vectors are linearly independent, and the standard deviation of two-dimensional component of GNSS baseline vector is 5 mm + 0.5 ppm. Approximate points' coordinates and simulated deformations are shown in Table 1, with the data on two epoch vector observations being given in Table 2, while the network sketch is shown in Figure 2.

Table 1: Approximate points' coordinates and simulated deformations.

Point number	Y[m]	X[m]	d_i [mm]	v_i [°]
1	1320	1400	--	--
2	1370	1270	--	--
3	1650	1125	--	--
4	1670	1310	--	--
5	1785	1250	--	--
6	1740	1400	15	218
7	1625	1530	40	225
8	1470	1585	10	197
9	1325	1570	5	182

Table 2: Two epoch vector observation data.

Vectors		Zero epoch		Control epoch	
From	To	ΔY [m]	ΔX [m]	ΔY [m]	ΔX [m]
1	2	50.00290	-129.9970	49.9975	-129.9990
1	3	330.0092	-275.0010	330.0024	-275.0010
1	5	465.0007	-149.9990	465.0031	-150.0020
1	4	349.9914	-89.9941	350.0097	-89.9971
1	6	420.0068	-0.0091	419.9920	-0.0065
1	7	305.0051	129.9935	304.9722	129.9799
1	8	149.9977	185.0017	149.9947	184.9907
1	9	5.0009	169.9974	4.9991	169.9957
2	3	280.0031	-145.0010	279.9998	-145.0025
2	5	415.0015	-20.0060	414.9930	-19.9936
2	4	300.0028	39.9964	299.9990	39.9997
2	6	369.9995	129.9984	369.9938	129.9863
2	7	254.9998	259.9971	254.9697	259.9802
2	8	100.0004	314.9965	99.9990	314.9937
2	9	-45.0032	299.9983	-44.9962	299.9979
2	1	-49.9943	129.9962	-49.9957	129.9960
3	5	135.0000	125.0054	135.0031	125.0017
3	6	90.0027	274.996	89.9818	274.9902
3	4	19.9966	185.0073	19.9977	184.9956
3	7	-25.0043	404.9985	-25.0244	404.9705
3	8	-180.0000	459.9942	-180.0014	459.9888
3	9	-325.001	444.9975	-325.0001	444.9971
3	1	-329.995	275.0037	-329.9983	274.9960
3	2	-279.998	145.0042	-279.9955	145.0044
4	3	-19.9978	-184.999	-19.9994	-184.9929
4	5	114.9942	-59.9989	114.9970	-60.0012
4	6	69.9961	90.0025	69.9901	89.9881
4	7	-44.9992	219.9942	-45.0288	219.9735
4	8	-200.0010	274.9977	-199.9994	274.9953
4	9	-344.9950	259.9927	-344.9985	259.9971
4	1	-349.9950	89.9982	-349.9978	90.0016
4	2	-300.0020	-39.9962	-299.9994	-40.0019

Zero and control measurement epoch were adjusted, along with joint adjustment of both measurement epochs. Datum was defined by minimum trace to the basic network points. Adjustments were performed using the JAG3D and MatGeo (developed at the Faculty of Technical Sciences in Novi Sad, using Matlab environment) software. Deformation analysis by means of the JAG3D Method was performed

using the JAG3D software, while deformation analysis using other methods was implemented in the MatGeo program. The significance level used in calculations is $\alpha = 0.05$.

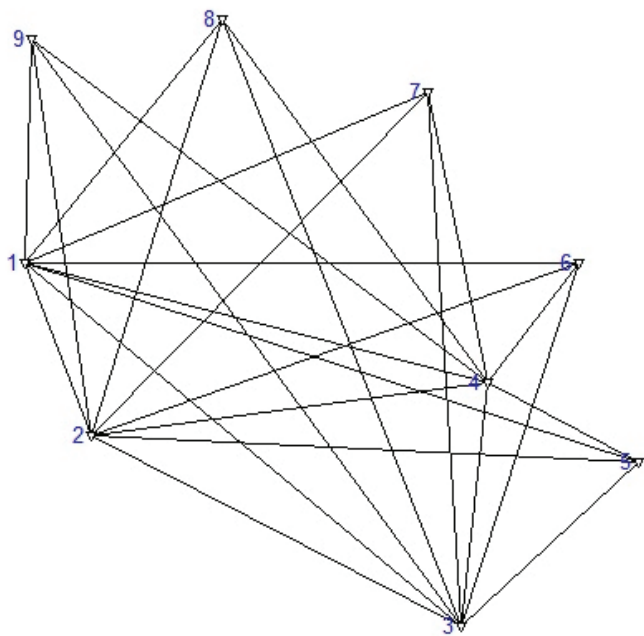


Figure 2: Network sketch in the scale of 1:5000.

The value $\sigma_0 = 1$ was accepted as a priori standard deviation. Following values were obtained from the adjustment of zero and control measurement epochs: $\hat{\sigma}_{0_1} = 1.095$, $\hat{\sigma}_{0_2} = 1.023$, $\Omega_0 = 57.527$, $\Omega_1 = 50.212$, $f_0 = 48$ and $f_1 = 48$. Following values were obtained from adjustment of both epochs: $\hat{\sigma}_{0_z} = 1.059$, $\Omega_z = 114.387$ and $f_z = 102$. Adjusted coordinates of zero and control epoch measurements are shown in Table 3.

Table 3: Adjusted points' coordinates from zero and control measurement epoch.

Point number	Zero epoch		Control epoch	
	Y[m]	X[m]	Y[m]	X[m]
1	1320.0001	1399.9995	1319.9999	1399.9992
2	1369.9995	1270.0017	1370.0000	1270.0001
3	1650.0011	1124.9983	1650.0000	1125.0011
4	1669.9993	1310.0004	1670.0002	1309.9996
5	1784.9991	1250.0004	1784.9991	1250.0013
6	1740.0012	1399.9970	1739.9893	1399.9895
7	1625.0003	1529.9958	1624.9722	1529.9761
8	1469.9991	1584.9976	1469.9982	1584.9921
9	1325.0004	1569.9965	1325.0011	1569.9969

6.1 Pelzer Method

In the first step, homogeneity of measurement accuracy in two epochs is being tested. For that purpose, the test statistics is being formed according to the formula (2), while the test statistics $T = 1.146$ is lower than critical value $F_{48,48,0.975} = 1.773$, so that the values measured in two epochs have homogeneous accuracy. Unified degrees of freedom from two epochs are $f = 96$. Unified standard deviation from two epochs is calculated using the formula (3) being $\hat{\sigma}_0 = 1.059$.

In the second step, the network congruency in two epochs is being tested. According to the formula (6), test statistics is thus calculated: $T = 12.400$, so that the value obtained is greater than the critical value $F_{16,96,0.95} = 1.750$, with the conclusion that network points' coordinates from two epochs are not congruent.

In this step, congruency of the basic network points is being tested. The test statistics $T = 0.987$, being calculated using formula (10), is lower than critical value $F_{6,96,0.95} = 2.195$, thus the conclusion can be made that the basic network points from two epochs are congruent.

After congruency of basic network points had been established, stability of construction points is being tested. Test statistics $T = 19.248$, determined using formula (17), is greater than critical value $F_{10,96,0.95} = 1.931$, thus the conclusion can be made that the construction points' coordinates from two epochs are not congruent.

When non-congruency of construction points is established, unstable construction points are being localized next. For each point, average mismatch θ_i^2 is being calculated using formula (12) (Table 4).

Localization procedure is done through iterations. In the first iteration, point 7 is identified as unstable (Table 4), and is being excluded from the set of construction points.

Table 4: Localization of unstable construction points by Pelzer Method.

Point number	Iteration 1	Iteration 2	Movement	Slope
	θ_i^2	θ_i^2	d_i [mm]	v_i [°]
5	0.066	0.066	0.919	0.623
6	15.088	15.088	14.029	238.224
7	90.543	--	34.313	235.004
8	2.264	2.264	5.487	189.325
9	0.048	0.048	0.794	54.713

In order to test the stability of the remaining construction points, the test statistics is being calculated using the formula (14). In the set of remaining points, some are unstable since the test statistics $T = 3.891$ is greater than critical value $F_{8,96,0.95} = 2.036$. In the second iteration, the point number 6 has the greatest value of average mismatch values and is thus considered as unstable. It is necessary to test the stability of the remaining construction points. The set of remaining points does not contain unstable points, since the test statistics reads $T = 0.706$, being lower than critical value $F_{6,96,0.95} = 2.195$. Discovered movements of points are shown in Table 4. Points 6 and 7 are identified as unstable, while the remaining points are identified as stable.

6.2 Karlsruhe Method

The set of conditionally stable points are the basic network of points. In order to test the stability of conditionally stable points, the test statistics is calculated using the formula (22). Test statistics of the $F = 0.987$ is lower than the critical value $F_{6,96,0.95} = 2.195$, thus the conclusion can be made that the set of conditionally stable points contains no unstable points. Localization of conditionally unstable points is being performed by calculating test statistics for each point using the formula (24). Table 5 shows values of test statistics F and critical values F for each point. If test statistics F is lower than the critical value F , the point is stable; otherwise it is unstable. Using Karlsruhe Method, points 6 and 7 are identified as unstable. Points' movements are shown in Table 5.

Table 5: Localization of unstable points by Karlsruhe Method.

Point number	F	$F_{2,96,0.95}$	d_i [mm]	v_i [°]
5	0.059	3.091	0.919	0.623
6	13.454	3.091	14.029	238.224
7	80.738	3.091	34.313	235.004
8	2.018	3.091	5.487	189.325
9	0.043	3.091	0.794	54.713

6.3 Modified Karlsruhe Method

Basic network points' congruency has been verified using the Unimodal transformation. In the next step, localization of unstable points is being performed. For each point, value of F test statistics is calculated using formula (26), and the values obtained are shown in Table 6. If tested F statistics is lower than F critical value, the point is stable; otherwise the point is unstable. Using this method, points 6 and 7 were identified as unstable. Points' movements discovered are shown in Table 6.

Table 6: Localization of unstable points by modified Karlsruhe Method.

Point number	F	$F_{2,48,0.95}$	d_i [mm]	v_i [°]
1	0.055	3.191	0.431	218.454
2	0.849	3.191	1.684	163.821
3	2.625	3.191	2.987	339.197
4	0.427	3.191	1.197	133.983
5	0.058	3.191	0.909	0.630
6	13.469	3.191	14.042	238.155
7	80.746	3.191	34.329	234.977
8	2.033	3.191	5.510	189.291
9	0.042	3.191	0.782	56.514

6.4 JAG3D Method

After independent adjustment of zero and of control measurement epochs, the testing of basic network points' congruency in two epochs has been performed. Basic network points' congruency in two epochs has been determined. In the second step, the joint adjustment of zero and of the control measurement

epoch has been performed, with basic network points being included in the set of conditionally stable points. After joint adjustment of both epochs, localization of unstable construction points has been performed. For each point, test statistics for the T has been calculated using formula (35) and (36).

Table 7: Localization of unstable points, JAG3D Method.

Point number	T_{prio}	T_{post}	$T_{2,\infty,0.95}$	$T_{2,100,0.95}$	d_i [mm]	v_i [°]
5	0.066	0.059	2.996	3.087	0.919	0.623
6	15.088	13.454	2.996	3.087	14.029	238.202
7	90.543	80.738	2.996	3.087	34.313	235.004
8	2.264	2.018	2.996	3.087	5.487	189.342
9	0.048	0.043	2.996	3.087	0.794	54.713

Values of test statistics for each point are shown in Table 7. If the test statistics for the T is lower than the F critical value, the point is stable; otherwise the point is unstable. Using the method implemented in the JAG3D software, points 6 and 7 were identified as unstable. The discoverent points' movements are shown in Table 7.

7 ANALYSIS OF COMPARATIVE RESULTS

The paper describes some of the current methods of the deformation analysis. For the purpose of Deformation Analysis Methods application, a geodetic control network was conceptualized, with simulations of all deformations. By the application of methods by Pelzer, by Karlsruhe, by the modified Karlsruhe method and the one being implemented in the JAG3D, the Open-Source Software has identified unstable points giving movements of determined points. Points 6 and 7 were identified as unstable, while the remaining points were identified as stable. Nevertheless for other points no significant movements have been discovered, with simulated movements being on the measurement accuracy threshold. Information about stability, simulated and determined points' movements are shown in Table 8. Movements detected through application of the above Deformation Analysis Methods are nearly identical and comparable to the simulated movements. The greatest difference has the magnitude order of several millimeters, referring to the point 7. Reliability of the Deformation Analysis Methods is dependent on stable datum framework, along with the accuracy of measurement, indicating the lower threshold of movement that can be discovered “with certainty”, which is verified by the results obtained in the practical part of this paper (points with simulated smaller movements were not identified as unstable).

Table 8: Simulated and identified movements of points.

Method	Points	Basic network points					Construction points			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Simulated	dy [mm]	0	0	0	0	0	-9.21	-28.01	-3.03	-0.15
	dx [mm]	0	0	0	0	0	-11.84	-28.56	-9.53	-5
	d [mm]	0	0	0	0	0	15	40	10	5
	ν [°]	--	--	--	--	--	218	225	197	182

Method	Points	Basic network points				Construction points				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pelzer	dy [mm]	0	0	0	0	0.01	-11.93	-28.11	-0.89	0.65
	dx [mm]	0	0	0	0	0.92	-7.39	-19.68	-5.42	0.46
	d [mm]	0	0	0	0	0.92	14.03	34.31	5.49	0.80
	ν [°]	--	--	--	--	0.62	238.22	235.00	189.33	54.71
	Stable	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	Yes	Yes
Karlsruhe	dy [mm]	0	0	0	0	0.01	-11.93	-28.11	-0.89	0.65
	dx [mm]	0	0	0	0	0.92	-7.39	-19.68	-5.42	0.46
	d [mm]	0	0	0	0	0.92	14.03	34.31	5.49	0.80
	ν [°]	--	--	--	--	0.62	238.22	235.00	189.33	54.71
	Stable	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	Yes	Yes
Modified Karlsruhe	dy [mm]	-0.27	0.47	-1.06	0.86	0.01	-11.93	-28.11	-0.89	0.65
	dx [mm]	-0.34	-1.62	2.79	-0.83	0.91	-7.41	-19.70	-5.44	0.43
	d [mm]	0.43	1.69	2.98	1.2	0.91	14.04	34.33	5.51	0.78
	ν [°]	218.45	163.82	339.20	133.98	0.63	238.15	234.98	189.29	56.51
	Stable	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	Yes	Yes
JAG3D	dy [mm]	0	0	0	0	0.01	-11.92	-28.11	-0.89	0.65
	dx [mm]	0	0	0	0	0.92	-7.39	-19.68	-5.41	0.46
	d [mm]	0	0	0	0	0.92	14.02	34.31	5.48	0.80
	ν [°]	--	--	--	--	0.62	238.20	235.00	189.34	54.71
	Stable	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	Yes	Yes

8 CONCLUSIONS

It is known that certain methods of deformation analysis provide different results – the conclusion being made by the FIG Commission, consisting of esteemed scientists from five university centers (Hanover, Delft, Fredericton, Karlsruhe and Munich). Of course, conclusions on reliability of Deformation Analysis Methods cannot be made based on the research performed on a single deformation model. Examining reliability of individual deformation analysis method needs to be implemented over several different deformation models. Pursuant to the results obtained in the paper, the conclusion can be drawn that modified Karlsruhe Method and method implemented in the JAG3D Open-Source Software provide satisfying results regarding the discovery of unstable points, against the most commonly applied Deformation Analysis Methods–by Pelzer and Karlsruhe.

Precondition for the efficient application of various Deformation Analysis Methods refers to the setting as many basic points on a geologically stable terrain as possible. Apart from reliability of information on ground and construction movements, an important factor refers to the least movement intensity determination, which may certainly be determined with chosen probability and the test power.

If a minimum of four datum points are situated on geologically stable terrain, outside zone of expected deformations, having not changed their positions between two epochs of measurement, reliability of

applying models noted in the paper will significantly increase. That is also impacted by application of the GNSS measurements using static or rapid static method, especially when significant movements in horizontal plane are being quantified.

References:

- Ambrožič, T. (2001). Deformacijska analiza po postopku Hannover. *Geodetski vestnik*, 45(1–2), 38–53.
- Ambrožič, T. (2004). Deformacijska analiza po postopku Karlsruhe. *Geodetski vestnik*, 48(3), 315–331.
- Ašanin, S. (2003). Inženjerska geodezija. Belgrade: Ageo.
- Caspary, W. F. (1987). Concepts of Network and Deformation Analysis. Kensington: The University of New South Wales, School of Surveying.
- Chrzanowski, A., Members of the "ad hoc" Committee (1981). A Comparison of Different Approaches into the Analysis of Deformation Measurements. FIG XVI Congress, Montreux, Switzerland, Paper No. 602.3, Montreux 1981.
- Heck, B. (1983). Das Analyseverfahren des geodätischen Instituts der Universität Karlsruhe Stand 1983. Deformationsanalysen, 83. Geometrische Analyse und Interpretation von Deformationen Geodätischer Netze. München: Hochschule der Bundeswehr. Heft 9.
- Heck, B., Kok, J. J., Welsch, W., M., Baumer, R., Chrzanowski, A., Chen, Y. Q., Secord, J. M. (1982). Report of the FIG-working group on the analysis of deformation measurements. In: I. Joó in A. Detreköi (Eds.), 3rd International Symposium on Deformation Measurements by Geodetic Methods (pp. 337–415). Budapest: Akademiai Kiadó.
- Jäger, R., Kälber, S., Oswald, M. (2006). GNSS/GPS/LPS based Online Control and Alarm System (GOCA) – Mathematical Models and Technical Realisation of a System for Natural and Geotechnical Deformation Monitoring and Analysis, GEOS 2006.
- Marjetič, A., Zemljak, M., Ambrožič, T. (2012). Deformacijska analiza po postopku Delft. *Geodetski vestnik*, 56(1), 9–26. DOI: <http://dx.doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2012.01.009-026>
- Mihailović, K., Aleksić, I. (1994). Deformaciona analiza geodetskih mreža. Belgrade: Gradjevinski fakultet, Institut za geodeziju.
- Mihailović, K., Aleksić, I. (2008). Koncepti mreža u geodetskom premeru. Belgrade: Geokarta.
- Ninkov, T. (1985). Deformaciona analiza i njena praktična primena. *Geodetski list*, 39/62(7–9), 167–178.
- Pelzer, H. (1971). Zur Analyse geodätischer Deformationsmessungen. München: Deutsche Geodätische Kommission, Reihe C, No. 164.
- Setan, H., Singh, R. (2001). Deformation analysis of a geodetic monitoring network. *Geomatica*, 55(3), 333–346.
- Vrce, E. (2011). Deformacijska analiza mikrotriangulacijske mreže. *Geodetski glasnik*, 45(40), 14–27.
- Welsch, W. (1981). Description of homogenous horizontal strains and some remarks to their analysis. International symposium on geodetic network and computations of the International Association of Geodesy, Munich.
- URL1. (2015). <http://javagratricule3d.sourceforge.net>, accessed 2. 2. 2015.
- URL2. (2015). <http://wiki.derletztekick.com/javagratricule3d/least-squares-adjustment/deformationanalysis>, accessed 2. 2. 2015.

Sušić Z., Batilović M., Ninkov T., Aleksić I., Bulatović V. (2015). Identification of movements using different geodetic methods of deformation analysis. *Geodetski vestnik*, 59(3): 10.15292/geodetski-vestnik.2015.03.537-553

Assist. Prof. Zoran Sušić, Ph.D.

University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences
Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Serbia
e-mail: susic_zoran@yahoo.com

Mehmed Batilović, Univ. Grad. Eng. of Geod.

University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences
Trg Dositeja Obradovića 6, 21 000 Novi Sad, Serbia
e-mail: batilovicm@gmail.com

Prof. Ivan Aleksić, Ph.D.

University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering
Bulevar kralja Aleksandra 73, 11 000 Belgrade, Serbia
e-mail: aleksic@grf.bg.ac.rs

Prof. Toša Ninkov, Ph.D.

University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences
Trg Dositeja Obradovića 6, 21 000 Novi Sad, Serbia
e-mail: ninkov.tosa@gmail.com

Assist. Prof. Vladimir Bulatović, Ph.D.

University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences
Trg Dositeja Obradovića 6, 21000 Novi Sad, Serbia
e-mail: vbulat2003@gmail.com

ANALIZA ZANESLJIVOSTI MREŽE GNSS OB PRISOTNOSTI VEČ GROBIH POGREŠKOV MERITEV

ANALYSIS OF A GNSS NETWORK USING THE THEORY OF RELIABILITY FOR MULTIPLE OUTLIERS

M. Mustafa Berber, D. Uğur Şanlı

UDK: 528.1

Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01

Prispelo: 12.12.2014

Sprejeto: 23.7.2015

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2015.03.554-563

SCIENTIFIC ARTICLE

Received: 12.12.2014

Accepted: 23.7.2015

IZVLEČEK

Po tem, ko vzpostavimo geodetsko mrežo (horizontalno, nivelmansko, GNSS itd.), na podlagi geodetske izmere in z izravnavo po metodi najmanjših kvadratov določimo koordinate njenih točk. Morebitni grobi pogreški pri eni ali več meritvah vplivajo na vse nadaljnje izračune. Takšne meritve je zato treba odkriti in ustrezno popraviti. V praksi se največkrat izločijo iz izravnave in geodetska mreža se spet izravna. Za prepoznavanje grobo pogrešenih vrednosti meritev so na voljo različni statistični testi. Še več, ocene zanesljivosti rezultatov izravnave bi morale biti dodane rezultatom statističnih testov, s čimer bi pridobili več informacij o uspešnosti odkrivanja grobih pogreškov in njihovem vplivu na rezultate izravnave. Oceno zanesljivosti geodetske mreže je mogoče določiti za prisotnost le ene ali več grobo pogrešenih vrednosti meritev. V članku predstavljamo rezultate analize mreže GNSS, kjer so ocene zanesljivosti določene za prisotnost ene in več grobo pogrešenih vrednosti meritev. Rezultati kažejo, da se ocena zanesljivosti geodetske mreže poslabša, če je prisotnih več grobo pogrešenih vrednosti meritev.

ABSTRACT

After geodetic networks (e.g., horizontal control, leveling, GNSS etc.) are established, they are measured and point coordinates are estimated by the method of Least Squares. If one or more observations are burdened with errors, these contaminated observations affect the other good observations and may produce incorrect estimates of the parameters. Thus, these contaminated observations should be detected and corrected. Generally, in practice, they are removed and the network is readjusted. To detect the outliers among the observations statistical tests are performed. Yet, reliability measures should be accompanied to statistical tests to find out more about the ability of error detection and the effects of errors on the solutions. Now it is possible that reliability measures can be calculated for the cases of single or multiple outliers. In this paper, a GNSS network is analyzed using reliability measures in both cases. The results show that in the case of multiple outliers reliability measures worsen.

KLJUČNE BESEDE

mreža GNSS, grobi pogreški meritev, ocena zanesljivosti, več grobih pogreškov meritev

KEY WORDS

GNSS network, outliers, reliability measures, multiple outliers

1 INTRODUCTION

In spite of technological advancements and human efforts, it is impossible to obtain completely error free measurements. Thus, it is stated with absolute certainty that all measurements contain errors. Errors are classified into three categories as gross errors (blunders/outliers), systematic errors and random errors. Gross errors can be detected by repeating the measurements and systematic errors are eliminated by using calibrated instruments, applying corrections and following correct measurement procedures. Nevertheless, since random errors occur due to human and instrument imperfections, they cannot be removed. However, they conform to the laws of probability and follow the normal distribution theory. Hence, they are adjusted in a manner that follows these mathematical laws. The most commonly used adjustment method is called the Least Squares method.

Nowadays GNSS networks are widely used for various surveying purposes. As it is done with other geodetic networks, after measurements are taken the point coordinates in GNSS networks are estimated using the Least Squares method. Generally, the next step is outlier detection to find out whether there is any observation that is burdened with an error among the measurements. When an observation is burdened with an error it is called an outlier or an outlier observation. With almost all statistical tests it is assumed that observations are normally distributed. This means that gross errors and systematic errors have been removed and we are left with only random errors.

To detect the outliers among the measurements, statistical tests such as Baarda's method is often used. Nonetheless, Baarda's reliability theory is based on the assumption of a single outlier. On the other hand, multiple outliers are possible. Therefore, measures of reliability for multiple outliers must be used. It means that internal and external reliability measures have to be reformulated. A review of reliability measures for multiple outliers is given by Knight et al. (2010). They discussed that internal reliability measures for multiple outliers are equal or poorer than their corresponding values for a single outlier. In addition, they showed that the external reliability values are larger when multiple outliers are present. Thus, lower levels of internal and external reliability can be achieved when multiple outliers are considered.

First author of this paper considered multiple outliers in robustness analysis - see Yetkin and Berber (2013). Other recent studies on the subject: Baselga (2011) focused on the theory of outlier detection in least-squares adjustment and stated that although the case of a single outlier can be efficiently handled, extensions of the testing theory to the multiple outlier case seem questionable in rigor or applicability. Klein et al. (2015) evaluated, compared and discussed different methods for quality control in geodetic data analysis in the general scenario of correlated observations and multiple outliers.

In this paper, a GNSS network is analyzed using reliability measures in the case of single and multiple outliers.

2 RELIABILITY MEASURES

After measurements are taken the geodetic networks are adjusted using the Least Squares method. To detect the outliers in the data set, global test and outlier tests are used. Despite the use of these tests, one or more outliers might go undetected and they may produce incorrect estimates of the parameters. Since the number of outliers in the data set is unknown, in practice, an iterative approach is utilized to deter-

mine the most likely suspect of observations based on the assumption of a single outlier. However using the concept of the multiple correlation coefficients and by applying the Rayleigh-Ritz theorem, Knight et al (2010) generalized the measures of reliability to multiple outliers. These are outlined in the sequel.

2.1 Single outlier case

Baarda's approach is divided into internal reliability and external reliability. The maximum undetectable errors with controllability numbers and reliability numbers constitute the internal reliability of the network. The maximum undetectable errors among the observations which would not be detected by a statistical test are given by Baarda (1968) as

$$\Delta l_i = \sqrt{\frac{\lambda_0 \sigma_0^2}{\mathbf{h}_i^T \mathbf{P} \mathbf{Q}_v \mathbf{P} \mathbf{h}_i}} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

where n is the number of observations, $\mathbf{P}$ is the weight matrix; $\mathbf{Q}_v$ is the cofactor matrix of the estimated residuals; $\mathbf{h}_i$ is an $n \times 1$ vector, containing zeros with a one corresponding to i th observation; and σ_0^2 is the a-priori variance factor. λ_0 is the value of the shift (non-centrality parameter) of the postulated distribution in the alternative hypothesis. Needless to say that maximum undetectable errors are desired to be as small as possible.

The external reliability of a network that is computed for individual observations measures the effects of the undetected errors on the estimated parameters. The Least Squares estimate for the displacements $\Delta \mathbf{x}$ caused by the $\Delta \mathbf{l}$ in the observations is given by

$$\Delta \mathbf{x} = (\mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T \mathbf{P} \Delta \mathbf{l} \quad (2)$$

where $\mathbf{A}$ is the design matrix and $\Delta \mathbf{l}$ is a $n \times 1$ vector of zeros except for Δl_i in i th position.

Controllability is a measure of internal reliability that is derived from the maximum undetectable errors (minimum detectable biases). It is calculated as (Pelzer 1980, Wang and Chen 1994, Chen and Wang 1996 and Knight et al. 2010).

$$C_{0i} = \sqrt{\frac{\lambda_0}{\mathbf{h}_i^T \mathbf{Q} \mathbf{h}_i \mathbf{h}_i^T \mathbf{P} \mathbf{Q}_v \mathbf{P} \mathbf{h}_i}} \quad (3)$$

where $\mathbf{Q}$ is cofactor matrix of the observations. Reliability numbers are derived from controllability and remove the effect of the non-centrality parameter $\sqrt{\lambda_0}$. For the correlated observations the reliability numbers are given as (Pelzer 1980, Wang and Chen 1994, Chen and Wang 1996 and Knight et al. 2010)

$$\bar{r}_i = \mathbf{h}_i^T \mathbf{Q} \mathbf{h}_i \mathbf{h}_i^T \mathbf{P} \mathbf{Q}_v \mathbf{P} \mathbf{h}_i \quad (4)$$

The bounds for the redundancy numbers are

$$0 \leq \bar{r}_i \leq \mathbf{h}_i^T \mathbf{Q} \mathbf{h}_i \mathbf{h}_i^T \mathbf{P} \mathbf{h}_i \quad (5)$$

As well known, reliability numbers are desired to be as big as possible.

2.2 Multiple outlier case

The statistical tests used for outlier detection after least-squares adjustment is based on the assumption of a single outlier (Baarda 1968; Pope 1975) or multiple outliers (Kok 1984; Cross and Price 1985; Ding and Coleman 1996; Knight et al. 2010). Both approaches consist of a global model test and an outlier test. However, even these rigorous statistical tests do not guarantee 100% success for detection of all outliers; i.e., one or more outliers may not be detected. Therefore, the size of maximum undetectable error in a specific observation for a given non-centrality parameter $\sqrt{\lambda_0}$ must be computed to obtain a thorough examination of this undetected error's effect on the estimated parameters.

In both cases (global test and outlier test), the statistic follows a non-central chi-squared distribution. The non-central parameter of this distribution is given by

$$\lambda = \frac{\mathbf{z}^T \mathbf{H}^T \mathbf{P} \mathbf{Q}_v \mathbf{P} \mathbf{H} \mathbf{z}}{\sigma_0^2} \quad (6)$$

where $\mathbf{z}$ is a vector of θ outliers and $\mathbf{H}$ is an $n \times \theta$ matrix, with rank θ , containing zeros with a one in each column corresponding to an outlier. Eq. (6) is a building block to detect the maximum undetectable errors that are determined based on the selected non-centrality parameter. The non-centrality parameter depends on the selection of Type I (α_0) and Type II (β_0) error levels for both global model test and outlier test. The degree of freedom and the number of outliers (single or multiple) also play an important role in non-centrality parameter of global model test and outlier test respectively. If we assume that the non-centrality parameter is equal and the error probabilities are appropriately selected for both tests, their maximum undetectable error vector is equal. This characteristic exists in the β -method (Knight et al. 2010). The β -method was used by Baarda (1968) for single outlier detection. On the other hand, it has been generalized by Kok (1984) for multiple outliers.

If there are multiple outliers, Eq. (6) does not provide an absolute solution for the maximum undetectable errors for a particular non-centrality parameter. Therefore, the maximum undetectable error in an observation when multiple outliers ($\theta > 1$) are considered is obtained using the Rayleigh-Ritz method. Similarly the maximum effect of undetected errors on a parameter when multiple outliers are considered can be obtained as follows. A mere summary is provided below; however, for detailed information, readers are referred to Knight et al. (2010).

If maximum undetectable error is generalized to multiple outliers the formula reads

$$\Delta l_i^\theta = \frac{\Delta l_i}{\sqrt{1 - \wp_{\mathbf{H}^T \mathbf{P}_v \mathbf{i}}^2}} \quad (7)$$

where $\wp$ is the i th multiple correlation coefficient. For multiple outliers the controllability of the i th measurement for θ outliers C_{0i}^θ is

$$C_{0i}^\theta = \frac{C_{0i}}{\sqrt{1 - \wp_{\mathbf{H}^T \mathbf{P}_v \mathbf{i}}^2}} \quad (8)$$

Similar to the single outlier case, reliability numbers can also be obtained for multiple outliers. The generalization of reliability numbers for θ outliers is

$$\bar{r}_i^\theta = \bar{r}_i \left(1 - \rho_{\mathbf{H}^T \mathbf{P}_v \mathbf{i}}^2\right) \quad (9)$$

The bounds of reliability numbers are

$$0 \leq \bar{r}_i^\theta \leq \mathbf{h}_i^T \mathbf{Q} \mathbf{h}_i \mathbf{h}_i^T \mathbf{P} \mathbf{h}_i \left(1 - \rho_{\mathbf{H}^T \mathbf{P}_v \mathbf{i}}^2\right) \quad (10)$$

One can infer that since the denominator in Eq. (7) varies between 0 and 1, Δl_i^θ is always larger than or equal to Δl_i . Similarly, C_{0i}^θ is always larger than or equal to C_{0i} . On the other hand, due to the same reasoning, $\bar{r}_i^\theta$ is always smaller than or equal to $\bar{r}_i$.

In order to derive the external reliability for multiple outliers the Rayleigh-Ritz method can be applied and this leads to an eigenvalue problem in which eigenvalues are given as:

$$\lambda = (\lambda_0 \sigma_0^2 (\mathbf{H}^T \mathbf{P} \mathbf{Q}_v \mathbf{P} \mathbf{H})^{-1} \mathbf{H}^T \mathbf{P} \mathbf{A} (\mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{A})^{-1} \times c_i^T c_i (\mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{H}) \quad (11)$$

and the maximum external reliability of j th parameter y_{0j}^θ is

$$y_{0j}^\theta = \sqrt{\lambda_{\max}} \quad j = 1, 2, \dots, u \quad (12)$$

where u is the number of unknown parameters in the network. It should be noted that Eq. (12) can be used for single and multiple outliers; for instance, in this study, external reliability values are calculated for $\theta = 1$, $\theta = 2$ and $\theta = 3$.

3 NUMERICAL RESULTS

In this study, the described approach is tested on a real GNSS network that is established in the Treasure Coast Campus of Florida Atlantic University. The network is comprised of five points and eight baseline observations (see Fig. 1). The datum of the network is provided by minimum constraints, i.e., point 5 has been considered as a fixed station. The variance-covariance matrix for this GNSS network is a block-diagonal type with an individual 3×3 matrix for each measured baseline on the diagonal. All other elements of the matrix are zeros.



Figure 1: FAUNet (image from Google)

If it is assumed that there is at most one single outlier ($\theta = 1$) within the network, maximum undetectable error values, controllability values and reliability numbers can be obtained from Eqs. (1), (3) and (4). For $\sqrt{\lambda_0} = 3.61$ (for $\alpha_0 = 0.05$ and $\beta_0 = 0.05$) the results in Table 1 are obtained. The external reliability values for a single outlier can also be obtained from Eq. (2). These results are given in Table 2. Since we have 24 observations in the network used, it was not possible to fit all the results for all measurements therefore only the results for measurements 1,2,3,4 and 24 are tabulated in Table 2.

Table 1: Internal reliability for single outlier.

i	σ_i (mm)	MDB_i (mm)	C_i	$\bar{r}_i$
1	0.2646	1.5978	6.0393	0.3572
2	0.5745	2.8823	5.0174	0.5176
3	0.3000	1.9480	6.4932	0.3090
4	0.3606	1.7235	4.7801	0.5703
5	0.7211	2.9456	4.0848	0.7809
6	0.4472	1.8374	4.1085	0.7719
7	0.3464	1.5966	4.6090	0.6134
8	0.7071	2.8048	3.9666	0.8281
9	0.4472	1.7717	3.9616	0.8303
10	0.3606	1.7444	4.8381	0.5567
11	0.8602	3.2333	3.7587	0.9223
12	0.7000	2.4509	3.5013	1.0629
13	0.3606	1.6592	4.6018	0.6153
14	0.8602	3.0849	3.5861	1.0132
15	0.7000	2.3147	3.3068	1.1916
16	0.2828	1.5774	5.5770	0.4189
17	0.7348	2.7291	3.7138	0.9447
18	0.5196	1.9296	3.7135	0.9449
19	0.2828	1.4950	5.2856	0.4664
20	0.7000	2.7217	3.8881	0.8619
21	0.5385	2.0032	3.7199	0.9416
22	0.3317	1.5551	4.6888	0.5927
23	0.6782	2.6672	3.9325	0.8426
24	0.4123	1.6906	4.1002	0.7751

Table 2: External reliability for single outlier (mm).

i	1	2	3	4	24
Δx_1	0.5327	0.0809	0.0411	0.4165	0.0212
Δy_1	0.1105	0.8617	0.0611	0.0535	0.0497
Δz_1	0.0389	0.0178	0.4478	0.0092	0.4406
Δx_2	0.5646	0.0654	0.0231	0.1866	0.0143
Δy_2	0.2987	1.0287	0.2881	0.1264	0.0645
Δz_2	0.2389	0.1270	1.2328	0.1007	0.4087

<i>i</i>	1	2	3	4	...	24
Δx_3	0.0905	0.0097	0.0192	0.1077	...	0.0067
Δy_3	0.0291	0.1807	0.0855	0.0263	...	0.0236
Δz_3	0.0580	0.0238	0.1956	0.0112	...	0.5377
Δx_4	0.0947	0.0084	0.0044	0.3812	...	0.0627
Δy_4	0.0037	0.1680	0.0228	0.0196	...	0.1295
Δz_4	0.0051	0.0238	0.0919	0.0179	...	0.9670

If reliability analysis is now considered for multiple outliers ($\theta = 2$), maximum undetectable bias values, controllability values and reliability numbers can be obtained from Eqs. (7), (8) and (9). These results are given in Table 3. Since there are 24 observations in the network, there are $\theta \left(\frac{n}{\theta} \right) = 2 \left(\frac{24}{2} \right) = 552$ internal reliability results. Thus, to save some space only the results for the first measurement are given in the table. External reliability for two outliers can be obtained from Eq. (12) and they are shown in Table 4. For external reliability there are $\left(\frac{n}{\theta} \right) = \left(\frac{24}{2} \right) = 276$ external reliability vectors. Again because the table is too big to fit to a page, only the results for 1-2, 1-3, 1-4 and 1-24 are displayed.

Table 3: Internal reliability for multiple outliers.

<i>i-j</i>	MDB_i (mm)	C_i^θ	r_i^θ
1-2	1.6060	6.0701	0.3536
1-3	1.6108	6.0881	0.3515
1-4	1.8024	6.8124	0.2808
1-5	1.6003	6.0486	0.3562
1-6	1.5993	6.0446	0.3566
1-7	1.9456	7.3538	0.2409
1-8	1.5995	6.0455	0.3565
1-9	1.6023	6.0561	0.3553
1-10	1.8421	6.9625	0.2688
1-11	1.6009	6.0507	0.3559
1-12	1.6010	6.0512	0.3558
1-13	1.9367	7.3201	0.2432
1-14	1.5998	6.0466	0.3564
1-15	1.6045	6.0644	0.3543
1-16	1.6803	6.3511	0.3230
1-17	1.6011	6.0517	0.3558
1-18	1.5979	6.0394	0.3572
1-19	1.6122	6.0936	0.3509
1-20	1.5980	6.0397	0.3572
1-21	1.5994	6.0452	0.3565

<i>i-j</i>	MDB _{<i>i</i>} (mm)	C_i^θ	r_i^θ
1-22	1.6080	6.0778	0.3527
1-23	1.5980	6.0398	0.3572
1-24	1.5987	6.0425	0.3569

Table 4. External reliability for multiple outliers (mm).

<i>i</i>	1-2	1-3	1-4		1-24
Δx_1	0.5334	0.5438	0.9182	...	0.5341
Δy_1	0.8620	0.1339	0.1105	...	0.1227
Δz_1	0.0446	0.4580	0.0401	...	0.4413
Δx_2	0.5647	0.5667	0.5708	...	0.5646
Δy_2	1.0472	0.3910	0.2990	...	0.3037
Δz_2	0.2830	1.2356	0.2391	...	0.4669
Δx_3	0.0925	0.0909	0.1915	...	0.0906
Δy_3	0.1810	0.0875	0.0534	...	0.0369
Δz_3	0.0608	0.1985	0.0606	...	0.5393
Δx_4	0.0964	0.0950	0.3921	...	0.1154
Δy_4	0.1692	0.0238	0.0205	...	0.1295
Δz_4	0.0249	0.0934	0.0234	...	0.9674

Internal and external reliability measures for three outliers ($\theta = 3$) are given in Tables 5 and 6 respectively. Since there are 24 observations in the network, there are $\theta \left(\frac{n}{\theta} \right) = 3 \left(\frac{24}{3} \right) = 6072$ internal reliability results and $\left(\frac{n}{\theta} \right) = \left(\frac{24}{3} \right) = 2024$ external reliability vectors.

Table 5. Internal reliability for multiple outliers.

<i>i-j</i>	MDB _{<i>i</i>} (mm)	C_i^θ	r_i^θ
1-2-3	1.6508	6.2395	0.3347
1-2-4	1.8089	6.8369	0.2788
1-2-5	1.6061	6.0705	0.3536
1-2-6	1.6101	6.0858	0.3518
1-2-7	1.9533	7.3830	0.2390
1-2-8	1.6061	6.0705	0.3536
1-2-9	1.6154	6.1056	0.3495
1-2-10	1.8483	6.9858	0.2670
1-2-11	1.6061	6.0705	0.3536
1-2-12	1.6150	6.1041	0.3497
1-2-13	1.9446	7.3499	0.2412
1-2-14	1.6061	6.0705	0.3536
1-2-15	1.6217	6.1294	0.3468

$i-j$	$\text{MDB}_i \text{ (mm)}$	C_i^θ	r_i^θ
1-2-16	1.6864	6.3738	0.3207
1-2-17	1.6069	6.0736	0.3532
1-2-18	1.6067	6.0728	0.3533
1-2-19	1.6208	6.1262	0.3472
1-2-20	1.6065	6.0719	0.3534
1-2-21	1.6081	6.0779	0.3527
1-2-22	1.6167	6.1104	0.3490
1-2-23	1.6064	6.0718	0.3534
1-2-24	1.6072	6.0746	0.3531

Table 6: External reliability for multiple outliers (mm).

i	1-2-3	1-2-4	1-3-4		1-2-24
Δx_1	0.5460	0.9188	0.9253	...	0.5347
Δy_1	1.0301	0.8620	0.1339	...	0.8620
Δz_1	0.5949	0.0456	0.4582	...	0.4413
Δx_2	0.5673	0.5709	0.5730	...	0.5647
Δy_2	1.5137	1.0475	0.3912	...	1.0530
Δz_2	1.4421	0.2832	1.2357	...	0.4846
Δx_3	0.0926	0.1922	0.1916	...	0.0925
Δy_3	0.3022	0.1869	0.0981	...	0.1839
Δz_3	0.2608	0.0633	0.1991	...	0.5414
Δx_4	0.0993	0.3928	0.3922	...	0.1174
Δy_4	0.2330	0.1706	0.0311	...	0.2076
Δz_4	0.1389	0.0336	0.0963	...	0.9678

In order to be able to compare internal reliability measures for multiple outliers ($\theta = 2$) against single outliers, each row from Table 3 should be compared against the corresponding two rows in Table 1. For example, the row 1-2 in Table 3 should be compared against the rows 1 and 2 in Table 1, the row 1-3 in Table 3 should be compared against the rows 1 and 3 in Table 1 and so on. Similarly, for three outliers ($\theta = 3$) case, the row contains measurements 1-2-3 in Table 5 should be compared against the rows 1-2 and 1-3 in Table 3, the row contains measurements 1-2-4 in Table 5 should be compared against the rows 1-2 and 1-4 in Table 3 and so on.

Comparisons for external reliability measures for multiple outliers are done similarly meaning that each column from Table 4 should be compared against the corresponding two columns in Table 2. For example, the column 1-2 in Table 4 should be compared against the columns 1 and 2 in Table 2, the column 1-3 should be compared against the columns 1 and 3 and so on. For three outliers ($\theta = 3$) case, the column 1-2-3 in Table 6 should be compared against the columns 1-2 and 1-3 in Table 4, the column 1-2-4 should be compared against the columns 1-2 and 1-4 and so on.

As can be seen from Table 3, all of the maximum undetectable errors and the controllability numbers are greater than the single outlier values of Table 1. In addition, the reliability numbers for multiple

outliers are smaller than their single outlier counterparts. If the values in Table 5 are compared against the values in Table 3, the same pattern appears.

External reliability values are larger in Table 4 than the values for single outlier case in Table 2 and the external reliability values are larger in Table 6 ($\theta = 3$) than the values in Table 4 (for $\theta = 2$).

4 CONCLUSIONS

To ponder over the commonly used reliability measures, reliability measures for multiple outliers ought to be utilized. In this case, internal and external reliability measures are reformulated. In addition, use of these reliability measures should be accompanied to statistical tests to find out more about the ability of error detection and the effects of errors on the solutions. In this paper, a real network (GNSS network) is analyzed first time using reliability measures for multiple outliers. The results show that in the case of multiple outliers internal reliability measures i.e., maximum undetectable errors and the controllability numbers are greater than their single outlier counterparts. In addition, the reliability numbers for multiple outliers are smaller than their single outlier counterparts. In the case of multiple outliers external reliability measures are larger than the values for single outlier case.

References:

- Baarda, W. (1968). A testing procedure for use in geodetic networks. Publications on Geodesy, New Series, 2 (5). Delft, The Netherlands Geodetic Commission.
- Baselga, S. (2011). Nonexistence of Rigorous Tests for Multiple Outlier Detection in Least-Squares Adjustment. *Journal of Surveying Engineering*, 137 (3), 109–112. DOI: [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)SU.1943-5428.0000048](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)SU.1943-5428.0000048)
- Chen, Y., Wang, J. (1996). Reliability measures for correlated observations. *ZfV*, 121 (5), 211–219.
- Cross, P. A., Price, D. R. (1985). A strategy for the distinction between single and multiple gross errors in geodetic networks. *Manuscr. Geod* 10, 172–178.
- Ding, X., Coleman, R. (1996). Multiple outlier detection by evaluating redundancy contributions of observations. *Journal of Geodesy*, 70 (8), 489–498. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/bf00863621>
- Klein, I., Matsuoka, M. T., Guzzatto, M. P., de Souza, S., Veronez, M. R. (2015). On evaluation of different methods for quality control of correlated observations. *Survey Review*, 47 (340), 28–35. DOI: <http://dx.doi.org/10.1179/1752270614y.0000000089>
- Knight, N. L., Wang, J., Rizos, C. (2010). Generalized measures of reliability for multiple outliers. *Journal of Geodesy*, 84 (10), 625–635. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00190-010-0392-4>
- Kok, J. J. (1984). On data snooping and multiple outlier testing. NOAA Technical Report, NOS NGS. Rockville, Maryland, Department of Commerce.
- Pelzer, H. (1980). Some criteria for the reliability of networks. *Deutsche Geodätische Kommission, Reihe B*, No. 252. München, Germany, DKG.
- Pope, A. J. (1975). The statistics of residuals and the detection of outliers. In: *IUGG IAG XVI General Assembly*, Grenoble, France.
- Wang, J., Chen, Y. (1994). On the reliability measure of observations. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, English Edition, 42–51.
- Yetkin, M., Berber, M. (2013). Robustness analysis using the measure of external reliability for multiple outliers. *Survey Review*, 45 (330), 215–219. DOI: <http://dx.doi.org/10.1179/1752270612y.0000000026>

Berber M. M., Şanlı U. (2015). Analysis of a GNSS network using the theory of reliability for multiple outliers. *Geodetski vestnik*, 59 (3): 557–566: DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2015.03.554-563

Assist. Prof. M. Mustafa Berber, Ph.D.
California State University,
Department of Civil and Geomatics Engineering
2320 E. San Ramon Ave. M/S EE94
Fresno, CA 93740, USA
e-mail: muberber@csufresno.edu

Assoc. Prof. D. Uğur Şanlı, Ph.D.
Yildiz Technical University,
Department of Geomatics Engineering
Davutpaşa Mah./ Caddesi
34220 Esenler/Istanbul, Turkey

PREDLOG LOKALNE 2D-GEODETSKE MREŽE ZA POTREBE GRADNJE PREDORSKEGA DELA BEOGRAJSKE PODZEMNE ŽELEZNICE

PROPOSED DESIGN OF LOCAL 2D GEODETIC NETWORK FOR THE CONSTRUCTION OF THE TUNNEL PART OF THE BELGRADE METRO

Marija Savanović, Rajko Savanović, Toša Ninkov, Igor Sabados

UDK: 528.021:624.19(497.11 Beograd)
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.04
Prispelo: 1.6.2015
Sprejeto: 17.8.2015

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2015.03.564-576
PROFESSIONAL ARTICLE
Received: 1.6.2015
Accepted: 17.8.2015

IZVLEČEK

V tem delu je prikazan postopek optimizacije podzemne predorske mreže za gradnjo beogradske podzemne železnice. Pri navedenem postopku je bila uporabljena metoda predhodne ocene točnosti. Podane so teoretične osnove za matematični model predhodne analize, ki temelji na Gauß-Markovem modelu izravnave geodetskih mrež, ter za preračunavanje točnosti preboja predora. Na temelju gradbenih standardov je opravljeno preračunavanje zahtevane točnosti preboja predora kot osnovnega merila točnosti za podzemne predorske mreže. Na podlagi tehničnih parametrov za traso linije 1 beogradske podzemne železnice, ki se nanašajo na položaj osi in nivelete predora, je opredeljena oblika podzemne predorske mreže. V postopku optimizacije so analizirani različni načrti postavljanja opažev in rezultati predhodne analize za vsak načrt posebej. Glede na izbrano merilo maksimalnega prečnega pogreška preboja predora, ki znaša 4,5 centimetra, je bil nazadnje sprejet tretji načrt postavljanja opažev, s katerim je dosežen pogrešek preboja 3,5 centimetra. Sprejeti načrt postavljanja opažev obsega načrtovana merjenja horizontalnih smeri, azimutov in dolžin z vnaprej določeno natančnostjo 1" za horizontalne smeri, 3,2" za azimute in (1 mm; 1 ppm) za dolžine.

KLJUČNE BESEDE

lokalne geodetske mreže, optimizacija, Gauß-Markov model, predhodna ocena natančnosti, natančnost preboja predora

ABSTRACT

This paper presents a method of optimization of the underground network for the construction of the Belgrade metro. In the process of optimization, the method of preanalysis was used. The theoretical basis of the mathematical model of the preanalysis is given, which is based on Gauß-Markov model of geodetic networks adjustment, as well as the theoretical basis for calculating the tunnel breakthrough precision. Based on the construction standards, the calculation of the required breakthrough precision was made, as the fundamental criterion of precision for the development of the underground tunnel network. Depending on the technical parameters of the Belgrade Metro Line 1 alignment, related to the position of the axis and the longitudinal profile of the tunnel, the design of the underground tunnel network was defined. In the process of optimization, different plans of observations were analyzed, as well as the results obtained from the preanalysis for each plan individually. Based on the set criterion of maximum transverse error of the tunnel breakthrough, which is 4.5 cm, the third plan of observations was adopted as the final plan, by which the breakthrough error of 3.5 cm was achieved. The adopted plan of observations includes planned measurements of horizontal directions, azimuths, and distances, with the assumed standard deviation of 1" for horizontal directions, 3.2" for azimuths, and (1 mm; 1 ppm) for distances.

KEY WORDS

Local geodetic networks, optimization, Gauss Markov model, preanalysis, tunnel breakthrough precision

1 INTRODUCTION

Belgrade is a European metropolis in which over two million people live. Constant traffic congestions and poor infrastructure burden the city, while the existing public transportation is incapable of efficiently transporting passengers from one end of the city to another. At the same time, the suburban railway system “Beovoz” is not efficient enough due to inadequate infrastructure and outdated rolling stock. In order to improve public transportation, the decision on the metro construction has been made at the city level. On the 9th November 2012, the City Assembly adopted the Concept Study of Metro Rail Network, developed by a French company EGIS, by which the alignment of the future city metro Line 1 was defined.

A metro system is the most efficient mode of transportation in terms of energy consumption and space occupancy, in comparison to the number of passengers. Since electricity is used for its feeding, this mode of transportation is environmentally friendly because there are no pollutant emissions. Besides, efficient public transportation, such as metro, has a structuring influence on cities, i.e. it enables development of new residential areas in accordance with the increase in population. It can operate completely independently from other modes of transportation, and it is usually entirely or partially constructed in tunnels.

During the construction of complex structures, such as tunnels, geodetic surveying is inevitable. For conducting such geodetic surveying, it is necessary to develop a specific network of points, i.e. it is necessary to establish a local geodetic network (Paar, 2006). Problems that appear in the process of designing a local geodetic network are related to the network design and also choosing geodetic measurement methods in order to achieve the required precision. The objective of the designing and optimization of a local geodetic network is to make the best configuration of network points and the best plan of geodetic measurements so that the required precision is reached by having the lowest costs (Grafarend, 1974; Cross, 1985; Schmitt, 1985; Schaffrin, 1985; Kuang, 1991). Optimal design and analysis of local geodetic network are the two most important processes during its establishing (Paar, 2006). Optimal design should meet all the set up realization criteria for the geodetic network. After performing the measurements and observations in the geodetic network, collected data are processed and analyzed in order to determine the values of the unknown parameters, as well as of parameters of the network quality.

The geodetic network must be optimal in respect of geometry, precision and reliability (Seemkooei, 2001a,b). The objective is to reach the required precision of the geodetic network within certain constraints: time of measuring, available instruments and equipment, as well as financial resources. In many cases, what is needed to be achieved and what will be achieved depends on the experience of the designer of the network. After defining the network configuration and selecting measuring methods and instruments, it is possible to determine precision and reliability of the future geodetic network by using the **simulation** method of a network adjustment. If the conceived design does not fulfill the required precision criterion, development of a new design of the network is proceeded with until the required precision of the future local geodetic network is achieved by simulation.

In the design of a geodetic network, the designer tries to find the optimal solution that will meet the predefined criteria. Therefore, when it is said “well designed geodetic network”, it means it is precise, high-quality, which is described by precision and reliability (Pelzer, 1979), also homogenous, isotropic, efficient, and additionally, economically realized.

2 RESEARCH METHOD

2.1 Preanalysis of the local geodetic network

It is necessary to know the methods of preanalysis for the successful designing of a local geodetic network. Using the preanalysis, the expected positional uncertainty of the network points is determined, i.e. a weight, *a priori* determined on the basis of the predicted standard deviation, is assigned to each planned observation. Based on the results of the preanalysis, different variants of the geodetic network design can be formed through the process of optimization, using the simulation method, after which the variant that best meets the requirements is selected.

The mathematical model of the preanalysis is based on the Gauß-Markov model of adjustment of geodetic networks, which consists of a functional and a stochastic model (Kuang, 1996).

The functional model is given by the equation:

$$\mathbf{l} + \mathbf{v} = \mathbf{A}\hat{\mathbf{x}} \quad (1)$$

The stochastic model is given by the equation:

$$\mathbf{K}_{ll} = \sigma_0^2 \mathbf{Q}_{ll} = \sigma_0^2 \mathbf{P}^{-1}, \quad (2)$$

where:

$\mathbf{l}$ – vector of measured values,

$\mathbf{v}$ – residual vector,

$\mathbf{A}$ – network design matrix (coefficient matrix),

$\hat{\mathbf{x}}$ – vector of the estimated values of the unknown parameters,

$\mathbf{K}_{ll}$ – covariance matrix of measurements,

σ_0^2 – *a priori* variance of unit weight,

$\mathbf{Q}_{ll}$ – cofactor matrix of measurements,

$\mathbf{P}$ – weight matrix.

By applying the method of least squares, normal equations are formed. Solving these equations will provide the best estimates of the **unknowns** – increments of approximate values of unknown parameters (Koch, 1980; Rao, 1973; Searle, 1971):

$$\hat{\mathbf{x}} = (\mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{f} = -\mathbf{Q}_{xx} \mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{f}, \quad (3)$$

where $\mathbf{f}$ is the vector of free terms.

In the process of geodetic network designing an optimal solution, in terms of the specified quality criterion – precision, should be found. A well-designed, or precise geodetic network implies a network that satisfies the required criteria: precision and reliability. These criteria can be realized through various stages of the geodetic network establishing, and this process is called ***the optimization***.

Optimization of geodetic networks is one of the most difficult tasks for surveyors. *It takes a lot of knowledge and experience in order to establish a precise and reliable geodetic network.* Traditionally, optimization problems are classified into the following four orders of design (Grafarend, 1974):

- The zero-order design: selection of the optimal reference coordinate system,
- The first-order design: selection of the optimal geodetic network configuration and plan of measurements,
- The second-order design: selection of the type of measurements and their optimal weights,
- The third-order design: improving the quality of an existing geodetic network.

Using the zero-order design, the problem of determining the optimal coordinate system as the basis for calculating the unknowns of the geodetic network (position of points) and the optimal covariance matrix of the unknowns is solved. The optimal solution of the zero-order design is obtained by applying network adjustment using pseudo inversion, the so-called free network adjustment.

Optimization of the first- and the second-order designs can be performed using the **simulation method**. The basis of this method lies in the possibility of using the experience and knowledge of the surveyor to carry out „the empirical optimization” of geometry and precision of measurements in a geodetic network (Ninkov, 1989).

Within a simulation method, the starting points are initial criteria that relate to the quality of the geodetic network (homogeneity, isotropy, stakeout precision etc.). Those criteria should be satisfied in a model of designed network:

$$\mathbf{K}_{\mathbf{xx}PROJ} = \mathbf{K}_{\mathbf{xx}MODEL} \quad (4)$$

Besides significant professional experience a surveyor should have, for forming a model of a geodetic network, appropriate topographic and other field conditions, and access to adequate instruments are also needed. In order to obtain the most of quality criteria which designed network must satisfy, the variance-covariance matrix of the unknown parameters is used:

$$\mathbf{K}_{\mathbf{xx}} = \sigma_0^2 (\mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{A})^{-1} = \sigma_0^2 \mathbf{Q}_{\mathbf{xx}} \quad (5)$$

After forming the matrix $\mathbf{K}_{\mathbf{xx}}$, values of the set criteria are tested. If the set criteria are not met, specific changes must be made in the weight matrix $\mathbf{P}$ or design matrix $\mathbf{A}$. How big these changes will be depends on the set criteria, and the knowledge and experience of the surveyor. However, the results of the next iteration should be closer to the given criteria than the previous ones. It is necessary to repeat the simulation procedure until the equation (4) is satisfied.

Optimization of the third-order design leads to possible improvement of the existing network, and it is achieved by adding new points to the network or planning additional measurements.

2.2 Calculation of the tunnel breakthrough precision

A local geodetic network must meet the highest requirements in terms of precision and reliability, which are determined by a tolerance of a tunnel breakthrough.

Tolerance of the tunnel breakthrough Δ is (Cvetković, 1970):

$$\text{- transverse } \Delta_Q = \pm 60\sqrt{L} \text{ mm}; \quad (6)$$

$$\text{- vertical } \Delta_L = \pm 23\sqrt{L} \text{ mm}; \quad (7)$$

where L is the tunnel length, expressed in kilometers (km).

The precision of the surface and underground geodetic network is defined by the construction standard for breakthrough precision. Breakthrough precision depends on the length of the tunnel and is determined by the value σ per kilometer. It can be described by the equation (Krüger, 1985):

$$s_D = \sigma \cdot L_{[\text{km}]}, \quad (8)$$

where s_D is the standard breakthrough deviation.

The breakthrough precision is needed to be verified on the basis of the breakthrough precision error. This error is determined independently from both directions of the tunnel excavation. It is invariant with the respect to the specified datum of the network, and represented by the relative error ellipse (Figure 1), which contains information on the transverse and vertical errors of the breakthrough precision (Ninkov, 1989).

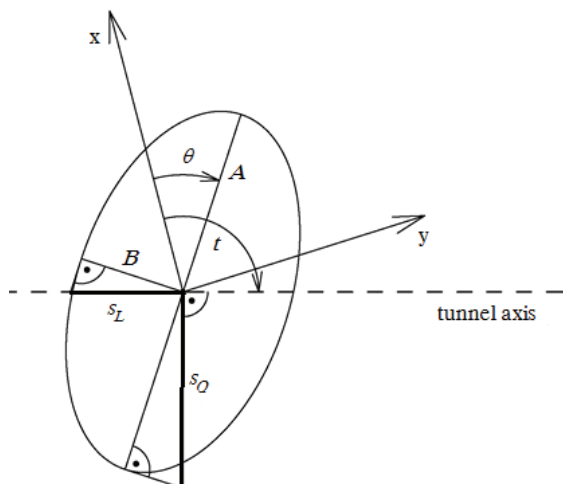


Figure 1: Relative error ellipse of the tunnel breakthrough precision.

Relative error ellipse, shown in Figure 1, is described by:

$$A = s_0 \sqrt{\lambda_1} \quad (9)$$

$$B = s_0 \sqrt{\lambda_2}$$

$$\tan 2\Theta = \frac{2q_{\Delta x \Delta y}}{q_{\Delta x \Delta x} - q_{\Delta y \Delta y}} \quad (10)$$

$$\lambda_{1,2} = \frac{1}{2} \left(q_{\Delta x \Delta x} + q_{\Delta y \Delta y} \pm \sqrt{(q_{\Delta x \Delta x} - q_{\Delta y \Delta y})^2 + 4q_{\Delta x \Delta y}^2} \right), \quad (11)$$

Through a deep tunnel, 3430 m long, the corridor passes underneath the most densely populated old part of Belgrade, which is characterized by narrow streets. There will be a maximum of four underground stations in the downtown: Varos Kapija, Akademija, Trg Republike, and Trg Nikole Pasica. The tunnel is envisaged to start in Cucuk Stanina Street and to end at the Varos Kapija station, where the metro will exit directly onto the bridge across the Sava River.

The tunnel part of the metro will be drilled by a tunnel boring machine (TBM). Since drilling will begin from two opposite ends of the tunnel, it is necessary to form the surface geodetic network. The surface network should consist of national geodetic network points and portal network points (Figure 3). Measurements in the surface network would be carried out using GNSS technology. Since it is necessary to transform the baseline results from WGS84 to the site coordinate system, at least three points from the national geodetic network, which are uniformly distributed around the designed alignment of the tunnel, should be determined in the site coordinate system. Before the tunnel excavation begins, control of the portal network should be conducted by comparing terrestrial horizontal angles with those calculated from the transformed GNSS coordinates. Also, control of every azimuth should be exercised. During the construction of the tunnel, the surface network would have to be remeasured in order to reveal possible deformation of the points.

The excavation of the tunnel will be carried out from two portals: Cucuk Stanina and Varos Kapija. Therefore, it is necessary to develop two portal networks. These two networks would be connected to the national geodetic network and would serve to connect the surface and the underground tunnel network (Figure 3).

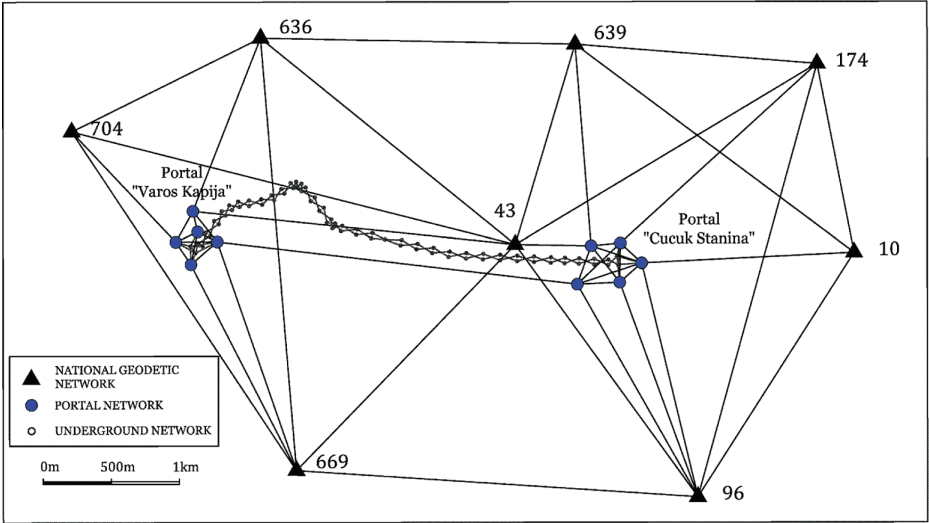


Figure 3: Schematic view of the geodetic networks.

3.2 Preanalysis of the 2D underground tunnel network

The underground network is developed for the purpose of guidance of the TBM machine and staking out the axis of the tunnel. With its configuration the precision of the tunnel breakthrough must be ensured

and other aspects of geodetic surveying, such as: connecting the surface and the underground networks (Cvetković, 1970), the precision of the initial azimuth (Zrinjski et al., 2006), reducing the impact of lateral refraction (Redovniković et al., 2011; Ingensand et al., 1998), the use of gyroscopic measurements in order to reduce the tunnel breakthrough error (Lewen, 2006) must be taken into account.

In order to obtain the optimal configuration of the network, by which the breakthrough precision of the tunnel will be achieved, the simulation of the underground network has been carried out several times, using different plans for measuring angles and lengths. In this paper, plans of observations and analysis of obtained results will be presented, as well as the adopted plan of observations, which provides for the required precision of the tunnel breakthrough. According to the equation (6), the transverse tolerance of a tunnel breakthrough for the tunnel length of $L = 3430$ m is:

$$\Delta_Q = \pm 60 \text{ mm} \sqrt{L_{[\text{km}]}} = 111 \text{ mm}$$

In practical applications, the required breakthrough precision, for 95% probability is:

$$\sigma_{RBA} = \frac{\Delta_Q}{2.447} = 4.5 \text{ cm}$$

which means that the transverse breakthrough error must not exceed 4.5 cm.

a) Preanalysis – the zero-order plan of observations

The underground network would consist of two zigzag traverses, composed of 70 points in total (Figure 4). Such a large number of points is conditioned by the shape and the longitudinal profile of the designed alignment, as well as the width of the excavation. Traverses would end at the breakthrough point BT. The breakthrough point BT is represented by two points: BT1 and BT2 (Figure 4), the coordinates of which slightly differ. For the purpose of the preanalysis, approximate coordinates of these points were determined.

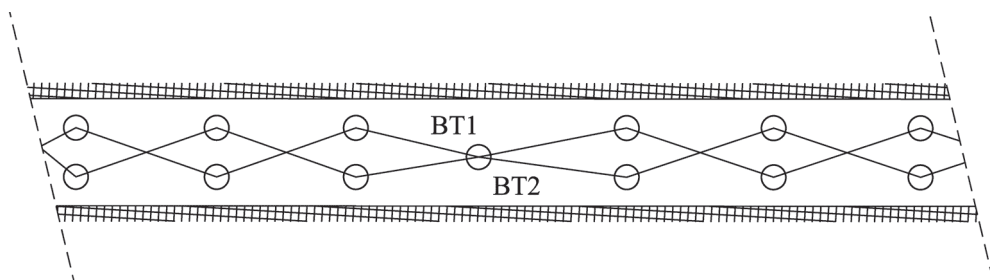


Figure 4: Design of the underground network with breakthrough point – the zero-order plan of observations.

A designer starts the preanalysis by choosing the number and type of observations for the adopted network design, that is which directions will be observed and which distances will be measured.

The assumed observation standard deviation is 1.0" for the measured directions at the station and (1 mm; 1 ppm) for measured distances. Basic information about the underground network designed for the zero-order plan of observations includes:

- The total number of points covered by the plan of observations: 83;
- Types of observations to be measured: directions and distances;
- The number of directions to be measured: 192;
- The number of distances to be measured: 98.

Observations are planned to involve adjacent diagonal points of traverses. As a result of the preanalysis, the relative error ellipse, shown in Table 1, was obtained, based on which the transverse breakthrough error was calculated according to the equation (12). The direction of the tunnel axis t is determined by the axis azimuth at the breakthrough point and its value is $131^{\circ} 37' 44''$.

Table 1: Elements of the relative error ellipse and breakthrough error – the zero-order plan.

From - To	A [cm]	B [cm]	Θ	s_{Θ} [cm]
BT1 – BT2	25.4	5.2	$40^{\circ} 30'$	25.4

Based on the results obtained from the preanalysis of the underground network for the zero-order plan of observations, it was concluded that the required criterion, according to which transverse breakthrough error must not exceed 4.5 cm, is not satisfied. Because of that, this plan of observations cannot be accepted as the final plan, that is corrections should be made and a new plan of observations should be assumed.

b) Preanalysis – the first-order plan of observations

In the first-order plan of observations, the zero-order plan of observations was expanded by adding measurements of transverse directions and distances. In addition, eight gyroscopic measurements, specifically four measurements at connection points of both portal networks, were planned. In order to nullify the influence of the lateral refraction, planned gyroscopic measurements should be performed as reciprocal measurements, i.e. azimuths should be measured at both points of same traverse line (Figure 5). The assumed observation standard deviation is $3.2''$ for the measured azimuths. The assumed observation standard deviations for the measured directions and distances remain unchanged. Basic information about the underground network designed for the first-order plan of observations includes:

- The total number of points covered by the plan of observations: 83;
- Types of observations to be measured: directions, azimuths and distances;
- The number of directions to be measured: 262;
- The number of azimuths to be measured: 8;
- The number of distances to be measured: 133.

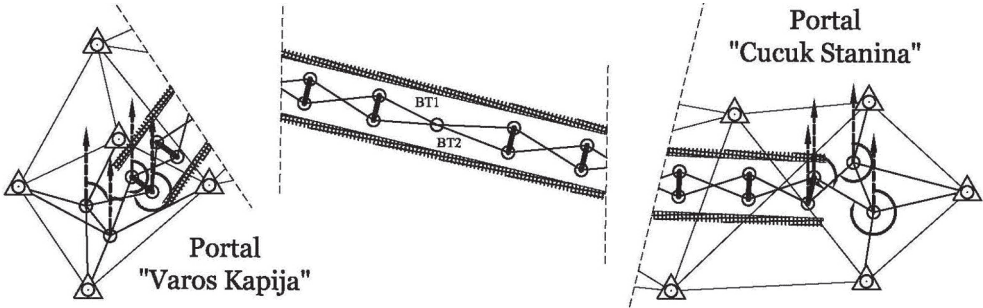


Figure 5: Design of the underground network with breakthrough point – the first-order plan of observations.

The following parameters of the relative error ellipse and breakthrough error that were obtained, as the results of the preanalysis for the first-order plan of observations, are shown in Table 2.

Table 2: Elements of the relative error ellipse and breakthrough error – the first-order plan.

From - To	A [cm]	B [cm]	Θ	s_0 [cm]
BT1 – BT2	24.5	5.0	41° 20'	24.5

Based on the results obtained from the preanalysis of the underground network for the first-order plan of observations, it was concluded that there have been no significant changes in the results of the preanalysis. As the breakthrough error still exceeds 4.5 cm, it is necessary to assume a new plan of observations.

c) Preanalysis – the second-order plan of observations

In the second-order plan of observations, the first-order plan of observations was expanded by measurements of diagonal directions and distances to every second point of both traverses (Figure 6). Beside eight reciprocal gyroscopic measurements at connection points of portal networks, eight more reciprocal gyroscopic measurements were added: four of them at two points on the same profile, in the middle of the part of the alignment from the portal “Varos Kapija” to the breakthrough point and, by the same principle, another four reciprocal measurements in the middle of the part of the alignment from the portal “Cucuk Stanina” to the breakthrough point (Figure 6). The assumed observation standard deviations were taken over from a previous plan of observations. Basic information about the underground network designed for the second-order plan of observations includes:

- The total number of points covered by the plan of observations: 83;
- Types of observations to be measured: directions, azimuths and distances;
- The number of directions to be measured: 302;
- The number of azimuths to be measured: 16;
- The number of distances to be measured: 153.

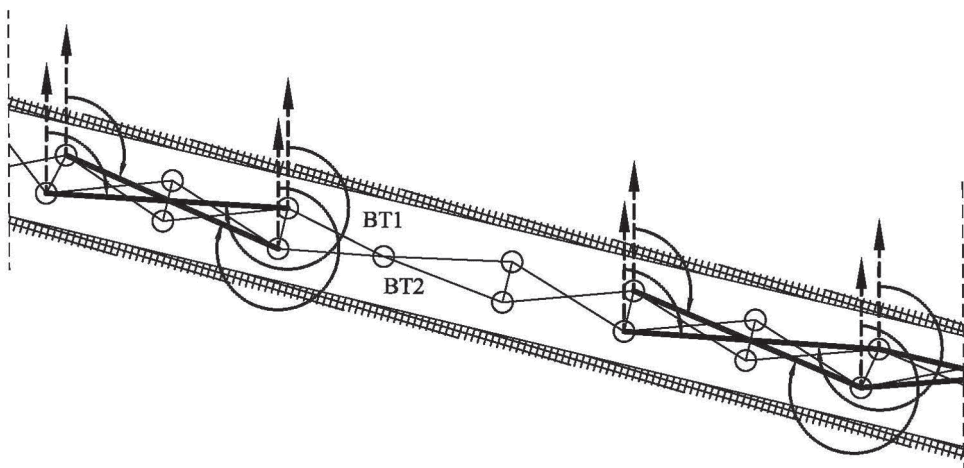


Figure 6: Design of the underground network with breakthrough point – the second-order plan of observations.

The following parameters of the relative error ellipse and breakthrough error that were obtained, as the results of the preanalysis for the second-order plan of observations, are shown in Table 3.

Table 3: Elements of the relative error ellipse and breakthrough error – the second-order plan

From - To	A [cm]	B [cm]	Θ	s_o [cm]
BT1 – BT2	12.9	3.2	54° 12'	12.9

The results obtained from the preanalysis of the underground network for the second-order plan of observations show that the breakthrough error is significantly reduced compared to the first-order plan of observations. Since it still exceeds the required criterion, it is necessary to assume a new plan of observations.

d) Preanalysis – the third-order plan of observations

In the third-order plan of observatons, the second-order plan of observatons was expanded by additional gyroscopic measurements. Beside sixteen gyroscopic measurements from the previous plan, twelve reciprocal measurements more were added:

- On the part of the alignment from the portal „Varos Kapija“ to the breakthrough point, eight additional gyroscopic measurements are planned. Azimuth measurements on this part of the alignment are planned on the points, which are placed right after every horizontal bent section, as well as right before the breakthrough point. This created a more balanced distribution of gyroscopic measurements at distances from 400 m to 500 m.
- On the part of the alignment from the portal „Cucuk Stanina“ to the breakthrough point, four gyroscopic measurements were added. On this part of the alignment, the distribution of the azimuth observations is also corrected in same way as it was done on the previous part of the alignment. The uniform distribution of these measurements was achieved, at the mutual distance of 750 m. Such a long distance between the gyroscopic measurements is allowed by predominantly rectilinear shape of this part of the alignment with only one vertical bend.

The assumed observation standard deviation is 1.0 “ for the measured directions at the station, 3.2 “ for measured azimuths and (1 mm; 1 ppm) for measured distances. Basic information about the underground network designed for the third-order plan of observations includes:

- The total number of points covered by the plan of observations: 83;
- Types of observations to be measured: directions, azimuths and distances;
- The number of directions to be measured: 302;
- The number of azimuths to be measured: 28;
- The number of distances to be measured: 153.

The assumed observation standard deviations remain unchanged compared to the previous plans of observations.

The following parameters of the relative error ellipse and breakthrough error that were obtained, as the results of the preanalysis for the third-order plan of observations, are shown in Table 4.

Table 4: Elements of the relative error ellipse and breakthrough error – the third-order plan.

From - To	A [cm]	B [cm]	Θ	s_o [cm]
BT1 – BT2	3.5	2.1	18 ° 54 ¢	3.5

By analyzing the obtained results, it is concluded that the breakthrough error of less than 4.5 cm was achieved. Because of that, the third-order plan is adopted as the final plan of observations.

4 CONCLUSION

Optimization of a breakthrough precision primarily depends on the optimization and design improvements of the tunnel underground network, which usually consists of zigzag traverses. The tunnel breakthrough error, when gyroscopic measurements are not used, depends only on geometry of the surface and the underground network, precision of conducted measurements in those networks, and the status of point coordinates of the surface network. In this paper, the surface network points are treated as known points with fixed coordinates. In every plan of observations, the assumed observation standard deviations remained unchanged. Also, the number of points in the traverses remained unchanged because of the designed alignment characterized by sharp horizontal and vertical bends. It can be seen from the results of the preanalysis that, with unchanged observation standard deviations and a constant number of points in the traverses, the increase of the number of underground network observations itself has almost an insignificant influence on the tunnel breakthrough error. But, when gyroscopic measurements are incorporated in the observation plan, the breakthrough precision is significantly increased. To undo the influence of lateral refraction, it is necessary to perform reciprocal gyroscopic measurements. Comparing the results from the preanalysis obtained for the second-order plan and the adopted plan of observations, it can be concluded that the determination of the initial orientation of the tunnel axis using gyrotheodolit is not enough, but that the gyroscopic measurements are necessary in the tunnel itself. The results of the adopted plan of observations have shown that the uniform distribution and a sufficient number of measured azimuths, in this case at every fifth or sixth point of the traverse, both also significantly contribute to achieving the required criterion.

References:

- Cross, P. A. (1985). Numerical methods in network design. In E. W. Grafarend and F. Sanso (Eds.), *Optimization and design of geodetic networks* (pp. 132–168). Berlin: Springer. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-70659-2_7
- Cvetković, C. (1970). *Primena geodezije u inženjerstvu*. Belgrade: Građevinska knjiga.
- EGIS (2012). *Studija opšteg koncepta metro sistema grada Beograda*.
- Grafarend, E. W. (1974). Optimization of geodetic networks. *Bolletino di Geodesia e Science Affini*, 33 (4), 351–406.
- Ingensand, H., Ryf, A., Stengele, R. (1998). The Gotthard Base Tunnel – a challenge for geodesy and geotechnics. In H. Kahmen, E. Brückl, T. Wunderlich (Eds.), *Proceedings of the Symposium on Geodesy for Geotechnical and Structural Engineering*, Eisenstadt, Austria, 20–22 April 1998, Zürich: Institute of Geodesy and Photogrammetry, Swiss Federal Institute of Technology.
- Koch, K. R. (1980). *Parameterschatzung und hypothesentests in linearen modellen*. Bonn: Dümmler Verlag.
- Krüger, J. (1985). Geodätische Netze in Landes- und Ingenieurvermessung II, Absteckung netze, speziell für Tunnel absteckungen, In: *Vorträge des Kontaktstudiums*, Hannover, Germany, February 1985, Stuttgart: Konrad Wittwer Verlag.
- Kuang, S. (1991). *Optimization and design of deformation monitoring schemes*. Doctoral Dissertation. New Brunswick: University of New Brunswick.
- Kuang, S. (1996). *Geodetic Network Analysis and Optimal design: Concept and Applications*. Michigan: Ann Arbor Press, Inc.
- Lewen, I. (2006). *Use of gyrotheodolite in underground control network*. Master's of Science Thesis. Stockholm: Royal Institute of Technology.
- Ninkov, T. (1989). *Optimizacija projektovanja geodetskih mreža*. Belgrade: Naučna knjiga.
- Paar, R. (2006). *Uspostava geodetske osnove za posebne namjene*. Master's of Science Thesis. Zagreb: University of Zagreb.
- Pelzer, P. H. (1979). *Some Criteria for the Accuracy and the Reliability of Networks*. IUGG (The International Union of Geodesy and Geophysics), XVII General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics. Canberra, Australia, 2–15 December 1979, Potsdam: The International Union of Geodesy and Geophysics.
- Rao, C. R. (1973). *Linear statistical inference and its application*. New York: John Wiley & Sons.
- Redovniković, L., Džapo, M., Kapović, Z. (2011). Ispitivanje utjecaja bočne refrakcije na mjerenja horizontalnih pravaca u tunelu. *Geodetski list*, 65 (3), 241–259.
- Schaffrin, B. (1985). Aspects of network design. In E. W. Grafarend and F. Sanso (Eds.), *Optimization and design of geodetic networks* (pp. 548–597). Berlin: Springer. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-70659-2_19
- Schmitt, G. (1985). A review of network designs: criteria, risk functions, design ordering. In E. W. Grafarend and F. Sanso (Eds.), *Optimization and design of geodetic networks* (pp. 6–10). Berlin: Springer. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-70659-2_2
- Searle, S. R. (1971). *Linear models*. New York: John Wiley & Sons.
- Seemkoei, A. A. (2001a). Comparison of reliability and geometrical strength criteria in geodetic networks. *Journal of Geodesy*, 75 (4), 227–233. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s001900100170>
- Seemkoei, A. A. (2001b). Strategy for designing geodetic network with high reliability and geometrical strength criteria. *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))
- Zrinjski, M., Džapo, M., Redovniković, L. (2006). *Underground Geodetic Basis of the Tunnel "Mala Kapela"*. FIG (The International Federation of Surveyors), XXIII FIG Congress: Shaping the Change, Munich, Germany, 8–13 October 2006, Copenhagen: The International Federation of Surveyors.

Savanović M., Savanović R., Ninkov T., Sabados I. (2015). Proposed design of local 2D geodetic network for the construction of the tunnel part of the Belgrade metro. *Geodetski vestnik*, 59 (3): 567–579. DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2015.03.564-576

Marija Savanovic, M.Sc.
Faculty of Technical Sciences
Trg Dositeja Obradovica 6, 21000 Novi Sad, Serbia
e-mail: marija.savanov@gmail.com

Rajko Savanovic, M.Sc.
College of Vocational Studies for Civil Engineering and Geodesy
Milana Rakica 42, 11000 Belgrade, Serbia
e-mail: rajkosavanovic@vggs.rs

Prof. Tosa Ninkov, Ph.D.
Faculty of Technical Sciences
Trg Dositeja Obradovica 6, 21000 Novi Sad, Serbia
e-mail: ninkov.tosa@gmail.com

Prof. Igor Sabados, Ph.D.
Faculty of Technical Sciences
Trg Dositeja Obradovica 6, 21000 Novi Sad, Serbia
e-mail: igorsabados@gmail.com

UPORABA PROSTORSKIH PODATKOV V VEČPREDSTAVNOSTNEM OKOLJU

USE OF SPATIAL DATA IN MULTIMEDIA ENVIRONMENT

Klemen Kozmus Trajkovski, Matevž Domajnko, Dušan Petrovič

V prispevku so opisane sodobne oblike in načini prikaza prostorskih podatkov. Razvoj računalniške tehnologije, podkrepjen z možnostmi animacij in razširitve v večpredstavnost, omogoča uporabnikom bolj privlačne in raznolike upodobitve prostorskih podatkov, ki praviloma izboljšajo celovitost njihove prostorske zaznave, povečajo učinkovitost sprejema podatkov ter s tem omogočajo sprejemanje boljših in ustrežnejših odločitev, vezanih na prostor. Na nekaterih področjih, kot so turizem, prostorsko načrtovanje in umestitev načrtovanih objektov v prostor, so sodobne večpredstavnostne karte že povsem samoumevne.

Predstavljene so oblike nekaterih splošno rabljenih zbirk prostorskih podatkov, opisane in pojasnjene so nekatere široko uporabne spletne aplikacije, ki poleg samega posredovanja prostorskih podatkov uporabnikom omogočajo lastno oblikovanje vsebine in upodobitve. Naprednejše oblike predstavitev, kot so razširjena resničnost na področju vsebine in novi mediji na področju tehnologije, so smer v nadaljnjem razvoju učinkovitosti prostorskih prikazov.

1 UVOD

Potreba po prikazovanju prostorskih podatkov na uporabniku ustrezen način izhaja že iz zelo zgodnjih obdobij človekovega razvoja in medsebojnega komuniciranja. Predvidevamo lahko celo, da je bila pri prednikih današnjega človeka znakovna prostorska komunikacija razvita pred govorno, zagotovo pa pred pisno-črkovno komunikacijo. Prvi primitivni prostorski (kartografski) prikazi so bili tako najverjetneje narejeni v tla (pesek, prst) s prstom ali palico. Značilnost takšnega prikaza je bila začasnost, nezmožnost premikanja, omejenost na en izvod in omejena možnost dopolnjevanja. Skozi zgodovinski razvoj sta uporaba različnih nosilcev ter razvoj vedno novih tehnik in postopkov izdelave kart omogočala, da so te postajale vse bolj trajne (glinene plošče, kovinske matrice, steklene in plastične plošče), prenosljive (papir) in na voljo uporabnikom v več izvodih (tisk). Šele predstavitev in uporaba prostorskih podatkov v večpredstavnostnem računalniškem okolju pa sta omogočila tudi enostavno spreminjanje prikaza prostorskih podatkov, bodisi sprotno obnavljanje vsebine, uporabnikovo izbiranje vsebine prikaza, lege in smeri pogleda ali prikaz spreminjanja stanja skozi čas.

2 PROSTORSKI PODATKI

Podatki o prostoru so danes lahko predstavljeni in uporabnikom na voljo v analogni (tiskani) ali digitalni (zaslon, projekcija) obliki, sicer pa je velika večina podatkov zapisana v digitalni obliki. Digitalni prostorski podatki so lahko zapisani v rastrski ali vektorski obliki. Vektorski zapis lahko vsebuje samo geometrijski del (lega in razsežnosti objektov), običajno pa vključuje tudi atributni del (lastnosti).

Evidence prostorskih podatkov v Sloveniji po uradni dolžnosti vodi Geodetska uprava Republike Slovenije. Te evidence so (povzeto po spletnem portalu PROSTOR, 2014):

- topografski podatki (TTN 5/10, DTK 5, DTK 25, GKB 25, DTK 50, DPK 250-1000),
- državni ortofoto,
- digitalni model višin (ločljivosti 5, 12,5, 25 in 100 m),
- zbirni kataster gospodarske javne infrastrukture (prometna, energetska, komunalna in vodna infrastruktura, drugi objekti v javni koristi),
- register prostorskih enot (osnovne prostorske enote: hišna številka, prostorski okoliš, statistični okoliš, naselje, občina, upravna enota, območje vodenja RPE, katastrska občina, država; dodatne prostorske enote: ulica, četrtna skupnost, vaška skupnost, krajevna skupnost, volišče za lokalne volitve, volišče za državnozborske volitve, volilna enota za lokalne volitve, volilni okraj za državnozborske volitve, volilna enota za državnozborske volitve, šolski okoliš),
- register zemljepisnih imen,
- evidenca državne meje,
- zemljiški kataster, kataster stavb, register nepremičnin, evidenca trga nepremičnin.

Poleg državnih podatkov, ki jih zagotavlja Geodetska uprava Republike Slovenije, lahko vsaka inštitucija zbira, vodi in vzdržuje svoje lastne podatke. Na državni ravni so to evidence rabe tal in GERK (ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano), podatki Agencije RS za okolje v Atlasu okolja (<http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/>), vojaški podatki (ministrstvo za obrambo) itn. Za združevanje različnih vrst prostorskih podatkov je pomembna njihova geometrijska, tematska (atributna) in topološka združljivost.

3 MOŽNOSTI PRIKAZA PODATKOV V DIGITALNEM OKOLJU

Podatke lahko v digitalni obliki prikazujemo na različnih napravah. Še vedno najpogosteje na zaslonu računalnika, lahko pa tudi na televizorjih večjih dimenzij ali prek projektorja na platnu. Razvoj pametnih telefonov in tablic je omogočil prikaz podatkov tudi na tovrstnih napravah. So pa ti prikazi povezani z nekaterimi omejitvami, predvsem glede zmožnosti obdelave večje količine podatkov ter seveda velikosti in preglednosti prikaza.

Prostorske podatke lahko prikažemo tako, da v ustreznem pregledovalniku odpremo eno ali več datotek z lokalnega računalnika, lahko pa so shranjeni na spletnem strežniku ter do njih dostopamo z računalnikom ali podobno napravo, ki je povezana v splet. Storitev WMS (angl. Web Map Service) je standardni protokol za pretakanje georeferenciranih kartografskih prikazov, ki se izdelajo na GIS-strežniku, nato pa se prek spleta prenesejo do uporabnika. Strežnik uporabniku posreduje zahtevano vrsto podatkov za velikost okna uporabniškega vmesnika. Posredovani podatki WMS so vedno rastrski, četudi so osnovni podatki v vektorski obliki (OGC, 2014).

3.1 Spletne karte

Na podlagi prostorskih podatkov lahko z ustreznimi aplikacijami izdelamo lastne spletne karte. Te običajno vsebujejo različne vrste prostorskih podatkov, prikazane s kartografskimi znaki, imeni in drugimi gradniki. Tudi spletne karte so lahko povsem lokalne (shranjene na posameznem računalniku) ali naložene na spletnem strežniku in dostopne vsepovsod. Lahko so statične, kar pomeni, da omogočajo samo premikanje po karti in spreminjanje stopnje povečave, večina novejših spletnih kart pa je interaktivnih. Interaktivnost pomeni možnost iskanja ali izbire vsebin prikaza, prikaz večpredstavnostnih vsebin ipd. Vanje so lahko vključene tudi animirane vsebine, na primer vremenske karte ali karte poplav.

Na spletu obstaja več portalov za prikazovanje prostorskih podatkov. Večina jih prikazuje podatke ploskovno (2D), nekateri pa tudi prostorsko (3D). Med slednjimi je najbolj znana aplikacija Google Zemlja (angl. Google Earth). Med 2D-portali je v Sloveniji najbolj znana Geopedia, svetovno pa Google Zemljevidi (angl. Google Maps). Na sliki 1 so prikazani primeri najbolj znanih prostorskih portalov.



Slika 1: Ortofoto v Geopedii (zgoraj levo), kombiniran znakovno-fotorealistični prikaz v Google Zemljevidih (zgoraj desno), perspektivni prikaz v Google Zemlji (spodaj).

3D-prikaz je izveden tako, da se ploskovna slika, to so lahko topografski podatki ali letalski oziroma satelitski posnetek, prilepi na ploskev, ki jo definira digitalni model višin. Dodane so lahko tudi druge vsebine, kot so 3D-zgradbe. Google Zemlja vsebuje globalni višinski model SRTM DEM, ki pa za večji del sveta ponuja precej slabo ločljivost. Osnovna ločljivost modela SRTM DEM je približno 90 metrov, višinski pogrešek naj bi bil manjši od 16 metrov (Rusli et al., 2014).

Na teh portalih lahko uporabnik izbira podlago. To so lahko kartografsko znakovno prikazani izbrani topografski podatki, satelitski posnetki oziroma ortofoto, prikaz reliefa s senčenjem ali tudi kombinacija naštetega (slika 1 zgoraj desno). Večina portalov sproti izpisuje koordinate izbranega položaja v državnem in/ali globalnem koordinatnem sistemu, podobno omogočajo interaktivno merjenje razdalj in azimutov.

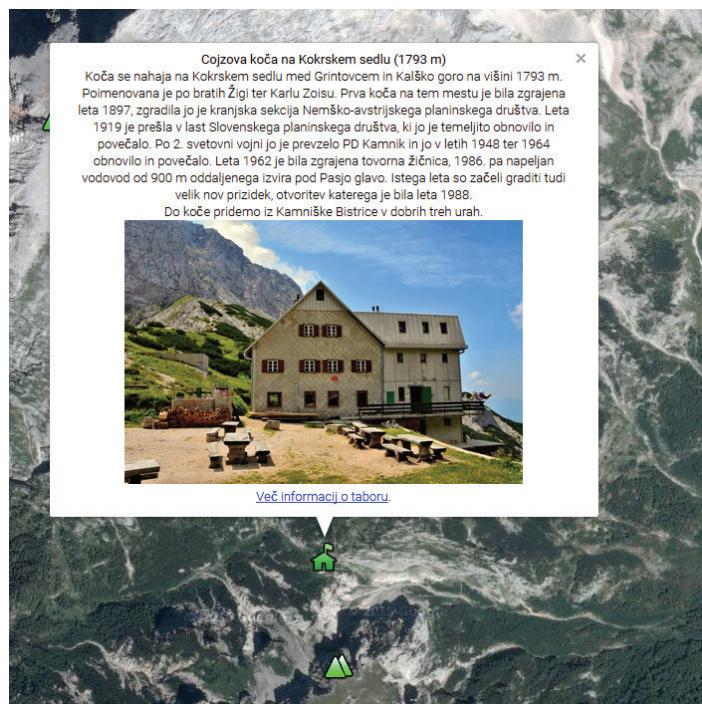
Tako Geopedia kot Google Zemljevidi omogočata uporabnikom prilagoditev prikaza. Oba portala ponujata integracijo v lastne spletne strani s tehnologijo API. Geopedia dodatno omogoča nalaganje lastnih vektorskih slojev, Google Maps API pa ponuja možnost prilagoditve osnovne karte z izbiranjem transparentnosti, barve in debeline elementov osnovne karte.

4 VEČPREDSTAVNOSTNI PRIKAZI

Z večpredstavnostjo naj bi povečali pasovno širino prenosa (prostorskih) podatkov do uporabnika: namesto nekdanje zgolj enovrstne zaznave (na primer opazovanja karte z vidom) se uporabniku omogoči hkratno ali zaporedno pridobivanje istih podatkov na različne načine, z več čutili ali v več oblikah. Večpredstavnostni prikazi tako poleg kartografskega prikaza prostorskih podatkov podajajo dodatne vsebine, kot so besedila, fotografije, videoposnetki in spletne povezave.

4.1 Interaktivne karte

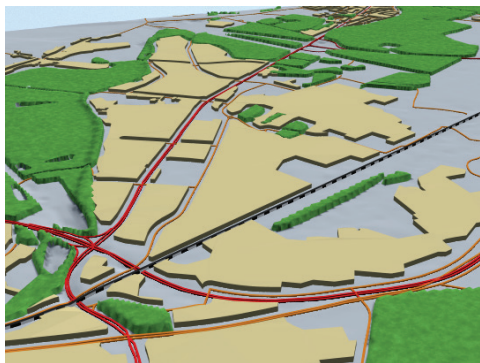
Interaktivne večpredstavnostne karte lahko preprosto izdelamo na primer v Google Maps API. Izbranim točkam priredimo oznake, ob kliku na oznako pa se v oknu izpiše besedilo, izriše slika in/ali pojavi spletna povezava. Primer je prikazan na sliki 2.



Slika 2: Primer interaktivne večpredstavnostne karte (Google Maps API).

4.2 3D-prikazi

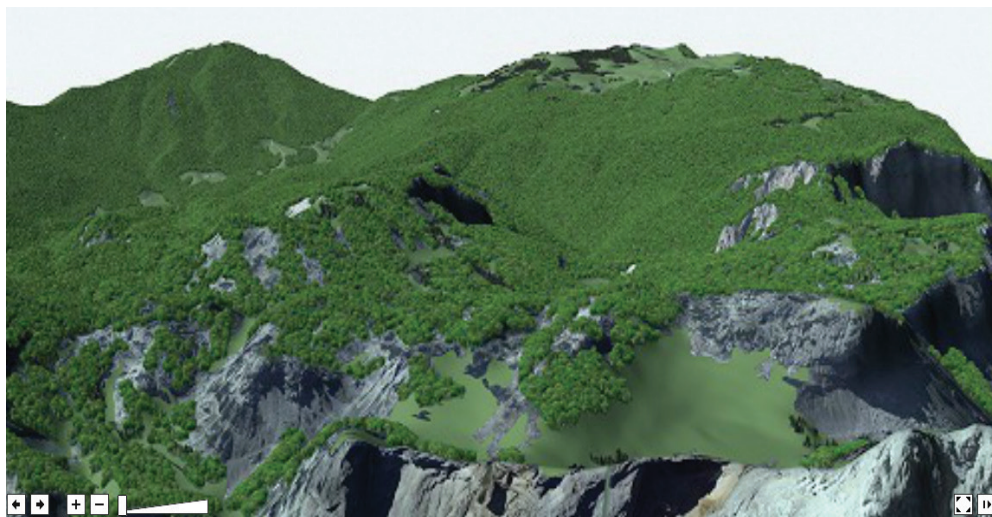
V zadnjem času so zelo razširjeni in med uporabniki vse bolj sprejeti 3D-kartografski prikazi, ki zelo učinkovito in razumljivo prikazujejo (navidezno) pokrajino. Takšne 3D-karte so lahko bolj kartografsko oblikovane (abstraktne) ali fotorealistične (oba primera sta na sliki 3). Največkrat so prilagojene za prikazovanje v digitalnem okolju, ki ponuja številne možnosti za uporabo 3D-kart (statične in interaktivne 3D-karte, animirani 3D-prikazi).



Slika 3: Kartografsko orientiran (levo) in fotorealističen 3D-kartografski prikaz (desno).

Statičnemu perspektivnemu pogledu je običajno dodana možnost premikanja po karti in izbira možnosti povečave. Uporabnost se poveča z dodano interaktivnostjo.

3D-upodobitev lahko izvedemo tudi na način navideznega kroženja okoli navidezne osi. Primer prizora takšne upodobitve je na sliki 4. Uporabnik izbere smer in hitrost vrtenja ter stopnjo približanja.



Slika 4: 3D-upodobitev s kroženjem pogleda okoli osi.

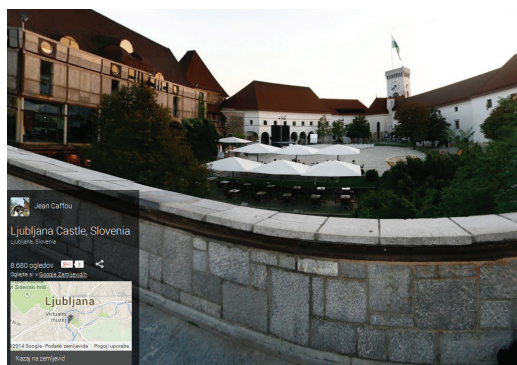
Navidezne upodobitve se pogosto uporabljajo za predogled načrtovanih posegov v prostor. Najbolj jasno predstavo o načrtovanih posegih dobi uporabnik ob ogledu preleta čez navidezno pokrajino, ki že vsebuje načrtovane objekte. Na sliki 5 je primer prikaza vetrnih elektrarn, kot bi bile postavljene po projektu.



Slika 5: Navidezna upodobitev predvidenih posegov v prostor.

4.3 Prostorske fotografije

Posebno izkušnjo ponujajo tako imenovane prostorske fotografije (nekateri, na primer Google, jih imenujejo 360-stopinjske panoramske fotografije). To so serije fotografij, ki so posnete z istega stojišča in združene tako, da ima uporabnik vtis, kot da je dejansko na tistem kraju, saj je zajet celoten pogled, od tal do zenita v vseh smereh. Z ustreznimi orodji (na primer Hugin, PTGui) jih iz običajnih fotografij lahko izdelamo sami (slika 6 levo) ali pa uporabimo aplikacijo Photo Sphere (<https://www.google.si/intl/sl/maps/about/contribute/photosphere/>) na pametnih telefonih z operacijskim sistemom Android. Prostorske fotografije lahko naložimo in si jih ogledamo v Pogledih v Google Zemljevidih (<https://www.google.com/maps/views/>), primer je na sliki 6 desno.



Slika 6: Prostorske fotografije (vir desne slike: <https://www.google.com/maps/views/>).

4.4 Ulični pogled

Podjetje Google ima na svojih prostorskih portalih možnost prikaza tako imenovanega pogleda ulic (angl. Street View). Januarja 2014 so ga vključili tudi za območje Slovenije. Zaradi varstva zasebnosti so v pogledu ulic zamegljeni obrazi mimoidočih in registrske tablice na vozilih. Opisani način omogoča navidezno vožnjo po ulicah, ki so jih posnela vozila s posebnim sistemom kamer. Primera uličnega pogleda sta na sliki 7.



Slika 7: Pogled ulic oziroma »street view« (vir: <https://www.google.com/maps/>).

4.5 Prikaz na mini zaslonih

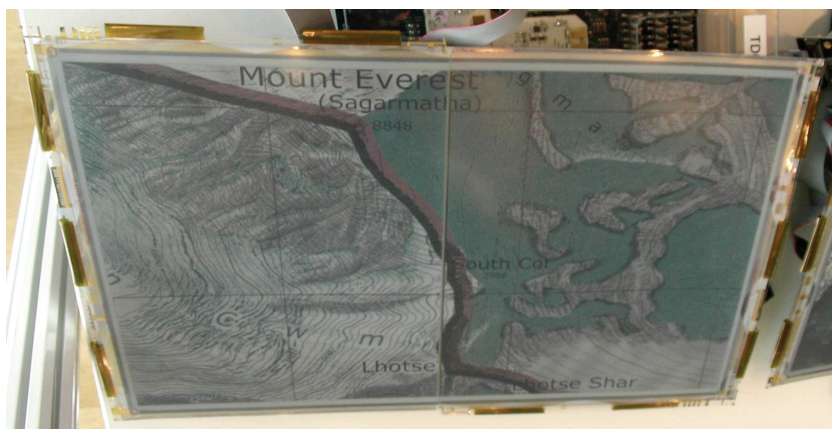
Prostorske in ostale podatke lahko projiciramo tudi na manjše zaslone, na primer tablic ali pametnih telefonov. Zasloni pa so lahko povsem majhni, na primer nekaj kvadratnih centimetrov. Takšen mini zaslon namestimo neposredno pred oko uporabnika. Tovrstno tehnologijo vojska uporablja že vrsto let, nedavno pa je takšen izdelek z imenom Glass ponudil Google (<http://www.google.com/glass/>). Na takšen mini zaslon lahko posredujemo različne informacije, na primer »nočni vid« za vojaka, navigacijska navodila, uporablja se lahko tudi kot kamera. Primera vojaške in civilne rabe sta prikazana na sliki 8.



Slika 8: Projekcija podatkov na mini zaslon pred očesom – levo: vojaško, pritrjeno na bojno čelado (vir: <https://www.elbitsystems.com/>), desno: civilno, pritrjeno na očala (vir: <http://www.google.com/glass/>).

Čeprav se pogosto dozdeva, da je razvoj dosegel točko, s katere težko najdemo pot naprej, se vedno znova izkaže, da vsaka novost spodbudi iskanje še boljše in bolj učinkovite rešitve. Tako se ob naraščanju

ponudbe spletnih portalov s prostorskimi podatki, ki ponujajo vse bolj realistične upodobitve, blizu ali povsem enake vsakdanji zaznavi človeka (Street View je za zdaj najbolj dovršen približek), navidezno izgublja dolgoletna prednost kartografskega znakovnega, abstraktnega prikazovanja objektov in pojavov na površju. V kartografski teoriji se ob tem pojavlja teza o združitvi prednosti obeh vrst prikaza, s čimer bi zagotovili prikaz izboljšane ali dopolnjene resničnosti (angl. augmented reality) kot nadgradnje povsem realnega pogleda na pokrajino z dodatki kartografskega (znakovnega) prikaza poudarjenih, načrtovanih ali nevidnih objektov in pojavov. Druga smer raziskav vodi v iskanje primernejšega medija od velikostno omejenega zaslona prenosne naprave. Raziskave digitalnega papirja (primer na sliki 9) dajejo slutiti, da bomo v kratkem prišli do nosilca, ki ima fizične lastnosti današnjega papirja, a omogoča prilagajanje vsebine in povezavo s podatki prek širokopasovnega podatkovnega prenosa.



Slika 9: Primer digitalnega papirja proizvajalca Plastic Logic GmbH.

5 SKLEP

Sodobna tehnologija ponuja veliko možnosti za prikazovanje prostorskih podatkov, ki postajajo vse bolj privlačne in dostopne uporabniku. S ponudbo pa se povečujejo tudi zahteve in pričakovanja uporabnikov. Če je predstavitev bolj podrobna, celovita in vse bližja resničnosti, uporabniki pričakujejo, da je tudi kakovostno prilagojena estetski in uporabniški izkušnji. Tu pa zaradi hitrosti spreminjanja stanja, omejitev množičnega zajema in zmogljivosti predvsem prenosnih kanalov (prostorske zmogljivosti nosilcev podatkov postajajo vse manj omejevalne) ponudniki ne morejo zagotavljati popolnih podatkov. Ponudniki, ki se trudijo za popolno kakovost, ne bi smeli pozabiti na opozorila uporabnikom, da pri vsaki uporabi preverijo in upoštevajo kakovost prostorskih podatkov glede na vsa merila: izvor, položajno točnost, tematsko pravilnost, logično povezanost, popolnost in časovno pravilnost.

Literatura in viri:

- Cartwright, W., Peterson, M. P., Gartner, G. (2007). *Multimedia Cartography*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-36651-5>
- Domajnko, M. (2014). Moč 3D-geovizualizacije. *Geodetski vestnik*, 58(2), 352–357.
- Gartner, G., Cartwright, W., Peterson, M. P. (2007). *Location Based Services and Telecartography*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-36728-4>
- Kraak, M., Ormeling, F. (2003). *Cartography, Visualization of Spatial Data*. New York: The Guilford Press.
- MacEachren, A. M., Taylor, D. R. F. (1994). *Visualization in modern cartography*. Oxford: Pergamon.
- OGC (2014). Web Map Service. <http://www.opengeospatial.org/standards/wms>, pridobljeno: 29. 10. 2014.
- PROSTOR (2014). Spletni portal Geodetske uprave RS. <http://www.e-prostor.gov.si>, pridobljeno: 15. 10. 2014.
- Rusli, N., Majid, M. R., Din, A. H. M. (2014). Google Earth's derived digital elevation model: A comparative assessment with Aster and SRTM data. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 18. DOI: <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/18/1/012065>
- Taylor, D. R. F. (2005). *Cybercartography: Theory and Practice*. Amsterdam: Elsevier.
- Spletni viri (pridobljeno oktober 2014):
- www.elbitsystems.com
- www.geopedia.si
- www.google.com/glass/
- www.google.com/maps/views/
- www.google.si/intl/sl/earth/
- www.google.si/intl/sl/maps/about/contribute/photosphere
- www.google.si/maps

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

Matevž Domajnko, univ. dipl. inž. geod
Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung IGD
Fraunhoferstraße 5, DE-64283 Darmstadt
e-naslov: matevz.domajnko@igd.fraunhofer.de

doc. dr. Dušan Petrovič, univ. dipl. inž. el.
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: dusan.petrovic@fgg.uni-lj.si

KONČAN JE PROJEKT LASERSKEGA SKENIRANJA SLOVENIJE

THE PROJECT OF LASER SCANNING OF SLOVENIA IS COMPLETED

Mihaela Triglav Čekada, Vasja Bric

1 UVOD

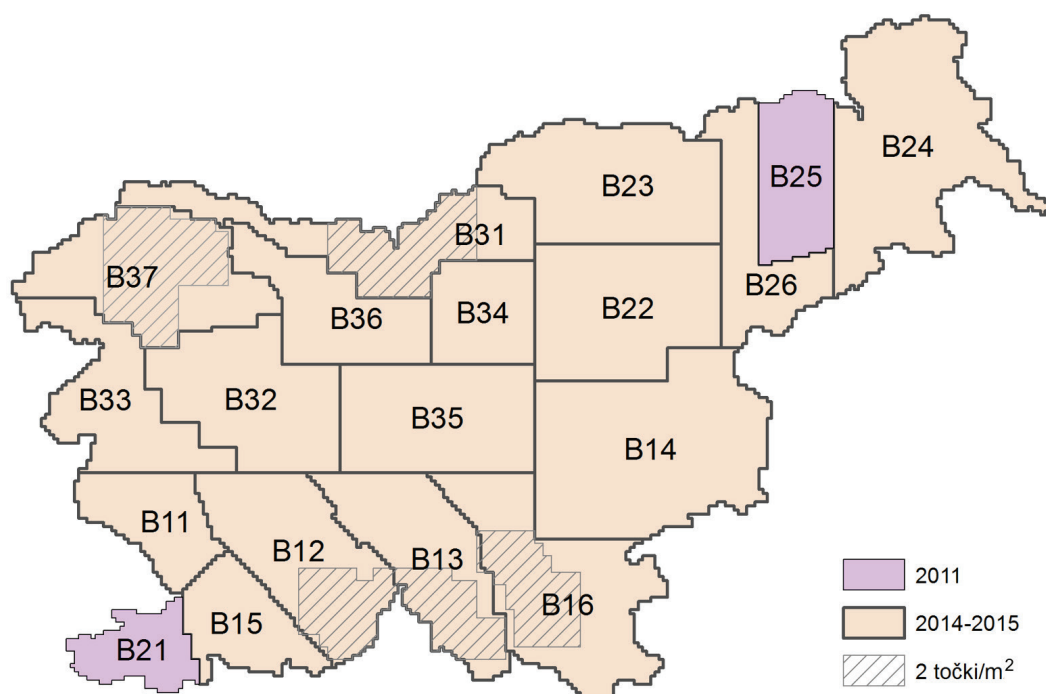
Projekt Lasersko skeniranje Slovenije (LSS), ki je bil deloma izveden v letu 2011, večinoma pa v letih 2014 in 2015, je končan. Osnovni namen je bil zagotoviti ustrezne podlage za zajem podatkov o hidrografiji in dejanski rabi (vodnih) zemljišč, ki omogočajo vzpostavitev informacijske infrastrukture za upravljanje voda. Vsebina projekta je že bila podrobno predstavljena (Pegan Žvokelj in sod., 2014), prav tako so bili predstavljeni prvi rezultati kontrol in nekatere možnosti uporabe, ki nam jih ponuja LSS (Triglav Čekada in sod., 2015). Seveda so podatki LSS uporabni še na mnogih drugih področjih, ne nazadnje bo izdelek DMR1 (1 m × 1 m) zamenjal dosedanj najpodrobnejši DMR5 (5 m × 5 m) za celotno območje države in bo uporabljen tudi pri izdelavi ortofotov v okviru projekta cikličnega aerofotografiranja Slovenije že za izdelke iz leta 2015.

V sestavku smo opisali značilnosti izdelkov in predstavili rezultate kontrol, ki so na voljo za posamezen blok v tehničnih poročilih projekta. Z oddajo zadnjih blokov v avgustu 2015 je bil projekt končan. Njegovi rezultati so brezplačno dostopni na spletnem naslovu:

http://gis.arso.gov.si/evode/profile.aspx?id=atlas_voda_Lidar@Arso.

2 OPIS IZDELKOV

Slovenija je bila razdeljena na 19 blokov (slika 1). Od teh sta bila B21 in B25 skenirana in obdelana že v letu 2011. Preostalih 17 blokov je bilo skeniranih med 14. 2. 2014 in 2. 4. 2015, hkrati se je izvajala obdelava podatkov in priprava končnih izdelkov (slika 2). Posamezen blok je skeniran v razponu od nekaj do največ enajstih mesecev. Za tako dolga obdobja je več razlogov: zaradi neugodnega vremena se je skeniranje izvajalo s časovnimi zamiki, ponekod je bilo treba odstraniti grobe napake in skeniranje ponoviti, meje nekaterih blokov smo spreminjali zaradi dinamike oddajanj (na primer del bloka je bil že skeniran, drug del še ne in je bil priključen drugemu bloku, ki se je oddajal kasneje) ali bolj zaokrožene oblike (na primer B37: visokogorje se je skeniralo poleti, ker smo v gorah želeli čim manj snežišč; bovško in bohinjsko dolino so zaradi olistanosti skenirali pozneje). Sam datum skeniranja je zapisan v posamezni skenirani liniji ter zabeležen med splošnimi informacijami posamezne LAS-datoteke, in sicer kot letnica skeniranja in julijanski dan skeniranja – zaporedni dan v letu (npr. datoteka TM_488_159.las iz bloka B23 je bila skenirana na 315. dan v letu 2014, torej 2. 12. 2014).



Slika 1: Razdelitev Slovenije na bloke laserskega skeniranja.

Izvajalec skeniranja, Flycom, d. o. o., je izvedel zajem podatkov in oddal georeferenciran oblak točk (GOT) po razrezanih skeniranih pasovih v ravninskem koordinatnem sistemu D96/TM in z elipsoidnimi višinami. Na Geodetskem inštitutu Slovenije smo pasove GOT združili in jih razrezali v datoteke za območja velikosti 1 km², transformirali elipsoidne višine v nadmorske in ustvarili standardne izdelke (slika 2):

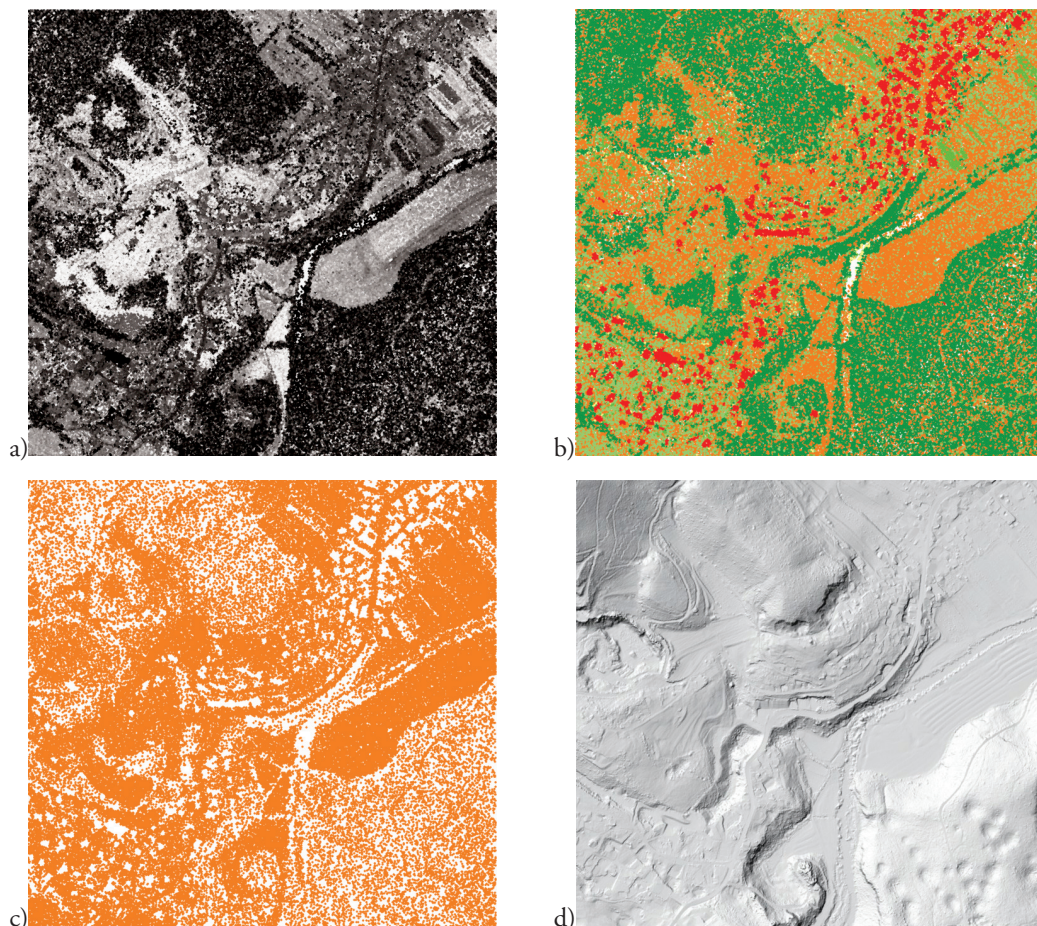
- georeferenciran in klasificiran oblak točk (GKOT), v katerem so točke klasificirane v šest razredov – tla, nizka (do 1 metra višine), srednja (med 1 in 3 metri) in visoka vegetacija (nad 3 metri višine), stavbe ter neklasificirane točke – in je shranjen v formatu LAS;
- digitalni model reliefa 1 m × 1 m (DMR1), zapisan v formatu ASCII;
- oblak točk reliefa (OTR) – samo točke tal, zapisan v formatu LAS;
- podoba analitičnega senčenja DMR1 (PAS) za območja velikosti 5 km × 5 km, zapisana v rastrskem geolociranem formatu TIF.

Izdelki so večinoma nastali v programu gLidar, ki je bil tudi že podrobneje predstavljen (Mongus in Horvat, 2015).

Vsi izdelki so zapisani v državnih ravninskih koordinatnih referenčnih sistemih D96/TM in D48/GK ter z nadmorskimi višinami. V sodelovanju s Fakulteto za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru (FERI) smo razvili program za transformacijo med starim in novim koordinatnim referenčnim sistemom ter program za transformacijo med elipsoidnimi in nadmorskimi višinami. Oba lahko kot vhodni format datotek uporabljata LAS in ASCII ter delujeta na množici datotek. Ravninska transformacija je izvedena z modelom trikotniške transformacije, različica 3.0, ki zagotavlja zveznost in povratnost transformacij na celotnem območju Slovenije (Berk in Komadina, 2010 in 2013). V višinski

transformaciji se uporablja ploskev absolutnega modela geoida Slovenije iz leta 2000 (Pribičević, 2000; Kuhar in sod., 2011), ki je bil nekoliko prirejen; vključuje tudi točke zunaj Slovenije, ki so bile določene z ekstrapolacijo. Vhodni geoid smo interpolirali z metodo bikubične interpolacije in za vsako točko izračunali geoidno ondulacijo. Razviti program za transformacijo višin nam omogoča, da bomo lahko po tvorbi novejšega, izboljššanega modela geoida spet transformirali in izboljšali višine vseh izdelkov LSS.

Pri omembi transformacij je za uporabnike pomembno poudariti, da so bili izdelki iz izvirnega koordinatnega sistema (D96/TM) v D48/GK samo transformirani in spet razrezani na območja velikosti 1 km². Zato DMR1 v D48/TM ni sestavljen iz točk s koordinatami, zaokroženimi na 1 meter, ampak so zapisane na dve decimalni mesti, torej je posamezna celica lahko nekoliko večja ali manjša od 1 m². Zaradi ponovnega razreza izdelkov v D48/GK na datoteke z velikostjo območja 1 km², ki se poimenujejo glede na koordinate levega spodnjega vogala, dobimo na mejah blokov dve datoteki z istim imenom, vsako v svojem bloku. Ne smemo ju prepisati drugo čez drugo, saj vsaka vsebuje samo del podatkov iz njenega bloka v D48/GK. Te težave v izvirnem koordinatnem sistemu D96/TM ni, saj potekajo meje blokov po črtah kilometrske mreže.

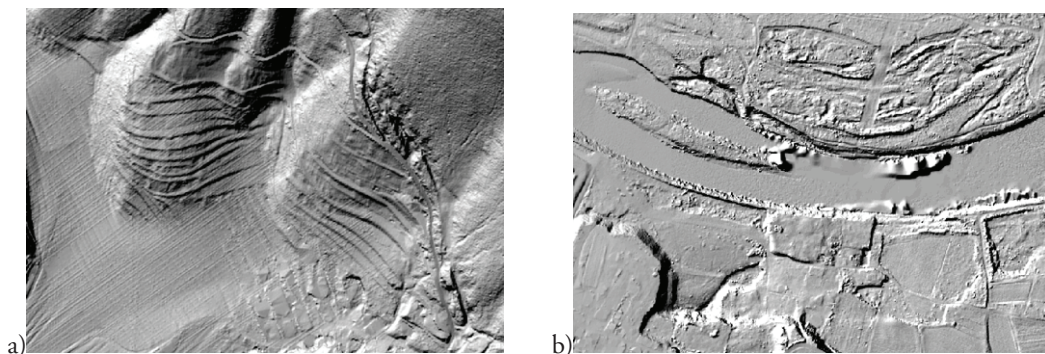


Slika 2: Izdelki za območje velikosti 1 km²: a) intenziteta laserskih odbojev GKOT, b) klasifikacija GKOT, c) OTR, d) PAS iz DMR1.

Skeniranje se je izvajalo z gostoto prvih odbojev najmanj 5 točk/m² za večino države, na območjih večjih gozdov pa z gostoto najmanj 2 točki/m² (slika 1). Načrtovana gostota 2 točki/m² je bila v visokogorju presežena in ustreza gostoti najmanj 5 točk/m². Povprečno gostoto prvih odbojev smo preverjali po posameznih blokih na celicah velikosti 10 m × 10 m (preglednica 1). Da smo blok sprejeli v obdelavo, je moralo 90 % celic v celotnem bloku presegati zgoraj navedeno gostoto (tj. 500 točk v celici 10 m × 10 m). Za območja, na katerih je bila predpisana gostota najmanj 5 točk/m², je bila dosežena 94,5-odstotna povprečna pokritost s to gostoto. Ker so celice, na katerih se je izvajala kontrola gostote, velike 10 m × 10 m, je gostota še vedno ustrezna tudi tam, kjer se skenirane linije zgoščajo in redčijo, kar se v izvedenem DMR1 odraža v obliki vzporednih linij na PAS-ih, ki jih vidimo na levi strani slike 3a. Pri takem zgoščanju skeniranih linij je lahko oddaljenost med dvema zgostitvama skeniranih linij tudi en meter ali več.

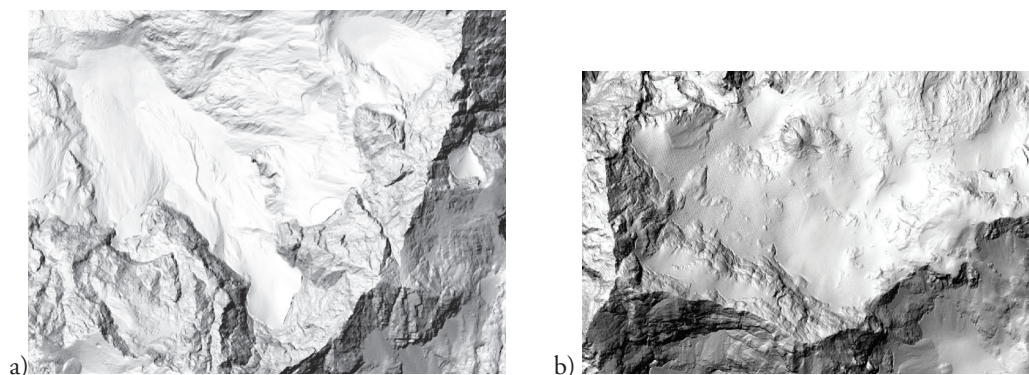
Pri sami gostoti moramo poudariti tudi pomembno značilnost laserskega skeniranja, da na vodnih površinah dobimo manj vrnjenih odbojev. Pri večjih vodnih površinah se pri interpolaciji DMR1 v tem primeru pojavijo napake, ki se odražajo v sunkovitih skokih med ploskvami vode (sliki 3b). V postopku ročnega popravljanja DMR1 jih nismo odstranjevali, saj bi pri tem lahko odstranili značilne robove in objekte (otoke, pregrade ...) v vodnih telesih.

Tukaj omenimo še, da se je skeniranje izvajalo s prej opisanimi gostotami za celotno območje Slovenije ter dodatnih 250 metrov čez državno mejo. Podatkov, ki pokrivajo območja več kot 250 metrov čez mejo, nismo brisali ali popravljali. Na njih je zato več napak, ki jih gre pripisati temu, da se pri zmanjšani gostoti odbije do tal manj točk.



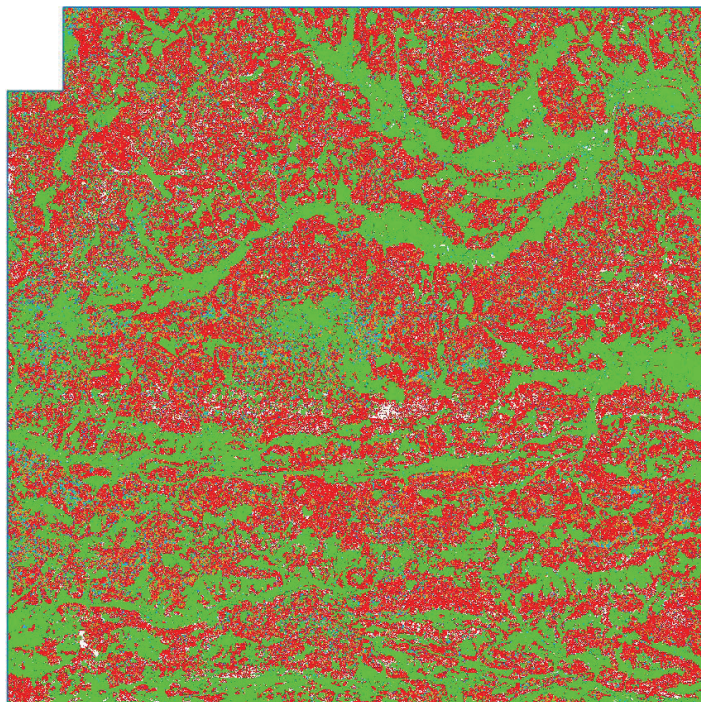
Slika 3: Primeri izsekov PAS na območju bloka B35: a) kjer se skenirane linije zgoščajo in redčijo, in b) skoki na DMR na večjih vodnih telesih.

Pri opisu glavnih značilnosti skeniranja moramo poudariti še, da so bila skeniranja večinoma izvedena, ko je bila vegetacija neolistana. Je pa žal tudi nekaj izjem, ki so bodisi posledica odpravljanja napak z vnovičnim skeniranjem delov bloka bodisi naše želje, da bi visokogorje skenirali, ko je bilo tam najmanj snega. Kljub temu je bilo zaradi deževnega in hladnega poletja v letu 2014, ko se je izvajala glavna skeniranja, v gorah še vedno veliko snega. Zato je bilo na primer veliko krnic v Kamniško-Savinjskih in Julijskih Alpah na DMR1 še vedno zasutih s snegom (slika 4).



Slika 4: a) Zasnežene krnice pod Skuto in Rinko (B31) ter b) območje Triglavskih podov (B37).

Med pomembnimi vsebinami tehničnih poročil moramo izpostaviti še skice gostot točk v OTR (glej primer B34 na sliki 5). Kot smo že omenili, so v OTR shranjene samo točke, ki so bile v postopku klasifikacije izločene kot tla, torej brez vegetacije in stavb ter neklasificiranih točk. Gostota je obarvana glede na število točk v celicah velikosti 10×10 m. Posamezni kvadrati so obarvani glede na gostoto točk tal: 0–0,5 točke/m² v rdeči, 0,5–1 točka/m² v oranžni, 1–2 točki/m² v modri in več kot 2 točki/m² v zeleni. Z belo so obarvani kvadrati brez podatkov (na primer voda, zgradbe). Na območjih gozdov večinoma dobimo gostoto točk tal do 0,5 točke/m², za odprta območja travnikov pa gostoto 2 točki/m². Pri uporabi izdelkov laserskega skeniranja za različne analize površja predvsem pod gozdom je treba to upoštevati.



Slika 5: Skica gostot OTR za blok B34 (na črno-beli sliki črna barva pomeni rdečo, siva pa zeleno).

2 REZULTATI KONTROL IZDELKOV

Za izdelke laserskega skeniranja Slovenije je predpisana višinska točnost elipsoidnih višin 15 centimetrov (RMSE), položajna pa 30 centimetrov (RMSE). Točnost višin in položaja je najprej preveril izvajalec skeniranja, potem smo jo preverili na Geodetskem inštitutu Slovenije in izvedeli še druge kontrole kakovosti vhodnih podatkov. Za kontrolo elipsoidnih višin smo uporabili 2349 kontrolnih točk ali povprečno 138 točk na blok. Oblikovanju izdelkov je sledila še tretja kontrola višinske točnosti (nadmorskih višin) in položajne točnosti samih izdelkov na tretjem neodvisnem nizu kontrolnih točk, kjer smo uporabili 1661 kontrolnih točk ali povprečno 97 točk na blok za kontrolo višin, od teh pa povprečno 55 točk na blok tudi za kontrolo ravninske točnosti. Višinska in položajna točnost na kontrolnih točkah je za vsak posamezen blok boljša od predpisane.

Poleg kontrole višinske in položajne točnosti smo preverjali še popolnost (delež najdenih stavb) in pravilnost klasifikacije stavb (delež pravih od vseh najdenih stavb) na 5-odstotnem vzorcu klasificiranih datotek GKOT iz posameznega bloka. Območja, na katerih smo izvajali kontrolo klasifikacije, so morala vsebovati približno 1/3 naselij, 1/3 gozdov ali srednje vegetacije in vsaj nekaj mostov. Povprečne vrednosti za celotno Slovenijo so: 97,6-odstotna popolnost klasifikacije stavb in 91,9-odstotna pravilnost klasifikacije stavb. Rezultati ocenjevanja popolnosti in pravilnosti se med bloki razlikujejo (preglednica 1). Na blokih B31 in B37 sta popolnost in pravilnost klasifikacije stavb slabši, saj je na teh območjih veliko zelo strmih pobočij gora, katerih vrhovi ali deli prepadnih sten se lahko samodejno klasificirajo kot stavbe. Zato smo pri obdelavi spreminjali parametre tako, da je bilo napačnih klasifikacij čim manj, pri tem pa smo lahko izgubili nekaj stavb. Popolnost in pravilnost sta znotraj zahtevanih 70 % oziroma 85 %, ki naj bi bili doseženi na podlagi laserskih ali kombiniranih laserskih in optičnih podatkov s samodejno klasifikacijo (Mayer in sod., 2006; Rottensteiner in sod., 2014).

Preglednica 1: Kontrola gostote prvih odbojev in kakovosti klasifikacije stavb po blokih.

Blok	Povprečna gostota prvih odbojev [%] kvadratov 10 m × 10 m	Popolnost klasifikacije stavb [%]	Pravilnost klasifikacije stavb [%]
B11	93,0	98,6	92,5
B15	94,2	99,4	91,3
B16	94,1 (za 5) in 94,9 (za 2)	98,5	96,0
B14	96,1	97,7	95,0
B12	91,9	99,5	86,3
B13	90,0	98,6	94,4
B24	94,9	99,4	94,8
B23	96,2	97,5	90,6
B26	94,1	98,2	95,9
B22	95,8	98,6	94,7
B34	97,3	99,0	88,5
B31	93,4	90,4	82,8
B37	93,2	95,7	89,6
B36	97,6	97,3	93,8
B32	97,3	97,8	93,4
B33	90,6	94,8	91,4
B35	97,6	98,3	94,4

3 SKLEP

Rezultati laserskega skeniranja Slovenije niso optimalni za vse aplikacije, saj so bili zajeti in izdelani predvsem za zajem podatkov hidrografije in dejanske rabe vodnih zemljišč. Zato se moramo pred njihovo uporabo poučiti o njihovih lastnostih in uporabnosti za druge namene. Priporočamo podrobno preučitev tehničnih poročil za posamezne bloke, katerih podatke nameravate uporabljati. Izpostavili smo namreč le najpomembnejše značilnosti, na katere je treba biti pri uporabi izdelkov laserskega skeniranja posebej pozoren.

ZAHVALA

Lasersko skeniranje Slovenije je bilo izvedeno v okviru projekta Zagotavljanje sistemskih podatkovnih podlag za upravljanje z vodami, ki ga je naročilo ministrstvo za okolje in prostor. Pri projektu so poleg Geodetskega inštituta Slovenije sodelovali še Flycom, d. o. o., ter Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru.

Literatura in viri:

- Berk, S., Komadina, Ž. (2010). Trikotniško zasnovana transformacija med starim in novim državnim koordinatnim sistemom Slovenije. *Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2009–2010*. Ljubljana: Založba ZRC, 291–299.
- Berk, S., Komadina, Ž. (2013). Local to ETRS89 Datum Transformation for Slovenia: Triangle-Based Transformation Using Virtual Tie Points. *Survey Review*, 45 (328), 25–34. DOI: <http://dx.doi.org/10.1179/1752270611y.0000000020>
- Kuhar, M., Berk, S., Koler, B., Medved, K., Omang, O. C. D., Solheim, D. (2011). Vloga kakovostnega višinskega sistema in geoida za izvedbo GNSS-višinomerstva. *Geodetski vestnik*, 55 (2), 226–234. <http://dx.doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2011.02.226-234>
- Mayer, H., Hinz, S., Bacher, U., Baltasivas, E. (2006). A test of automatic road extraction approaches. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 36 (Part 3), 209–214.
- Mongus, D., Horvat, D. (2015). gLidar: napredno orodje za obdelavo lidarskih podatkov. *Geodetski vestnik*, 59 (1), 153–158.
- Pegan Žvokelj, B., Bric, V., Triglav Čekada, M. (2014). Lasersko skeniranje Slovenije. *Geodetski vestnik*, 58 (2), 349–351.
- Pribečević, B. (2000). Uporaba geološko-geofizičnih in geodetskih baz podatkov za računanje ploskve geoida Republike Slovenije. Doktorska disertacija. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- Rottensteiner, F., Sohn, G., Gerke, M., Wegner, J. D., Breitkopf, U., Jung, J. (2014). Results of the ISPRS benchmark on urban object detection and 3D building reconstruction. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 93, 256–271. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2013.10.004>
- Triglav Čekada, M., Bric, V., Mongus, M. (2015). Napredne analize površja s podatki laserskega skeniranja Slovenije. *Geodetska (r)evolucija: zbornik posveta 43. Geodetskega dne*. Ljubljana in Nova Gorica: Zveza geodetov Slovenije in Primorsko geodetsko društvo.

dr. Mihaela Triglav Čekada, univ. dipl. inž. geod.
Geodetski inštitut Slovenije
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: mihaela.triglav@gis.si

mag. Vasja Bric, univ. dipl. inž. geod.
Geodetski inštitut Slovenije
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: vasja.bric@gis.si

»RAZUMEVANJE« »UNDERSTANDING« OF OCENJEVANJA VREDNOSTI REAL PROPERTY VALUATION NEPREMIČNIN V SLOVENIJI IN SLOVENIA

Dušan Mitrović

Ocenjevanje vrednosti nepremičnin so v zadnjih letih mnogokrat obravnavali politiki, mediji in posamezniki, ki so se sami predstavljali kot strokovnjaki s tega področja. Razumem, da politiki med javnim komentiranjem nekatere vsebine »prilagodijo« lastnim interesom. Nekoliko manj razumem, da mediji h komentiranju nekaterih vsebin povabijo strokovnjake brez referenc na posameznem področju. Nikakor pa ne razumem, da nekatere vsebine komentirajo strokovnjaki, ki so se sami oklicali za izvedence na tem področju.

Namen prispevka je čim bolj objektivno prikazati razvoj, stanje in težave ocenjevanja vrednosti nepremičnin v Sloveniji. V članku je na kratko predstavljen razvoj ocenjevanja vrednosti nepremičnin, kar vključuje tudi poreklo podatkov o nepremičninah, množično vrednotenje nepremičnin in obdavčenje nepremičnin. Dokler namreč geodetska uprava RS ni poskrbela za »transparentnost« podatkov in evidenc, je bilo v slovenski družbi razumljivo, da se na ocenjevanje vrednosti spoznajo za to poklicani strokovnjaki, to je cenilci nepremičnin. Ko pa so bile vzpostavljene in so postale javno dostopne evidenca o trgu nepremičnin (ETN), evidenca o nepremičninah in ocenjenih vrednostih nepremičnin na podlagi sistema množičnega vrednotenja nepremičnin (REN) ter evidenca o modelih množičnega vrednotenja nepremičnin (ZVN), se je poznavanje ocenjevanja tržnih vrednosti nepremičnin nenadoma močno razširilo tudi med »samooklicane« strokovnjake.

1 RAZVOJ TRGA NEPREMIČNIN

Pred osamosvojitvijo Slovenije in v prvih letih po njej razmere niso omogočale razvoja trga nepremičnin. Vzpostavljene so bile šele leta 1994, ko je bila izvedena privatizacija, s katero se je družbena lastnina prenesla v zasebne roke. Z Zakonom o denacionalizaciji (1991 in spremembe) in Stanovanjskim zakonom (1991 in spremembe) so se stanovalci, ki so dolga leta živeli v hišah, iz uporabnikov za 99 let tako rekoč čez noč prelevili v lastnike svojih nepremičnin (zemljišč s sestavinami). Pri stanovanjih je bilo drugače, saj jih je gradila država in so bila večinoma v družbeni lasti. Po »Jazbinškovem zakonu« so bila vsa družbena stanovanja ocenjena z administrativno metodo in ponujena v odkup dotedanjim uporabnikom. »Odkupne cene« so bile daleč od tedanjih tržnih vrednosti (od 10 % do 15 %), uporabniki so se z veseljem odzvali na tolikšno radodarnost države in odkupili skoraj vsa stanovanja. Posledice te

razprodaje še vedno čutimo, saj ne znamo razrešiti tako zelo zagonetne »stanovanjske politike« (velik delež lastniških stanovanj, neplačevanje investicijskih in tekočih stroškov, neodmerjena funkcionalna zemljišča, država gradi stanovanja na trgu, neprofitne najemnine, ki so lahko višje od tržnih, neprofitna stanovanja zasedajo državljani, ki bi lahko plačevali tržno najemnino ...).

S privatizacijo nepremičnin se je lahko začel trg nepremičnin resneje razvijati. Ponudba nepremičnin ni sledila povpraševanju. Razlog za to je bil in je do neke mere še vedno, da se v Sloveniji neradi selimo, tudi če imamo na primer službo v drugem mestu, ne želimo nepremičnine prodati in jo kupiti v kraju, kjer delamo. Drugi razlog za premajhno ponudbo je, da je bila investicijska gradnja nepremičnin za trg v devetdesetih letih še v razvoju, prve večje ponudbe investorjev (predvsem stanovanj in stanovanjskih hiš) so se na trgu pojavile konec 90. let. Podatki o transakcijskih cenah nepremičnin (dejanske cene, za katere se dogovorita kupec in prodajalec) so bili vse do leta 2005 davčna tajnost. Javno dostopni so bili le podatki o oglaševanih cenah (cena, po kateri prodajalec ponuja nepremičnino na trgu), ki pa so bile zaradi premajhne ponudbe previsoke, saj je bil ponudnik na trgu v privilegiranem položaju. Ponekod so bile višje od transakcijskih tudi za 40 %, kar smo ugotovili, ko smo primerjali oglaševane in transakcijske cene istih nepremičnin. Leta 2005 je bila v skladu z Zakonom o nepremičninskem posredovanju (2003 in spremembe) vzpostavljena skupna baza podatkov o posredovanju v prometu z nepremičninami. Podatki o pogodbenih cenah nepremičnin so se v tej evidenci vodili in vzdrževali na podlagi podatkov, ki so jih pošiljali nepremičninski posredniki, nekatere splošne podatke pa je posredovala tedanja davčna uprava RS ob odmeri davka na promet z nepremičninami. Podatki niso bili najboljše kakovosti, vendar so prvič postali javni.

Z uveljavitvijo Zakona o množičnem vrednotenju nepremičnin (2006) je geodetska uprava leta 2007 vzpostavila evidenco trga nepremičnin. Podatki o vseh doseženih cenah nepremičnin, ki so bile predmet davka na promet z nepremičninami, in nekaterih doseženih cenah nepremičnin, ki so bile predmet davka na dodano vrednost nepremičnin, so bolj kakovostni in javno dostopni vsakomur. S spremembami Zakona o množičnem vrednotenju nepremičnin v letu 2011 se je evidenca trga nepremičnin nadgradila na sistemski ravni. Evidentirajo, spremljajo in analizirajo se vsi sklenjeni kupoprodajni posli z nepremičninami (za nepremičnine, ki so predmet davka na promet z nepremičninami, podatke posreduje finančna uprava RS; za nepremičnine, ki so predmet davka na dodano vrednost, podatke posredujejo pravne osebe). Na sistemski ravni se evidentirajo vsi najemni posli s stavbami in deli stavb. Podatki o doseženih (transakcijskih) cenah nepremičnin in doseženih najemninah za nepremičnine v Sloveniji so javno dostopni, kar je pomemben pogoj za transparentnost in razvoj trga nepremičnin v Sloveniji. Menim, da smo edina država, ki tako širok nabor podatkov o trgu nepremičnin zagotavlja na spletu, brezplačno in dostopno vsakomur.

Nepremičninski trg v Sloveniji je opredeljen s ponudbenim potencialom nepremičnin, to je približno 320.000 stanovanj, 550.000 stanovanjskih hiš, 85.000 pisarniških in poslovnih enot, 30.000 industrijskih enot, 3 milijonov kmetijskih parcel in 1,5 milijona gozdnih parcel. Število nepremičnin, ki so na voljo, je odvisno od

potreb in interesa lastnikov, da jih proda. Na strani povpraševanja so ključni dejavniki povezani s potrebo po nakupu, z zmožnostjo nakupa, to je plačilno in kreditno sposobnostjo, ceno denarja na trgu ipd. Na strani povpraševanja imata ključno vlogo življenjski standard prebivalstva (stroški in prihodki) oziroma kapitalna sposobnost pravnih oseb ter sposobnost bančnega sektorja, da s posojili podpre prebivalstvo in pravne osebe. Na leto je izvedenih približno 27.000 prodaj vseh vrst nepremičnin, od tega približno 7000 stanovanj in 4000 stanovanjskih hiš. Obenem je aktivnih približno 30.000 najemnih pogodb poslovnih nepremičnin. V enem letu se tako na trgu proda približno 0,5 % stanovanj in 0,1 % stanovanjskih hiš iz celotnega fonda. Takšna aktivnost nepremičninskega trga je podpovprečna v primerjavi z bolj razvitimi tržnimi gospodarstvi, kjer se na trgu vsako leto prodaja približno 2 % nepremičninskega fonda. Razlogov je lahko več, na primer prevelik nabor stanovanjskih enot (870.000) glede na število prebivalcev, nesorazmerna porazdelitev stanovanjskih enot (nekateri imajo v lasti veliko nepremičnin, nekateri pa nobene), neustrezna stanovanjska, davčna in socialna politika ipd. Obstajajo in tudi v prihodnje bodo obstajala območja, na katerih je aktivnost trga nepremičnin zelo nizka ali je sploh ni. Zmotno je razmišljanje, da tam ni mogoče oceniti tržne vrednosti, saj je treba uporabiti tudi socialno-ekonomske podatke in simulacijske metode, ki omogočajo tržno ocenjevanje. Pri ocenjevanju je zelo pomembno upoštevati časovno prilagojene prodaje v daljšem obdobju ter tako izboljšati kakovost ocene vrednosti zaradi omejene dejavnosti nepremičninskega trga. Za takšen pristop pa je treba obdelati in analizirati večje količine podatkov oziroma zagotoviti podatke o trgu nepremičnin za daljše obdobje (bolj verodostojna napoved in bolj kakovostna ocena).

2 RAZVOJ CENILSKÉ STROKE

Ločiti je treba posamično ocenjevanje vrednosti nepremičnin od množičnega ocenjevanja vrednosti nepremičnin. Slednje se izvaja z modeli vrednotenja, ki se oblikujejo in umerijo na podlagi podatkov o trgu nepremičnin in vsebujejo le ključne vplivne elemente na vrednost nepremičnine, in ne bo nikdar nadomestilo posamičnega ocenjevanja vrednosti nepremičnin, pri katerem se najprej natančno prouči vsaka posamezna nepremičnina, in sicer z vsemi značilnostmi, ki vplivajo na končno oceno tržne vrednosti ter analizo najgospodarnejše rabe.

V mednarodnih standardih ocenjevanja vrednosti se je do leta 2011 množično vrednotenje nepremičnin (angl. *mass valuation system*) obravnavalo posebej, po tem letu pa zanj ni več posebnih standardov. Področji posamičnega ocenjevanja vrednosti nepremičnin in množičnega vrednotenja nepremičnin sta iz strokovnega vidika enaki, saj se uporabljajo enaki koncepti in metodološki strokovni pristopi, le da je množično vrednotenje bolj generalizirano in ne vključuje vseh podrobnosti, ki vplivajo na tržno vrednost nepremičnine, poleg tega je sistem zakonsko določen, saj se uporablja za davčne in druge javne namene.

2.1 POSAMIČNO OCENJEVANJE VREDNOSTI NEPREMIČNIN

Metode, način in postopke posamičnega ocenjevanja vrednosti nepremičnin ter sodobne tržne metode ocenjevanja vrednosti nepremičnin pri nas določajo mednarodni standardi ocenjevanja vrednosti (angl.

international valuation standards), s katerimi se zagotavlja strokovni okvir, na podlagi katerega lahko ocenjevalci nepremičnin ocenijo tržno vrednost nepremičnin oziroma opredelijo ceno, ki bi bila dosežena na nepremičninskem trgu. V ta namen se v splošnem uporabljajo trije načini ocenjevanja, in sicer način primerljivih prodaj (tržni način), način kapitalizacije donosnosti nepremičnine (zasnovan na donosu) in nabavnovrednostni način. Uporaba mednarodnih standardov ocenjevanja vrednosti nepremičnin v Republiki Sloveniji je bila do leta 2007 zelo omejena, ker ni bilo na voljo podatkov o doseženih cenah nepremičnin na odprtem trgu. Ocenjevanje tržnih vrednosti nepremičnin v praksi je bilo zaradi tega subjektivno. Pogoji za tržno ocenjevanje in uporabo mednarodnih standardov ocenjevanja vrednosti so transparentnost trga nepremičnin ter javna dostopnost in razpoložljivost podatkov o nepremičninskem trgu, to je podatkov o sklenjenih prodajah, doseženih najemninah nepremičnin in stroških gradnje.

Storitve posamičnega ocenjevanja vrednosti nepremičnin danes v Sloveniji uporabljajo različni naročniki za raznovrstne namene in potrebe, kot so ocena vrednosti nepremičnin ob nakupu oziroma prodaji, zavarovanja hipotekarnih in drugih posojil na nepremičninah (banke), določitev zavarovalnih premij nepremičnin ob sklepanju zavarovalnih pogodb (zavarovalnice), vodenje računovodskih vrednosti osnovnih sredstev v poslovnih knjigah (poslovni subjekti), odkup nepremičnin pri gradnji gospodarske javne infrastrukture (država, lokalne skupnosti), odločanje o nakupu nepremičnin oziroma investicijah (investitorji), ter za namene dedovanja, delitve premoženja ipd. Posamično ocenjevanje za različne namene v Sloveniji izvajajo:

- sodni izvedenci in cenilci kmetijske in gozdarske stroke ter izvedenci gradbene stroke (pristojnost: ministrstvo za pravosodje),
- pooblaščen ocenjevalci vrednosti nepremičnin (pristojnost: ministrstvo za finance, Agencija za javni nadzor nad revidiranjem, Slovenski inštitut za revizijo) ter
- združenja ocenjevalskih podjetij (nosilec: Gospodarska zbornica Slovenije).

Večina cenilcev nepremičnin iz navedenih združenj uporablja mednarodne standarde ocenjevanja vrednosti. Kljub razpoložljivosti in javni dostopnosti podatkov o trgu nepremičnin pa se v praksi pojavljajo razlike med ocenami tržne vrednosti istih nepremičnin, ki so jih podali različni cenilci. Med razlogi za to so lahko preveliko število »cenilskih« združenj, razlike v obsegu, kakovosti in zahtevnosti izobraževanja oziroma pridobitve licenc za izvajanje ocenjevanja vrednosti, dvojna pristojnost za izobraževanje in nadzor kakovosti, ki so jo delita ministrstvo za pravosodje (sodni izvedenci in cenilci gradbene, kmetijske in gozdarske stroke) in ministrstvo za finance (pooblaščen ocenjevalci vrednosti nepremičnin), ohlapna merila, kdo lahko pristopi k pridobitvi licence cenilca nepremičnin, ter tudi konkurenčni boj med posameznimi ocenjevalci vrednosti za pridobitev posla.

Zaradi nedorečene oziroma pomanjkljive zakonodaje in pomanjkljivega nadzora, kar ugotavlja tudi računsko sodišče v svojem Revizijskem poročilu o ocenjevanju vrednosti nepremičnin za namene odkupov pri gradnji gospodarske javne infrastrukture (2014), se med različnimi cenilskimi združenji pojavljajo strokovna in interesna trenja. Tudi mag. Torkar (izvedenec za ekonomijo – vrednotenje podjetij, cenilec za gradbeništvo, izvedenec in cenilec za stroje in opremo) v sobotni prilogi časopisa Delo (Aktualno o

ocenjevanju vrednosti nepremičnin, Delo, 18. 7. 2015) pojasnjuje strokovna trenja in neenakost pri uporabi mednarodnih standardov ocenjevanja vrednosti nepremičnin, pri čemer je ključna težava, da nekateri cenilci nepremičnin pri cenitvah še vedno uporabljajo klasične in preživete administrativne metode ocenjevanja vrednosti na podlagi stroškov gradnje. Pri tem ne upoštevajo »ekonomske zastaranosti« nepremičnin oziroma ne izvajajo tržnih in lokacijskih prilagoditev tako ocenjenih vrednosti. S tovrstno problematiko se srečujemo zlasti pri prodaji industrijskih objektov in nepremičnin na tržno neaktivnih območjih, kjer se cene na trgu zelo razlikujejo od stroškovno ocenjenih in tržno neprilagojenih cenitev nepremičnin.

Ocenjevanje vrednosti nepremičnin je večdisciplinarna stroka, za katero v Sloveniji ne obstaja »sistemsko« izobraževanje niti na dodiplomskem in podiplomskem kot tudi ne na specialističnem študiju. Zakonsko pristojnost glede obveznih vsebin izobraževanj, licenciranja in nadzora kakovosti na tem področju si delijo ministrstvo za pravosodje za potrebe sodnih postopkov (sodni izvedenci) ter ministrstvo za finance in Slovenski inštitut za revizijo za potrebe računovodstva (pooblaščenec ocenjevalci vrednosti nepremičnin). Področje posamičnega ocenjevanja vrednosti nepremičnin je pri nas zakonsko in vsebinsko neurejeno. Posledice tega so vidne na sodiščih (tožbe zaradi cenitev, tožbe proti cenilec), v bankah (prevrednotenja nepremičninskih portfeljev in dokapitalizacije bank), v bilancah (prilaganje vrednosti osnovnih sredstev glede na poslovni izid), v postopkih odkupov pri gradnji gospodarske javne infrastrukture (prevrednotenja in oškodovanje javnih financ, neenakost ocenjevanja nepremičnin) ipd.

2.2 MEDNARODNI VIDIK MNOŽIČNEGA OCENJEVANJA VREDNOSTI NEPREMIČNIN

Sistemi množičnega ocenjevanja vrednosti nepremičnin so se teoretično začeli razvijati konec šestdesetih let prejšnjega stoletja v najbolj tržno usmerjenem okolju, to je v ZDA. Cilj je bil, da se pri odmeri davka na nepremičnine uporabi najbolj objektivna in poštena podlaga, to je tržna vrednost, pri čemer je višina davka postala povezana s kapitalom, ki je v nepremičninah. Lastnik nepremičnine, katere vrednost na trgu je visoka, naj plača višji davek kot lastnik nepremičnine, katere vrednost na trgu je nizka. »Tržna vrednost« kot davčna osnova torej nalaga večje davčno breme bogatejšim kot revnejšim.

Z razvojem informacijske tehnologije so tako imenovani sistemi množičnega vrednotenja nepremičnin (angl. *computer assisted mass appraisal*, CAMA) dobili še večjo uporabno vrednost, predvsem zaradi učinkovitosti. Z oblikovanimi modeli, ki temeljijo na tržnih podatkih, je mogoče v povprečju dovolj kakovostno oceniti tržno vrednost nepremičnin za davčne in druge javne namene. Konec sedemdesetih let so sisteme začeli razvijati tudi v Evropi, predvsem v severnih državah, kot so Švedska, Nizozemska, Danska, Norveška in Finska. Na prehodu v tretje tisočletje so sisteme izdelali tudi v Litvi, Estoniji, Latviji in Španiji, danes pa tovrsten razvoj poteka v Turčiji, Moldaviji, Azerbajdžanu, Rusiji, Srbiji, Makedoniji ipd. Slovenija je najnovejša »članica kluba« držav z vzpostavljenimi sistemi množičnega vrednotenja nepremičnin. Poudariti velja, da je tudi v Nemčiji in Avstriji ustavno sodišče izreklo mnenje o uveljavljenem davku, in sicer meni, da sedanji davek (davki) na nepremičnine ni ustrezen, ker ni pravičen in ne temelji

na objektivnih merilih. Avstrija tako namerava v kratkem vzpostaviti sistem množičnega vrednotenja nepremičnin. Tamkajšnja stroka je v ta namen pred kratkim izdala tudi knjigo, v kateri je med dobrimi praksami na tem področju poleg Švedske in Danske navedena tudi Slovenija (Twaroch in sod., 2015).

V novejšem času se sistemi množičnega vrednotenja nepremičnin ne uporabljajo več samo za davčne namene. Napačno ravnanje poslovnih bank na področju kreditnih tveganj (prevrednotenje nepremičnin ter zavarovanje posojil fizičnim in pravnim osebam z nepremičninami), nepremičninski baloni, dokapitalizacije ipd. so zahtevali odziv EU. Ta je sprejela direktivi Basel I in Basel II, ki določata, da morajo banke pri svojem poslovanju uporabljati sistemske rešitve, kot na primer konservativne modele vrednotenja. Podobne usmeritve določa Evropska federacija EMF (angl. *European Mortgage Federation*), ki priporoča uporabo tako imenovanih modelov AVM (angl. *automated valuation models*) pri zavarovanju posojil z nepremičninami. Tudi Banka Slovenije je v svojih sklepih priporočila bankam, da uporabljajo modele množičnega vrednotenja nepremičnin za stanovanja na način njihovega prevrednotenja najmanj vsaka tri leta. Uporaba modelov množičnega vrednotenja nepremičnin se je kot podlaga razširila še na ocenjevanje vrednosti nepremičnin zaradi pogodbenega odkupa oziroma razlastitev v postopkih gradnje javne gospodarske infrastrukture, kjer je prav tako zahtevana objektivnost, uniformnost in enakost obravnavanja vseh lastnikov nepremičnin. Tovrstna priporočila dajejo tudi Organizacija združenih narodov za prehrano in kmetijstvo (FAO), mednarodna zveza geodetov FIG in Ekonomska komisija Združenih narodov za Evropo (UN ECE).

V mednarodnem okolju se sistemi množičnega vrednotenja nepremičnin uporabljajo in razvijajo že zadnjih petnajst let. Vse države stremijo k iskanju sistemskih rešitev na področju ocenjevanja vrednosti nepremičnin za davčne, poslovne in druge javne namene, pri čemer je ključno, da se nepremičnine pri ocenjevanju vedno obravnavajo po enakih in enotnih merilih, neodvisno od tega, kdo izvaja cenitev. Takšne cilje lahko zagotavljajo samo sistemske službe s sistemsko analizo in modeliranjem. Individualni ali pristranski pogledi ocenjevalca lahko povzročajo dvome in nestrinjanje.

3 REGISTER NEPREMIČNIN, MNOŽIČNO VREDNOTENJE NEPREMIČNIN IN DAVEK NA NEPREMIČNINE V SLOVENIJI

Prvo pobudo državi Sloveniji, da je treba prenoviti davek na nepremičnine (nadomestilo za uporabo stavbnih zemljišč, davek od premoženja in nadomestilo za uporabo gozdnih cest), je dala organizacija OECD (Organizacija za gospodarsko sodelovanje in razvoj) daljnega leta 1993, ko so uveljavljeni davek na nepremičnine pregledali mednarodni strokovnjaki. V poročilu OECD je bilo Sloveniji predlagano, da obstoječi sistem obdavčenja nepremičnin (predvsem izboljšanje »nadomestila za uporabo stavbnih zemljišč«) nadomesti s sodobnejšim davkom na nepremičnine, ki ustreza tržnemu gospodarstvu in temelji na tržni vrednosti nepremičnin. Med vidnejšimi predstavniki iz Slovenije je bil pri reviziji (in posvetovanju) udeležen gospod Banovec, tedanji direktor Statističnega urada RS, ki je danes član projektnega sveta vlade RS za uvedbo davka na nepremičnine. Gospod Banovec danes ni zagovornik davčnih osnov, ki

temeljijo na tržni oceni vrednosti nepremičnin, temveč se bolj nagiba k administrativnim metodam, k nekakšnemu novemu nadomestilu za uporabo stavbnih zemljišč, kar je za sodobno tržno gospodarstvo zastarel pristop. Prvi osnutek zakona o davku na nepremičnine, ki je temeljil na ocenjeni tržni vrednosti kot davčni osnovi, je bil v skladu s priporočili OECD izdelan že leta 1994. Ker trg nepremičnin takrat v Sloveniji še ni bil dovolj razvit, je bila razumna odločitev, da se s sistemom množičnega vrednotenja nepremičnin, kot edino mogočo sodobno rešitvijo za ugotavljanje tržnih vrednosti nepremičnin za davčne namene, še nekoliko počaka.

Z najemom posojila pri Svetovni banki je vlada RS lahko začela prenavljati področje evidentiranja nepremičnin in razvijati sistem množičnega vrednotenja nepremičnin za davčne namene. Projekt je potekal od leta 2000 do leta 2005. Pri razvoju sistema množičnega vrednotenja nepremičnin je imela vodilno vlogo švedska državna agencija (uprava) za geodezijo (*Lantmäteriet*), ki je vodilna institucija na tem področju v Evropi in je izvajala tovrstne projekte v več kot tridesetih državah sveta. Na Švedskem je sistem množičnega vrednotenja nepremičnin vzpostavljen od konca sedemdesetih let preteklega stoletja. V Sloveniji je bil sistem konceptualno oblikovan na podlagi usmeritev švedskih strokovnjakov ter v tesnem sodelovanju slovenskih strokovnjakov s področja nepremičnin in strokovnjakov geodetske uprave. Leta 2006 sta bila tako uveljavljena Zakon o evidentiranju nepremičnin in Zakon o množičnem vrednotenju nepremičnin.

Ključna novost v Zakonu o evidentiranju nepremičnin (2006) je bila vzpostavitev nove nepremičninske evidence, to je *registra nepremičnin*. V Sloveniji do takrat podatkov o stavbah in delih stavb, evidentiranih v katastru stavb, tako rekoč ni bilo. Ker ni bilo podatkov o stavbnem fondu, so se postavljala vprašanja, kako izvajati stanovanjsko politiko (kakovost, velikost, starost stanovanj, na katerih lokacijah, koliko stanovanj in kje jih potrebujemo), kako izvajati zemljiško politiko (koliko in katere parcele so pozidane, kako in na katera območja širiti stavbna zemljišča, koliko je potenciala), kako izvajati davčno politiko (nadomestilo za uporabo stavbnih zemljišč je zastarel pristop, uvesti je treba nov, sodoben davek na nepremičnine s čim manj izjemami, toda kako obdavčiti nepremičnino v prometu, če ne vemo, ali obstaja, kako spodbujati dejavnosti trga nepremičnin), kako izvajati socialno politiko (ali socialno pomoč dobivajo tudi državljani, ki imajo v lasti vredne nepremičnine, a so dohodkovno šibki?) ipd. Takrat je izredno podporo za vzpostavitev registra nepremičnin zagotavljal tudi Statistični urad RS, ki je želel popis prebivalstva izvajati na »registrski način«, kar danes tudi deluje. Dva registrska popisa prebivalstva je po vzpostavitvi registra nepremičnin že izvedel (redke države v EU imajo na voljo dovolj podatkov za kaj takšnega) in pri tem prihranil vsaj pet milijonov evrov.

Da se je lahko register nepremičnin vzpostavil, je bilo nujno popisati podatke o stavbah in delih stavb. Zato je Geodetska uprava RS v letih 2007–2008 izvedla zelo obsežen in zahteven projekt. V ta namen je bilo porabljenih približno 11 milijonov evrov. Od leta 2008 geodetska uprava izvaja vzdrževanje registra nepremičnin glede na kadrovske in finančne zmožnosti. Poudariti je treba, da register nepremičnin ni bil vzpostavljen samo zaradi vrednotenja in obdavčenja, temveč tudi zaradi drugih (zgoraj navedenih) za

državo pomembnih in strateških nalog. Zato stališče, ki je bilo mnogokrat zapisano v medijih, češ da je geodetska uprava porabila ogromno denarja za popis, da bi državi omogočila obdavčitev, kaže predvsem na nepoznavanje področja.

Sedaj se kot največje težave glede kakovosti podatkov o nepremičninah v registru kažejo:

- neodmerjene ceste: v preteklosti so se odkupi za gradnjo cest sicer izvajali (včasih pa tudi ne), praviloma pa niso bile izvedene odmere cest na terenu in s tem parcelacije v zemljiškem katastru (v naravi čez parcelo poteka cesta, v zemljiškem katastru pa ni evidentirana); pogosto se tudi niso izvedle spremembe lastništva v zemljiški knjigi (lastnik parcele, na kateri v naravi poteka cesta, je še vedno fizična oseba in ne občina ali Republika Slovenija),
- neopredeljena vodna zemljišča,
- neevidentiranost javnega dobra v zemljiški knjigi in slaba dostopnost teh podatkov,
- katastrsko neurejena zemljišča oziroma parcelna struktura na pozidanih zemljiščih (gradbene parcele ali stavbam funkcionalno pripadajoča zemljišča) ter
- neopredeljenost namenske rabe zemljišč v skladu z Zakonom o prostorskem načrtovanju (samo polovica slovenskih občin je sprejela občinske prostorske načrte v skladu z Zakonom o prostorskem načrtovanju iz leta 2007, druga polovica občin pa še vedno upravlja prostor z zastarelimi prostorskimi akti).

Vse navedeno, ki se pogosto navaja med pomanjkljivostmi glede kakovosti podatkov, povzroča najbolj pereče težave pri posamičnem in množičnem ocenjevanju tržne vrednosti nepremičnin. Izpostaviti velja, da je register nepremičnin, za katerega je država skupaj s popisom stavb in delov stavb namenila 11 milijonov evrov, edina celovita evidenca nepremičnin v Sloveniji, ki je večnamensko uporabna in je prvič omogočila oceno obsega nepremičnega premoženja v Sloveniji. Je edina evidenca, ki se lahko danes uporabi za množično vrednotenje nepremičnin in davek na nepremičnine. Največji del neakovostnih podatkov v registru nepremičnin so podatki, za katere je zadolžena država in občine, torej tisti, ki davke morajo uvajati in posodabljati in jih potrebujejo (namenska raba zemljišč, vodna zemljišča, javno dobro, ne odmerjene ceste).

4 VZPOSTAVITEV SISTEMA MNOŽIČNEGA VREDNOTENJA NEPREMIČNIN V SLOVENIJI

Sistem množičnega vrednotenja nepremičnin v Republiki Sloveniji je vzpostavljen na podlagi Zakona o množičnem vrednotenju nepremičnin (2006). V letu 2007 je pri Geodetski upravi RS začel delovati urad za množično vrednotenje nepremičnin.

Izvajanje množičnega vrednotenja nepremičnin zahteva znanja s področja ekonomike nepremičnin, teorije vrednosti, teorije vrednotenja, metod ocenjevanja vrednosti nepremičnin, stroškov gradnje, kmetijske pridelave, cene in stroškov poslovne dejavnosti, modeliranja, statističnih analiz ipd. Sistemskih izobraževanj za področje množičnega vrednotenja nepremičnin ni ne v mednarodnem okolju (razen v ZDA, kjer pa so izobraževanja prilagojena tamkajšnjemu trgu nepremičnin) ne v Sloveniji. Zato je treba pridobivati znanje iz izkušenih tujih strokovnjakov na posameznih področjih in s študijem mednarodne

literature. Strokovnjaki, zaposleni na uradu za množično vrednotenje nepremičnin, smo se usposabljali v programu, ki so ga vodili švedski kolegi (od leta 2000 do leta 2010, približno 20 tedenskih šolanj), s praktičnim delom ter proučevanjem mednarodne literature in praks v državah z izkušnjami na področju množičnega vrednotenja nepremičnin.

V letu 2007 je urad vzpostavil evidenco trga nepremičnin, v letu 2010 je bilo oblikovanih 21 modelov vrednotenja za posamezne skupine nepremičnin, ki so bili zatem posredovani vsem slovenskim občinam v pregled. Večji del (75 %) občinskih pobud in predlogov je bilo upravičenih glede na predpisana merila, zato so se tudi upoštevala pri oblikovanju modelov vrednotenja nepremičnin. Konec leta 2010 so bila vsem lastnikom nepremičnin poslana obvestila o podatkih, ki se vodijo v registru nepremičnin, in o poskusno ocenjenih vrednostih nepremičnin na podlagi modelov vrednotenja. V letih 2010 in 2011 se lastniki nepremičnin niso ustrezno odzvali in niso urejali podatkov o nepremičninah, saj v bližnji prihodnosti še ni bila predvidena uvedba davka na nepremičnine. Leta 2012 je bil sistem množičnega vrednotenja uradno vzpostavljen z uredbo vlade RS, vrednosti vseh nepremičnin so bile izračunane na podlagi obstoječih podatkov in uveljavljenih modelov vrednotenja nepremičnin. Konec leta 2013, ko je bil Zakon o davku na nepremičnine obravnavan v državnem zboru, se je približno 100.000 lastnikov pritožilo na podatke, ki se vodijo v registru nepremičnin, in na ocenjene vrednosti njihovih nepremičnin. Največji delež pritožb (90 %) je bil povezan z neurejenostjo podatkov o nepremičninah v uradnih evidencah, za katere sta odgovorni država in občine (namenska raba zemljišč, vodna zemljišča, javno dobro, neodmerjene oziroma parcelno neurejene ceste), preostali del pa so bile pritožbe, povezane z vrednostjo in zagovarjanjem posebnih okoliščin, ki vplivajo na vrednost posameznih nepremičnin. V letu 2014 je bila izvedena prva indeksacija, s katero so bile vrednosti prilagojene stanju iz leta 2013 glede na dogajanje na trgu nepremičnin, v letu 2015 je bila izvedena druga indeksacija vrednosti na leto 2014. Danes vrednosti, ocenjene na podlagi sistema množičnega vrednotenja nepremičnin, odražajo stanje trga nepremičnin na dan 31. 3. 2014.

V Sloveniji je še vedno vzpostavljenih 21 modelov vrednotenja nepremičnin, ki vključujejo bistvene elemente vpliva na ceno/vrednost nepremičnin, in sicer so to:

- vrsta nepremičnine (stanovanje, hiša, poslovni prostor, kmetijsko zemljišče itd.),
- lokacija (centroid),
- neto tlorisna in uporabna površina,
- efektivna starost (izračun na podlagi leta gradnje, leta obnove fasade, leta obnove oken, leta obnove instalacij, leta obnove strehe – ključnih stroškovnih parametrov) in
- kakovost nepremičnine (število stanovanj v bloku, voda, elektrika, vrsta ogrevanja, oddaljenost od električnih daljnovodov, avtoceste in železnice ipd.).

Ocenjevanje vrednosti nepremičnin z modeli vrednotenja ne bo nikdar nadomestilo posamičnega ocenjevanja vrednosti nepremičnin, je pa lahko izjemno uporabno izhodišče za enotno (enaka merila tržnih vplivnih parametrov), uravnoteženo (med različnimi lokacijami v državi) in objektivno posamično ocenjevanje (vse nepremičnine so obravnavane po enakih standardih in merilih ocenjevanja).

Pri presojanju kakovosti sistema množičnega vrednotenja nepremičnin in modelov vrednotenja je treba ločeno obravnavati kakovost podatkov o nepremičninah in kakovost modelov vrednotenja. Na kakovost ocenjenih vrednosti nepremičnin tako vplivajo tudi lastniki nepremičnin s prijavo pravih podatkov o lastnostih svojih nepremičnin (ugotovili smo veliko »lažnih« prijav o velikosti stanovanjskih hiš, pasivnost pravih oseb pri urejanju podatkov), občine s posredovanjem pravih podatkov o namenski rabi prostora (neurejenost občinskih prostorskih planov občin je velika težava), izvajanje zakonskih nalog državnih organov (odmere cest, opredelitev vodnih zemljišč). Če so podatki o nepremičninah napačni, je napačna tudi ocenjena vrednost po modelih vrednotenja.

Sistem množičnega vrednotenja nepremičnin v Sloveniji je v mednarodnem okolju prepoznan kot eden boljših med vzpostavljenimi sistemi, kar je razumljivo, saj je nov. Zato smo v zadnjih letih sprejeli veliko delegacij iz držav, ki želijo vzpostaviti podobne sisteme, in sicer iz: Estonije, Litve, Češke, Azerbajdžana, Moldavije, Srbije, Makedonije, Republike Srbske ter Federacije Bosne in Hercegovine. Tudi Avstrija je prepoznala slovenski sistem kot primer dobre prakse in se povezala z našimi strokovnjaki. Tam je bila o sistemih množičnega vrednotenja nepremičnin izdana tudi knjiga, ki je bila v juniju 2015 predstavljena v Ljubljani. Glede dejavnosti trga nepremičnin v Sloveniji in podatkov o trgu je treba poudariti, da bistveno bolj dejavnega trga v bližnji prihodnosti ni mogoče pričakovati, zato je še toliko bolj pomembna »sistemska« naravnost pri ocenjevanju tržnih vrednosti nepremičnin, saj je število sklenjenih prodaj omejeno. Sistemi množičnega vrednotenja nepremičnin so zato za državo, kot je Slovenija, še toliko bolj pomembni.

4.1 STROŠKOVNA UČINKOVITOST SISTEMA MNOŽIČNEGA VREDNOTENJA NEPREMIČNIN V SLOVENIJI

Na uradu za množično vrednotenje nepremičnin je bilo ob vzpostavitvi zaposlenih 28 strokovnjakov, danes jih je le še 20 (odhod v zasebni sektor in zmanjševanje števila javnih uslužbencev). Urad vodi in vzdržuje sistem množičnega vrednotenja, izvaja pregled vseh sklenjenih kupoprodajnih pogodb, analizira trg nepremičnin, izdeluje polletna in letna poročila o dejavnosti trga nepremičnin, vodi in vzdržuje evidenco trga nepremičnin, evidenco modelov vrednotenja, informacijski sistem generalnega vrednotenja, algoritem izračuna vrednosti vseh nepremičnin ter ocenjuje tržno vrednost približno 6,5 milijona nepremičnin iz registra nepremičnin.

Urad vse vsebinske naloge izvaja sam. Prek sistema javnega naročanja se izdelujejo samo programske rešitve. Za vzdrževanje sistema urad v povprečju porabi nekaj manj kot 400.000 evrov na leto. Za primerjavo – na Nizozemskem sistem množičnega vrednotenja nepremičnin izvajajo občine (približno 400 občin), ki jih nadzira posebna državna agencija, v kateri je zaposlenih 30 ljudi. Letno ocenijo 8,5 milijona nepremičninskih enot. Nizozemska letno pobere približno 5 milijard evrov iz naslova različnih dajatev od nepremičnin, katerih vrednost se določi na podlagi sistema množičnega vrednotenja (davek na nepremičnine, davek za potrebe vzdrževanja sistemov zaščite pred vodo, poseben davek). Za potrebe sistema množičnega vrednotenja nepremičnin Nizozemska letno porabi 165 milijonov evrov, kratkoročni cilj je, da zmanjšajo porabo na 125 milijonov evrov.

Sistem množičnega vrednotenja nepremičnin v Sloveniji je zelo učinkovit, saj je strošek ocene vrednosti ene nepremičnine v registru nepremičnin na podlagi sistema množičnega vrednotenja nepremičnin približno 6 centov, medtem ko je na primer na Nizozemskem ta številka 30-krat višja – približno 20 evrov. V zadnjih dneh je urad za množično vrednotenje zaprosila za sodelovanje občina Varšava (Poljska), ki ima 1,7 milijona prebivalcev in v kateri za različne namene vsako leto naročijo približno 6000 cenitev (letni strošek približno 1,8 milijona evrov). Dogaja pa se, da vsak cenilec nepremičnino oceni drugače, pri čemer se pojavljajo tudi 50-odstotne razlike v cenitvah. Občina Varšava želi zato vzpostaviti občinski sistem množičnega ocenjevanja vrednosti nepremičnin na podlagi modelov vrednotenja za svoje javne namene in potrebe. Tako želijo za različne občinske dajatve in občinske javne namene enako in objektivno obravnavati vse nepremičnine na območju svoje pristojnosti.

4.2 UPORABA SISTEMA MNOŽIČNEGA VREDNOTENJA V SLOVENIJI

Sistem množičnega vrednotenja nepremičnin zagotavlja naslednje ključne izdelke:

- (i) podatke o sklenjenih kupoprodajnih in najemnih pravnih poslih z nepremičninami brezplačno prek javnega vpogleda (podatke o doseženih cenah in najemninah),
- (ii) polletna in letna poročila o dogajanju na trgu nepremičnin brezplačno v evidenci trga nepremičnin,
- (iii) modele vrednotenja brezplačno v evidenci modelov vrednotenja,
- (iv) vrednosti vseh nepremičnin brezplačno v registru nepremičnin in
- (v) metodologije ocenjevanja vrednosti nepremičnin za namene pogodbenega odkupa in pridobitve nepremičnin pri gradnji gospodarske javne infrastrukture (metode so nadgradnja sistema množičnega vrednotenja nepremičnin, dokončno so bile pripravljene januarja 2015).

Sistemske uporabnike izdelkov so:

- a) **ministrstvo za finance:** podatke o vrednosti nepremičnin uporablja pri odmeri davka na dediščine in darila (preverjanje davčne osnove pri odmeri davka na dohodek) in pri odmeri davka na promet z nepremičninami (preverjanje davčne osnove pri odmeri davka na promet z nepremičninami);
- b) **ministrstvo za delo:** podatke o vrednostih nepremičnin uporablja neposredno iz registra nepremičnin za namene presojanja upravičenosti odobritve socialne pomoči, štipendij ipd.;
- c) **statistični urad RS (SURS):** SURS mora v skladu z Eurostatovo direktivo izračunavati indeks cen nepremičnin za potrebe spremljanja rasti cen nepremičnin. Urad za množično vrednotenje nepremičnin vsakodnevno pregleduje vse sklenjene kupoprodajne pogodbe in jih kakovostno klasificira za nadaljnjo uporabo. V ta namen vsak mesec posreduje statističnemu uradu pregledane in urejene podatke o doseženih cenah nepremičnin, kar omogoča spremljanje indeksa cen nepremičnin za območje celotne Slovenije (ta indeks ni enak kot indeksi, ki jih računamo za potrebe polletnega

in letnega poročila o dogajanju na trgu nepremičnin). SURS uporablja register nepremičnin tudi za registrski popis prebivalstva, kar pomeni, da se popis ne izvaja več na terenu, temveč zanj uporabijo bazo registra nepremičnin;

- d) **Urad za makroekonomske analize (UMAR):** podobno kot SURS prejema UMAR od urada za množično vrednotenje nepremičnin mesečno pregledane podatke o doseženih cenah kupoprodajnih pogodb, kar mu omogoča spremljanje ekonomskega dogajanja v državi;
- e) **Banka Slovenije:** podobno kot SURS in UMAR mesečno prejema pregledane podatke o doseženih cenah kupoprodajnih pogodb, kar ji omogoča spremljanje dogajanja na trgu nepremičnin in nadzor nad poslovnimi bankami;
- f) **cenilci nepremičnin:** pri rednem delu (ocenjevanju vrednosti nepremičnin) uporabljajo podatke o doseženih cenah iz kupoprodajnih pogodb in evidenco modelov vrednotenja nepremičnin;
- g) **ministrstvo za okolje in prostor:** zaradi poročila računskega sodišča o neustrezni zakonski ureditvi metodologij za ocenjevanje vrednosti nepremičnin za namene pogodbenega odkupa in razlastitev nepremičnin pri gradnji gospodarske javne infrastrukture je urad za množično vrednotenje nepremičnin v letu 2013 izvedel mednarodni razpis za izdelavo metodologij. Prijavila se je le švedska agencija za geodezijo (isto podjetje kot leta 2000 pri izdelavi sistema množičnega vrednotenja nepremičnin) in v januarju 2015 so bile izdelane metodologije, ki pa so le nadgradnja modelov množičnega vrednotenja nepremičnin. Sedaj se pripravlja nov sistemski zakon, ki bo urejal opisane postopke in metodologije.

Med nesistemske, a velike uporabnike sistema lahko uvrščamo še:

- a) **poslovne banke:** poslovne banke imajo zelo neurejene evidence o svojih nepremičninskih portfeljih, prav tako zelo neakovostno in nesistematično spremljajo, kaj se dogaja z vrednostjo nepremičninskega portfelja. Uporaba modelov množičnega vrednotenja nepremičnin (kljub priporočilom Banke Slovenije in mednarodnih združenj) je zelo skromna, težava je nerazumevanje in neznanje;
- b) **sodišča:** v različnih postopkih uporabljajo ocenjene vrednosti kot orientacijske vrednosti za odločanje v sodnih postopkih;
- c) **lastnike nepremičnin, nepremičninske agencije ipd.:** podatke sistema uporabljajo ob nakupu ali prodaji nepremičnin;
- d) **protikorupcijsko komisijo, policijo:** podatke uporabljata za pridobivanje informacij o cenah in vrednostih nepremičnin, ki so bile predmet nakupa, prodaje, špekulacije osumljenih oseb.

Pred odločbo ustavnega sodišča RS leta 2014 je bil sistem v uporabi še:

- kot davčna osnova pri odmeri davka na nepremičnine večjih vrednosti in
- kot davčna osnova pri odmeri davka od dobička, ustvarjenega pri prodaji zemljišča zaradi spremembe namembnosti.

Z vzpostavitev sistema množičnega vrednotenja nepremičnin je leta 2012 Slovenija prvič imela podatek o vrednosti nepremičnin v državi. Vrednost nepremičnega premoženja je bila ocenjena na približno 140 milijard evrov. Prav tako vemo, da se je zmanjšala na približno 120 milijard evrov. Sistem uporabljajo sistemski in nesistemski uporabniki. Prostora za uporabo v javne namene je še dovolj, se pa sistem v Sloveniji ne uporablja za obdavčenje, kar je bil primarni cilj njegovega razvoja in vzpostavitve.

4.3 DAVEK NA NEPREMIČNINE

Prvi predlog zakona o davku na nepremičnine, ki bi temeljil na tržni vrednosti (in ne na administrativni davčni osnovi), je bil izdelan na podlagi priporočil OECD že daljnjega leta 1993. Potem so se vrstili različni poskusi, dokler ni bil konec leta 2013 zakon nazadnje sprejet. Njegovi rezultati so znani in so končali na ustavnem sodišču. Toda mednarodne raziskave kažejo, da so v Sloveniji dohodki preveč obdavčeni, premoženje pa je premalo obdavčeno glede na povprečje v EU ali OECD. Rešitve so jasne, zmanjšati je treba davke na dohodek in povečati davke na premoženje. Na tej podlagi je vlada RS v letu 2014 hotela povečati prihodke od davka na nepremičnine z 200 milijonov evrov na 400 milijonov evrov, obenem pa zmanjšati davke na dohodek.

Zanimivo in zaskrbljujoče je, da so ustavno presojo zahtevale predvsem stranke, ki bi morale stremeti k ureditvi tega področja ter zahtevati pravičen in transparenten sistem obdavčevanja nepremičnin ter podlago za vodenje ustrezne zemljiške politike – to so slovenske občine. Politika ne želi ali pa ni sposobna izvesti miselnega, vsebinskega in razvojnega preskoka, da bi uvedli pravičen, objektiven in sodoben davek na nepremičnine. Zaskrbljujoče je, da občine še vedno zagovarjajo »administrativne metode« določitev davčne osnove, torej hočejo obdržati ali nadgraditi nadomestilo za uporabo stavbnih zemljišč. Razlog je verjetno treba iskati v tem, da takšno stanje ustreza lokalnim politikom, ki lahko oblikujejo davke v skladu s svojimi potrebami. Takšen pristop je jasno protiustaven, saj ne zagotavlja enakosti pred zakonom vsem lastnikom nepremičnin na območju države: nekateri ne plačujejo nadomestila, lastniki nepremičnin na območjih z nižjimi tržnimi vrednostmi plačujejo višje nadomestilo, kot če bi bila uporabljena davčna osnova po tržni vrednosti, lastniki nepremičnin z višjimi tržnimi vrednostmi plačujejo nižje nadomestilo, kot če bi bila uporabljena davčna osnova po tržni vrednosti, ipd. Sedanji sistem plačevanja nadomestila za uporabo stavbnih zemljišč je poln anomalij, ki jih je treba odpraviti, če želimo zagotoviti enakost in pravičnost za vse. Tudi drugi premoženjski davki so nesistemski, neenotni, zastareli in s tem tudi nepošteni (poleg nadomestila za uporabo stavbnih zemljišč še premoženjski davek, dajatev za gozdne ceste). Vse tri navedene nepremičninske dajatve je treba nadomestiti s sodobnim davkom na nepremičnine.

Sedaj sta aktualni, čeravno odločitev še ni, dve različici, in sicer:

- ohranimo sedanje tri dajatve, pri čemer se »prenovi« in na novo zakonsko določi »nadomestilo za uporabo stavbnega zemljišča«, ali
- vse tri sedanje dajatve nadomestimo s sodobnim, na trgu nepremičnin temelječi davkom na nepremičnine.

Politična volja je v splošnem naklonjena prvi različici, stroka pa drugi. Težava pri političnem zagovarjanju prvega pristopa je, da bo tudi ta, ki je seveda korak stran od mednarodnih priporočil, trendov in zahtev sodobnega tržnega gospodarstva, zahteval precejšnja dodatna finančna sredstva, saj za tako rešitev ni na voljo ustreznih podatkov. To tudi pomeni, da se bo Slovenija odločila za sistem, ki je bil za tržna gospodarstva preživet že pred desetletji! Danes namreč ni razvite države, v kateri bi vzpostavljali davek na nepremičnine, ki bi temeljil na zastarelih »administrativnih metodah«. Neustavnost občinskih odlokov v zadnjih petnajstih letih je bila ugotovljena že nekajkrat, pa je to isto ustavno sodišče z razveljavitvijo zakona o davku na nepremičnine, spet (začasno?) uzakonilo neustavno nadomestilo za uporabo stavbnih zemljišč.

Na uradu za množično vrednotenje imamo strokovnjake za ocenjevanje tržnih vrednosti nepremičnin (»tržne metode ocenjevanja«), nimamo pa znanja za razvoj in izdelavo »administrativnih metod« pri določanju davčne osnove. Danes namreč administrativne metode izginjajo, nihče jih ne razvija in nihče jih ne želi uporabljati, saj je to v nasprotju z mednarodnimi priporočili, ki na primer že samo pri nepremičninskem davku zahtevajo objektivnost, transparentnost in pravičnost. Če se slovenska vlada odloči za »novo nadomestilo za uporabo stavbnih zemljišč«, bo treba poiskati novega »izvajalca«, ki bo razvijal te metode, jih uveljavil v praksi in seveda tudi zagovarjal. Lahko se zgodi nova ustavna presoja, saj bodo administrativne metode zaradi neenakopravne obravnave lastnikov nepremičnin na območju države privedle do novih neustavnosti.

Administrativne metode določanja davčne osnove za odmero poštenega in objektivnega davka na nepremičnine so preteklost in države jih ukinjajo, ne pa uvajajo. Edina možnost, tako mednarodno primerjalno kot tudi strokovno, je uvedba tržne vrednosti kot davčne osnove. Baze podatkov o nepremičninah, ki jih danes uporabljajo 212 slovenskih občin za odmero nadomestila za uporabo stavbnih zemljišč, so neakovostne in nepopolne. Vsaka občina po svoje določa, kaj je nepremičnina, kaj je predmet obdavčevanja, opredelitve površin so različne (te so ključne pri odmeri) in so med občinami popolnoma neprimerljive. Ti podatki so tako kljub nekaterim kritikam o kakovosti podatkov registra nepremičnin neprimerljivi s kakovostjo registra nepremičnin, ki je veliko bolj kakovostna in popolna evidenca. Ne glede na odločitev, ali se bodo uveljavile administrativne ali tržne metode, bo za izračun davčne osnove treba uporabiti podatke o nepremičninah, ki se vodijo v registru nepremičnin pri Geodetski upravi RS. Zaskrbljujoče je, da je od ustavne presoje preteklo skoraj leto in pol, odločitev pa od nikoder. Takšno stanje pelje samo še v večje anomalije, težave, politizacijo in nestrokovnost, kar je žal praksa v Sloveniji že zadnjih petnajst let.

5 RAZUMEVANJE OCENJEVANJA VREDNOSTI NEPREMIČNIN V SLOVENIJI

Vprašanje, ki se postavlja pri ocenjevanju tržne vrednosti, je, koliko je nepremičnina vredna na trgu, če bi se prodajala (če se sklene dogovor o ceni v razumnem roku, na podlagi vseh dosegljivih informacij, ki jih potrebuje kupec in prodajalec). Izvesti je treba oceno, saj se posel ni sklenil, zato odgovor ni enoznačen oziroma ni enačbe za natančen izračun vrednosti. Vsak kupec ima namreč svoj pogled na vrednost izbrane nepremičnine. Za nekoga je najpomembnejša lokacija, za drugega je pomembnejša kakovost gradnje, za

tretjega sta pomembnejši udobnost ter funkcionalnost prostorov in tako naprej. Potencialno doseženih cen je toliko, kolikor je različnih kupcev nepremičnine in prodajalcev. Ravno zaradi razlik, kako različni kupci in prodajalci razumejo »vrednost« posamezne nepremičnine, je to področje pri končni oceni »mehko« in je prepuščeno ocenjevalcu. Dejstvo pa je, da mora ocenjena vrednost nepremičnine odražati najverjetnejšo ceno, ki bi se sklenila na trgu, če bi se prodajala.

Ocenjevanje vrednosti nepremičnin je torej zelo kompleksno, zato se vprašajmo, kdo je najbolj poklican, da kakovostno oceni tržno vrednost posamezne nepremičnine (pri čemer je omejen na podatke o trgu nepremičnin). To je strokovnjak, ki mora imeti veliko teoretičnega in praktičnega znanja s področja ocenjevanja vrednosti nepremičnin kot tudi s področja prava, gradbeništva, prostorskega planiranja itd. Tak strokovnjak se mora s tem področjem ukvarjati resno in v polnem delovnem času (ne v pokoju ali okviru popoldanske obrti). Potrebuje dolgoletne izkušnje, stalno mora spremljati trg posameznih vrst nepremičnin in trende na njem. Glede na neurejenost cenilske stroke v Sloveniji se prav tako postavlja vprašanje, kdo od cenilcev je pristojen za presojanje kakovosti ocenjevanja vrednosti nepremičnin. Poleg cenilcev se v medijih kot strokovnjaki za ocenjevanje vrednosti nepremičnin pojavljajo nepremičninski agenti, pa praviloma nimajo niti osnovnega znanja s področja ocenjevanja vrednosti nepremičnin. Njihov cilj je skleniti posel in dobiti plačano storitev za transakcijo, ne pa oceniti tržno vrednost nepremičnin. Zavedati se je treba, da vrednost posamezne nepremičnine ne ustreza nujno ceni, za katero je bil sklenjen posel.

Mediji tako nemalokrat komentirajo različne cenitve nepremičnin in se postavljajo v vlogo poznavalcev tega področja. Navajajo na primer, da je Geodetska uprava RS nepremičnino ocenila s sto denarnimi enotami, na trgu pa se prodaja za dvesto denarnih enot, ter dodajajo, kako zgrešeno je množično vrednotenje nepremičnin. Pri tem pa nihče ne preveri, ali so podatki o nepremičnini, evidentirani v registru nepremičnin, napačni (lažna prijava površine ali leta gradnje, napačni podatki o zazidljivosti parcele, ki jih je posredovala občina, ipd.). Kot primer navajam stavbo Gospodarske zbornice, ko je bilo najprej javno izpostavljeno, da je vredna 15 milijonov evrov in več, geodetska uprava pa je njeno vrednost ocenila »le« na 12 milijonov evrov. Čez štiri tedne so na zbornici povedali, da ne bodo prodali nižje od ocene geodetske uprave. Glede na specifičnost stavbe, v kateri je veliko sejnih sob in predavalnic, pa verjetno dosežena cena ne bo niti tolikšna, saj takšne stavbe tako rekoč nihče ne potrebuje, morda je še najprimernejša za kakšno fakulteto.

Naletimo lahko tudi na veliko industrijskih nepremičnin, ki se prodajajo v okviru stečajnih postopkov. Zanje tako rekoč ni kupcev, saj so bile izdelane za točno določen namen – izvajanje gospodarske dejavnosti. Njihove prodajne cene bodo tako najverjetneje dosegale mnogo nižje vrednosti od tistih, ki so zapisane v bilancah podjetij v stečaju. V medijih je bilo velikokrat zaznati tudi očitke, da je geodetska uprava pre nizko ocenila vrednost nepremičnin na tržno nezanimivih lokacijah, kjer da so bili stroški gradnje podobni kot na tržno zanimivih lokacijah. Skratka, v javnosti se prevečkrat pojavljajo nestrokovna mnenja, brez poznavanja področja in problematike. Takšna sporočila povzročajo zmedo in škodo v slovenskem prostoru in ne koristijo nikomur.

Komentiranje ocenjevanja vrednosti nepremičnin v Sloveniji je precej nevhvaležno opravilo, saj je področje precej neurejeno, prav tako ni dovolj znanja in tržne naravnosti. Toliko bolj je sporno, da komentirajo ljudje, ki nimajo ustrezne izobrazbe, ki se niso usposabljali na tem področju ter nimajo prakse in referenc. Treba je ločiti med »ceno«, »vrednostjo« in »stroški«. Za neko nepremičnino je lahko sklenjen kupoprodajni posel za 100 denarnih enot (= cena), stroški nakupa zemljišča, projektov, dovoljenj, davkov in stroški gradnje za isto nepremičnino so bili 140 denarnih enot (= stroški), medtem ko je ocenjena vrednost za isto nepremičnino lahko 80 denarnih enot (= vrednost). Ravno zaradi razlik v pogledu različnih kupcev in prodajalcev na vrednost sistemi množičnega vrednotenja nepremičnin oziroma modeli vrednotenja nepremičnin vključujejo samo ključne vplivne elemente na trgu nepremičnin, in sicer vrsto nepremičnine, lokacijo, efektivno starost in nekatere podatke, ki so povezani s kakovostjo – da bi zagotovili čim višjo stopnjo objektivnosti.

Literatura in viri:

- Revizijsko poročilo (2014). Učinkovitost ureditve določanja in izplačevanja odškodnin zaradi gradnje in obnove gospodarske javne infrastrukture. Ljubljana: Računsko sodišče RS.
- Stanovanjski zakon. Uradni list RS, št. 18/1991, 19/1991 – popr., 13/1993 – ZP-G, 9/1994 – odl. US, 21/1994, 29/1995 – ZPDF, 23/1996, 24/1996 – odl. US, 44/1996 – odl. US, 1/2000, 1/2000 – odl. US, 22/2000 – ZJS, 87/2002 – SPZ, 29/2003 – odl. US, 69/2003 – SZ-1.
- Twaroch, C., Wessely, R., Ernst, J., Lisec, A., Mansberger, R., Muggenhuber, G., Navratil, G., Unger, E. M. (2015). Liegenschaft und Wert: Geodaten als Grundlage einer österreichweiten Liegenschaftsbewertung: mit einem Vergleich der Wertermittlung von Liegenschaften in ausgewählten Ländern Europas. Dunaj in Gradec: NWV, Neuer Wissenschaftlicher Verlag, 215 str.
- Zakon o denacionalizaciji. Uradni list RS, št. 27/1991, 56/1992 – odl. US, 13/1993 – odl. US, 31/1993, 24/1995 – odl. US, 20/1997 – odl. US, 23/1997 – odl. US, 65/1998, 76/1998 – odl. US, 66/2000, 66/2000 – ORZDen27, 11/2001 – odl. US, 54/2004 – ZDoh-1, 18/2005 – odl. US.
- Zakon o evidentiranju nepremičnin. Uradni list RS, št. 47/2006, 65/2007 – odl. US, 79/2012 – odl. US.
- Zakon o množičnem vrednotenju nepremičnin. Uradni list RS, št. 50/2006, 87/2011, 40/2012 – ZUJF, 22/2014 – odl. US.
- Zakon o nepremičninskem posredovanju. Uradni list RS, št. 42/2003 – ZNPosr, 21/2006, 47/2006 – ZNPosr-A, 72/2006 – ZNPosr-UPB1, 49/2011 – ZNPosr-B.

mag. Dušan Mitrović, univ. dipl. inž. geod.

Geodetska uprava RS, Urad za množično vrednotenje nepremičnin
Zemljemerska ulica 12
SI-1000 Ljubljana
e-naslov: dusan.mitrovic@gov.si

ARHIVI – SKRITI ZAKLADI IZ MURSKE SOBOTE

ARCHIVES – HIDDEN TREASURES FROM MURSKA SOBOTA

Joc Triglav

1 UVOD

V prejšnji številki Geodetskega vestnika je bil objavljen članek o slovenskih arhivih in njihovih zakladnicah spomina (Triglav, 2015). Tokrat bomo kot povsem nenadejano nadaljevanje tega članka predstavili le nekaj zanimivih arhivskih primerkov, ki smo jih odkrili med pospravljanjem arhiva območne geodetske uprave Murska Sobota. Naša geodetska uprava namreč zaradi odpovedi najemnega razmerja za sedanje poslovne prostore v Slomškovi ulici 19 v Murski Soboti že od pomladi intenzivno izvaja različne pripravljalne dejavnosti pred selitvijo v nove poslovne prostore v začetku jeseni.

Ena od ključnih aktivnosti pred selitvijo je pospravljanje in urejanje arhivskih gradiv. To je obsežna ter vsebinsko in logistično zelo zahtevna naloga, ki jo mora organizirano s skupnimi močmi ter z natančno opredeljenimi pravili in nalogami izvajati celoten kolektiv. Vendar to ni tema tega članka, temveč se bomo na kratko posvetili le opisu nekaterih presenetljivih najdb, ki smo jih odkrili med pospravljanjem arhiva. S ščepcem humorja bi jih lahko imenovali kar izkopanine, kajti bile so »zakopane« globoko v težje dostopnih delih arhiva. Poglejmo brez nepotrebnega odlašanja nekaj zanimivosti, ki smo jih odkrili.

2 SKRITI ZAKLADI

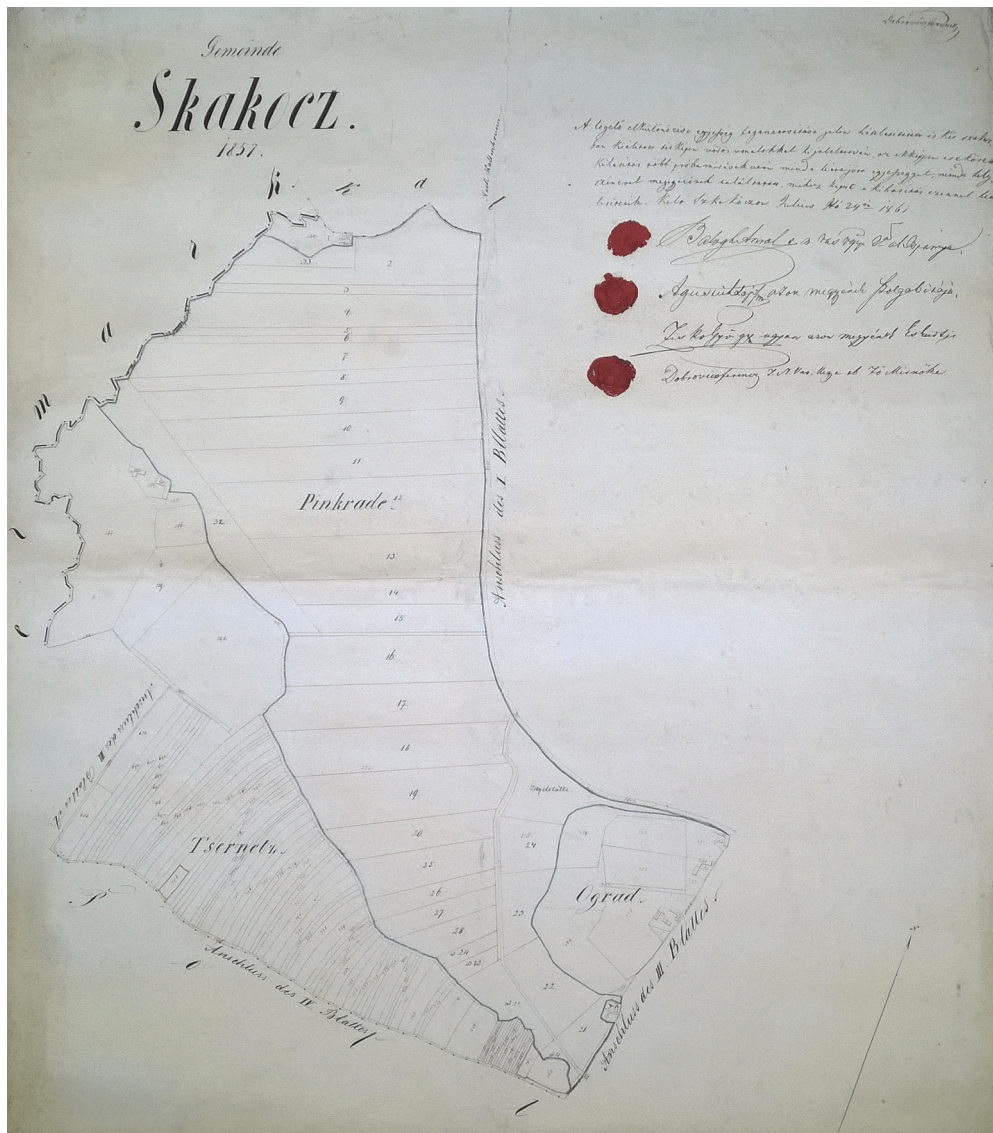
2.1 Zaklad iz leta 1860

Na podstrešju stavbe v Slomškovi ulici 19 v Murski Soboti ima (op. p.: med branjem tega članka je dejansko pravičen izraz »je imela«) geodetska uprava del zemljiškokatastrskega arhiva trajne narave, ki ne zahteva dnevnega vpogledovanja. Med temi gradivi so bili dolga desetletja prav na vrhu visokih lesenih omar zloženi zvitki raznih prerisov delov starih zemljiškokatastrskih načrtov ali zemljiškoknjžnih map. Kar nerodno mi je, ampak priznam, da se v dobrih treh desetletjih dela na geodetski upravi sam teh zvitkov nisem niti dotaknil, kaj šele, da bi pogledal, kaj je v njih. Tam, na najbolj odročnem kraju v arhivu, so bili odloženi iz preprostega razloga, ker jih ni pri delu nihče več potreboval.

Izkazalo se je, da je pod prerisi na paus papirju ležal tudi hudo zaprašen zvitek porumenelega platna. Že na prvi pogled me je navzven spominjal na užaljenega gospoda, ki mora svoje cenjeno platno stiskati k zidu pod vsemi tistimi tankimi rolami pomečkanega in natrganega pausa. Gosta pajčevina, ki je ovijala

zvitek, je kazala, da nepremično leži tam že zelo dolgo. Kot tak je takoj pritegnil mojo pozornost. Splezal sem višje in postopoma previdno zložil z omare na tla vse krhke zvitke pausa in nato še ta zvitek platna. Zvezan je bil z vrstico, sam pa sem komaj čakal, da ga razvijem in pogledam, kaj je v njem. Z metlico sem najprej odstranil gosto pajčevino in prah z zunanje strani, nato še vrstico in ga počasi razgrnil.

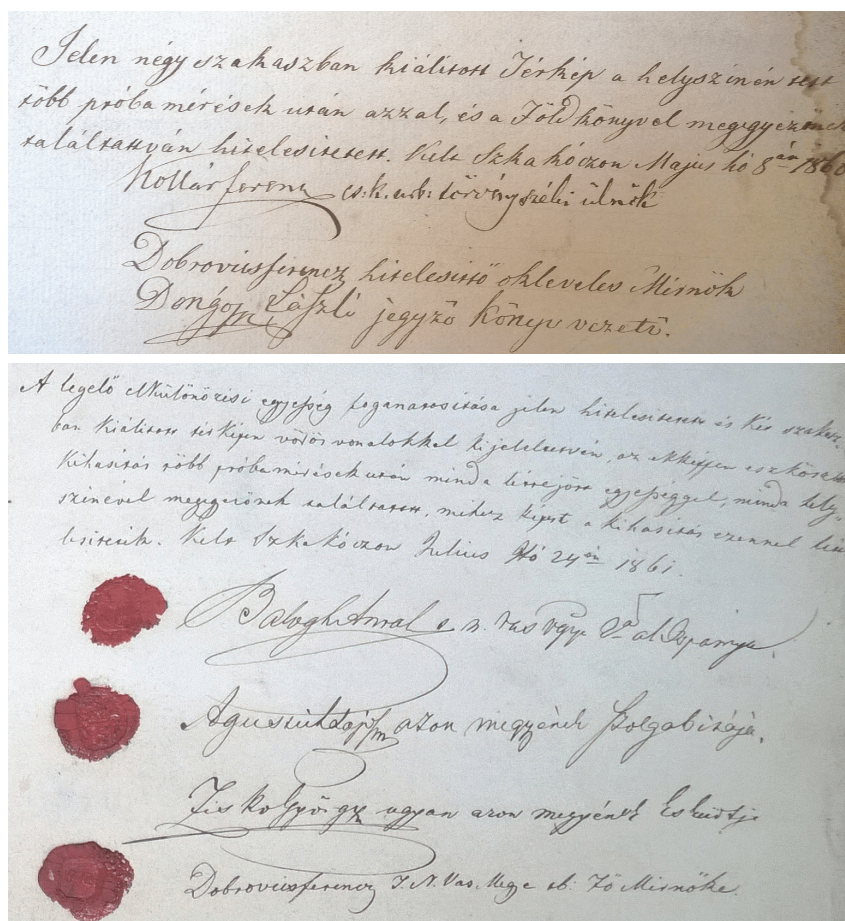
Najprej mi je vzelo sapo in takoj zatem mi je zaigralo srce! Pred očmi se mi je v prahu z vso svojo patino razgrnil list na platno lepljenega ročno izdelanega načrta prve izmere katastrske občine Skakovci, na katerem so bili v gornjem desnem delu odtisnjeni trije rdeči pečati v vosku in besedilo s podpisami (slika 1).



Slika 1: Detajlni list katastrskega načrta prve izmere katastrske občine Skakovci iz let 1860–1861 (vir: arhiv OGU Murska Sobota, 2015).

Pod imenom katastrske občine Skakocz je izpisana številka 1857, v besedilu pa datum iz leta 1861. Besedilo je zapisano v madžarskem jeziku. Pod tem načrtom sta bila v zvitku še dva lista katastrskega načrta in na enem od njiju je bil prav tako zapisan tekst z datumom iz leta 1860. Glede na datume na načrtih je očitno, da so nastali med prvo zemljiškokatastrsko izmero Prekmurja. Znano dejstvo je, da se je prva sistematična zemljiškokatastrska izmera za to območje izvajala med letoma 1856 in 1865. Prekmurje namreč ni bilo, tako kot preostala območja današnje Slovenije, zajeto v zemljiškokatastrska merjenja franciscejskega katastra v dvajsetih letih 19. stoletja, temveč se je prva izmera začela šele po letu 1856, potem ko je bila s cesarskima patentoma z dne 20. in 31. 10. 1850 razglašena uvedba stabilnega katastra v takratnem ogrskem delu države in izdana navodila za izvedbo katastrske izmere (Triglav, 2009).

Besedila na načrtih (slika 2) mi seveda niso dala miru. Ker jih nisem razumel, sem se za pomoč pri prevodu obrnil na sodelavko ter Pomurski muzej in njihove znanstvene sodelavce. Prevod po besedah sodelujočih ni bil enostavno opravilo, ker je besedilo napisano v precej arhaični madžarščini in je pisava ponekod težko berljiva.



Slika 2: Izrez besedil, zapisanih na listih katastrskih načrtov prve izmere katastrske občine Skakocvi iz let 1860–1861 (vir: Arhiv OGU Murska Sobota, 2015).

Prevoda besedil, prikazanih v sliki 2, sta:

Pričujoči zemljevid, izstavljen (narisan) v štirih izvodih (op. prev.: ali delih – dobesedni prevod je v fazah), je bil na licu mesta večkrat preverjen in se je ugotovilo, da je z zemljiško knjigo istoveten.

V Skakovcih, dne 8. maja 1860

Kollár Ferencz, cesarsko-kraljevi sodni porotnik

Dobrovics Ferencz, overovitelj, diplomirani inženir

Dongo...? László, notar, zapisnikar (op. prev.: lahko tudi matičar)

Izstavljen zemljevid v dveh izvodih overovlja sporazum o razmejitvi pašnika, na katerem je razmejitev označena z rdečo črto. Razmejitev je bila večkrat preverjena, in se je ugotovilo, da je istovetna tako s predlaganim sporazumom kot z izmero na kraju samem, na podlagi česar bomo razmejitev vnesli (op. prev.: na načrt).

V Skakovcih, dne 24. julija 1861

Balogh Antal?, Spoštljivi podžupan Plemenite Železne Županije

Agusztich Lajos, pomočnik okrajnega glavarja iste županije (se pravi Železne)

Zisko Györgi, porotnik iste županije

Dobrovics Ferencz, diplomirani geodet

Najdeni listi načrtov prve izmere katastrske občine Skakovci so zloženi v mapo in po vsej površini ploskovno enakomerno obteženi. Po dolgem obdobju zvitega in v pajčevino zapredenega ždenja v odročnem kotu arhiva bodo postopoma pripravljeni, da nam »zravnano« ponudijo vpogled v del preteklosti kraja Skakovci, ki je zarisana na njih. Odgovori na številna vprašanja o tistem času, ki se človeku porajajo ob pogledu na načrte, pa bodo ostali zaviti v tančico skrivnosti.

2.2 Zakladi z začetka 20. stoletja

Med zakladi, ki smo jih odkrili med pospravljanjem po skritih kotih arhiva, moramo omeniti primerke geodetske in katastrske strokovne ter zakonodajne literature. Stare knjige v nemškem in srbskem jeziku navzven sicer delujejo zelo izdelano, njihova vezava je delno poškodovana, platnice pa polomljene. Ampak njihove notranje strani so dobro ohranjene, če odmislimo porumenelost papirja. In notranjost knjig je tista, ki je zanimiva in pomembna, tista, ki ponuja vsebino. Platnice in vezavo bo skrbno in primerno lahko dopolnil knjigovez. Glede na leto izdaje navajam le nekaj naslovov knjig (slika 3), ki smo jih našli:

- Postopkovna navodila za izvajanje geodetskih del, izdano na Dunaju leta 1907,
- Zbirka zemljiškokatastrskih in davčnih zakonov ter predpisov, izdano na Dunaju leta 1912,
- Osnove diferencialnega in integralnega računa, izdano v Berlinu leta 1919,
- Osnove diferencialnega računa, izdano v Hannovru leta 1921,
- Priročnik in učbenik za nižjo geodezijo, v treh delih, izdano na Dunaju leta 1921,
- Pravilnik o katastrskem merjenju, II. in III. del, izdano v Beogradu leta 1930,
- Opis mejne linije med Kraljevino Srbov, Hrvatov in Slovencev ter Madžarsko, izdano v Beogradu leta 1933.

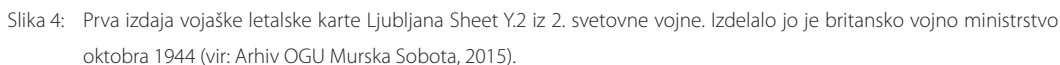


Slika 3: Naslovne strani nekaterih strokovnih knjig, najdenih v skritih kotičkih arhiva (vir: Arhiv OGU Murska Sobota, 2015).

Čeprav so te knjige dolga desetletja pozabljene delale družbo le osamljenim pajkom v kotu arhiva, so prav to primerki geodetske strokovne in zakonodajne literature, ki vsekakor spadajo tudi v digitalno spletno zbirko geodetske stroke (Triglav, 2006 in 2013). Upam, da bomo nekoč s skupnimi močmi vseh vej slovenske geodetske službe zmogli ta korak, ki nam bo vsem omogočil enostaven in pregledno urejen digitalni vpogled v zgodovino geodetske stroke na Slovenskem.

2.3 Zaklad iz leta 1944

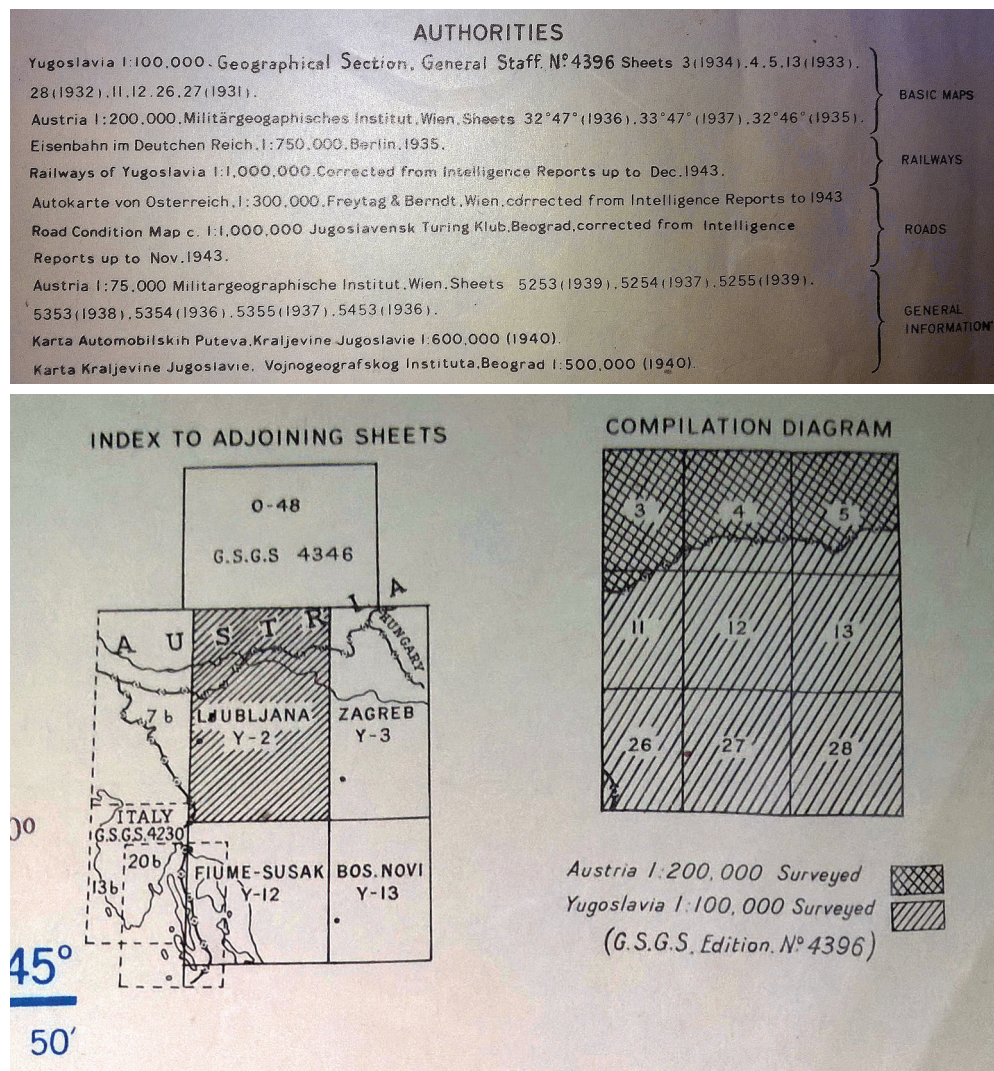
Tretjo presenetljivo najdbo smo odkrili v enem od predalov pod naslovom »Razne karte in načrti«, kjer smo imeli shranjene načrte in karte zelo različnih meril iz različnih obdobj po 2. svetovni vojni. Med pospravljanjem teh predalov se je pojavila karta z imenom Ljubljana Sheet Y.2, ki je že na prvi pogled vzbujala pozornost (slika 4). Opisi so namreč v angleškem jeziku, na vrhni strani karte je na levi strani nad okvirjem viden napis Yugoslavia 1: 250.000, na desni strani pa First Edition Army/Air. V spodnjem izvenokvirnem delu lahko preberemo, da je karto oktobra 1944 izdelal geografski oddelek vojnega ministrstva (angl. Geographic Section, War Office). To je torej prva izdaja vojaške letalske karte iz 2. svetovne vojne. Iz zgodovine vemo, da je bil War Office ministrstvo v britanski vladi, več stoletij pristojno za vojaške zadeve (op. p.: leta 1964 je njegove naloge prevzelo britansko ministrstvo za obrambo), torej gre za britansko vojaško letalsko karto.



| 614 |

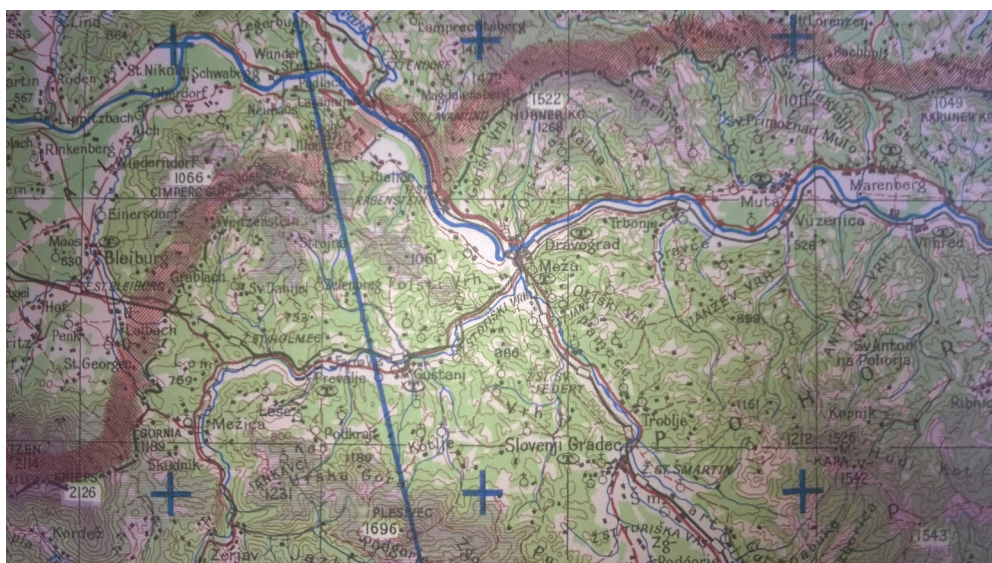
ki so bili med vojno sestreljeni nad Prekmurjem? Odgovor na to bo ostal skrivnost, neizpovedana zgodba pa lahko razvzema našo domišljijo v različne smeri.

Na karti je zanimiv tudi podatek o uporabljenih virih za njeno izdelavo in razdelitvi na detajlne liste (slika 5). Seveda je v sodobnem času uporabna le kot zanimivost, kajti kartografski in informacijski elementi kart se nenehno spreminjajo, zato je treba vojaško kartografsko gradivo stalno posodabljati, usklajevati, dopolnjevati in ga prilagajati zahtevam vojaške rabe.



Slika 5: Prikaz razdelitve britanske vojaške letalske karte iz leta 1944 na detajlne liste ter navedba kartografskih in obveščevalnih virov za njeno izdelavo (vir: Arhiv OGU Murska Sobota, 2015).

Kot zanimivost za konec opisa te najdbe pogledjmo поблиže, kako je na karti prikazano območje avtorju ljube rodne Koroške (slika 6).

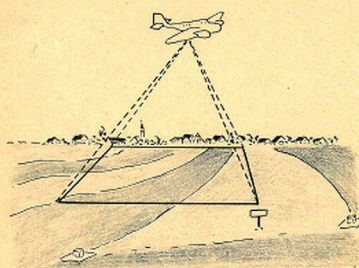


Slika 6: Izrez iz vojaške letalske karte Ljubljana Sheet Y.2 za območje Koroške (vir: Arhiv OGU Murska Sobota, 2015).

2.4 Zaklad iz leta 1959

Za konec si pogledjmo še nazoren in tudi sicer zgovoren arhivski dokument iz leta 1959, ki je skupni poziv takratnih Geodetskega zavoda LRS in Geodetske uprave LRS lastnikom za zamejičenje zemljišč za potrebe aerofotogrametrične detaljne zemljiškokatastrske izmere zemljišč v šestnajstih katastrskih občinah vzhodnega dela Prekmurja.

Poziv (slika 7) je s svojimi slikami in besedilom dovolj zgovoren sam zase. Iz njega lahko na kratko povzamemo, da smo v Prekmurju že v petdesetih letih prejšnjega stoletja izvajali fotogrametrično zemljiškokatastrsko izmero. Predmet izmere so bile vse posestne meje, meje cestne in potne mreže, meje vodnih površin, meje objektov in zgradb ter meje katastrskih kultur. Lastniki in upravljavci zemljišč so bili po zakonu dolžni posestne meje svojih zemljišč zamejičiti z vidnimi mejniki iz naravnega ali umetnega kamna, izjemoma tudi z debelimi lesenimi količi. V pozivu so zapisana osnovna pravila za izvedbo zamejičenja. Ker je bila izmera fotogrametrična, je bilo treba okrog vsakega mejnika pripraviti trdno podlago kvadratne oblike in dimenzij najmanj 40 x 40 centimetrov, pobeljeno z apnom ali nasuto z belim peskom ali označeno s signalnimi kartoni bele barve. Vsak mejnik je moral biti s svojo belo ploskovno označbo viden iz zraka. Na začetek vsake parcele so morali lastniki v predpisani vsebini postaviti označevalne tablice z navedbo lastnika parcele, naslova in lastniškega deleža.

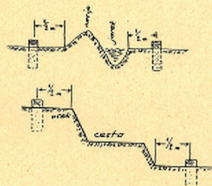
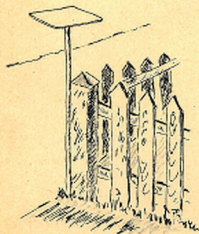


POZIV NA ZAMEJČENJE ZEMLJIŠČ

Skladno s predpisi Uredbe o zemljiškem katastru se bo izvajala detajlna izmera vseh zemljišč na območju katastrskih občin: TURNIŠČE, GOMILICA, MEDELICA, BREZOVICA, VEL. in MALA POLANA, RADMOŽANCI, KAPCA, KOT, GABERJE, LAKOŠ, HOTIZA, ČRENŠOVCI, TRNJE, ŽIŽKI, LENDAVA.

Izdelali Vam bomo nove katastrske načrte - katastrske mape. Te meritve bomo izvršili po novem - aerofotogrametričnem načinu - to je s slikanjem zemljišč iz zraka. Izmera bo zajela vse meje:

1.) med posameznimi lastniki (posestne meje)



- 2.) komunikacij (ceste, ulice, pota, steze)
- 3.) vodnih površin (reke, jezera, potoki, močvirja)
- 4.) objektov (vodnjaki, jezovi, propusti, mostovi)
- 5.) vseh zgradb (hiše, hlevi, skednji itd.)
- 6.) kultur (nj. tr. pš. sd. vr. vg. gd.)

Po Členu 14. Uredbe o zemljiškem katastru morajo lastniki v teh kat. občinah oziroma uživalci zemljišč in organi, ki imajo v upravi zemljišča (pravne osebe: n. pr. Jug. železnice, Drž. posestva, Gozdne uprave, Cestne uprave, Obč. ljud. odbori, Kmetijske zadruge, Vodne skupnosti, ter drugi koristniki zemljišč splošnega ljudskega premoženja) zamejčiti z vidnimi mejniki iz naravnega ali umetnega kamna, izjemoma tudi z lesenimi kolci vse posestne meje svojih zemljišč do

20. marca 1959

Debelina kola ne sme biti spod 6 cm. Mejniki morajo biti ukopani tako, da gledajo najmanj 10 cm iz zemlje. Mejnike je treba ukopati na vogalih parcel (tromejnih) in na vseh ostalih prelomih vzdolž mej. Pri parcelah, ki mejijo na ceste, pot ali potok se ukopajo mejniki v liniji, ki jo je zamejčila uprava tistega objekta. Uprave objektov pa morajo postavljati mejna znamenja v glavnem na (tromejnih) na mejah med sosednimi parcelami. Ako pa to ni izvršeno, se ukopajo mejniki pol metra vstran od cestnega ali vodnega telesa. Nepravilnih mejnikov pri meritvah ne bomo upoštevali.

Okrog vsakega mejnika pripravite trdno podlago kvadratne oblike s stranico 40 cm. Ruša se odstrani, zemlja se natoči, se posuje s peskom ali obloži s kamenjem, če je pri roki in vse pobeli z apnom.

Ako pa se bo izvršila signalizacija s signalnimi kartoni, se naj na mejnik položi signalni karton in se ga na vogalih obteži s kamni. Postavite signalne plošče (izdelane iz koncev desk) na žive meje, ograje, plotove in v zaraščenih predelih. Velikost plošče naj bo 40 x 40 cm in mora biti pobeljena z apnom.

Odstranite grmičevje in vse veje okrog vsakega mejnika ali plošče. Vsak mejnik ali plošča se mora videti iz zraka. Na začetek vsake parcele postavite tablico s sledečimi podatki: Priimek, očetovo ime in ime, kraj in hišna številka, N. pr. Dolinar Franca Janez, Podgora 17. Omožene lastnice: Priimek, očetovo ime, ime in dekl. priimek, kraj in hiš. številko. N. pr. Hribar Petra Ana, roj. Travniki, Breg 7. Če je parcela last več posetnikov, potem se k imenu vsakega posetnika pripiše tudi Po Uredbi o zemlj. katastru št. 38, 39, 40 se kaznuje do 10.000 din ali z 30 dni zapora oseba, ki ne izvrši zamejčenja ali če uniči geodetska znamenja ali mejnike. Pravne osebe se za ta prekršek kaznujejo do 100.000 din. Poleg kazni plača krivec tudi stroške dopolnilnega merjenja. Pričakujemo od vseh polno razumevanje in vso pomoč. Zavedajte se, da se mora vsak mejnik videti na fotografiji. To pa bo samo v tem primeru, če jih boste izdelali po teh navodilih. Opozorite otroke, da ne bodo uničevali signaliziranih mejnikov.

Geodetski zavod LRS

Geodetska uprava LRS

Slika 7: Skupni poziv takratnih Geodetskega zavoda LRS in Geodetske uprave LRS lastnikom za zamejčenje zemljišč za potrebe aerofotogrametrične detajlne izmere zemljišč leta 1959 v katastrskih občinah v vzhodnem delu Prekmurja (vir: Arhiv OGU Murska Sobota, 2015).

Izvajalci meritev so od vseh lastnikov pričakovali polno razumevanje in vso pomoč. Za lastnike, ki parcel ne bi zamejčili, je bila določena kazen 10.000 din ali 30 dni zapora, za pravne osebe pa 100.000 din. Poleg kazni bi krivec moral plačati tudi stroške dopolnilnega merjenja. Glede na višino zagrožene kazni je razumna domneva, da kršilcev poziva ni bilo veliko. Marsikateri že starejši lastniki zemljišč v Prekmurju se s spoštovanjem še spominjajo časov iz svoje rane mladosti, ko so njihovi starši pred novo izmero zamejčevali svoje meje na enega od opisanih načinov in jim kot otrokom strogo zabičali, da se mejnikov, oznak in signalov nikakor ne smejo niti dotakniti.

V desetletjih po 2. svetovni vojni so se podobno, a z različnimi merskimi metodami (na primer enosliskovno fotogrametrijo, tahimetrijo, ortogonalno izmero, stereo fotogrametrijo, precizno tahimetrijo), po vsem Prekmurju izvajale obsežne nove zemljiškokatastrske izmere (glej na primer Triglav, 2010). Mogoče pa lahko v tem pozivu najdemo tudi namig za nove izmere v sodobnem času?

3 SKLEP

V prispevku so opisani le nekateri od zanimivih primerkov, ki smo jih odkrili pri pospravljanju arhiva. Dela s pospravljanjem in urejanjem arhiva še nismo končali, zato nam zanimivih presenečenj kar ne zmanjka. Prav v zadnjih dneh smo v ločenem manjšem delu arhiva, ki mu soboški geodeti od nekdanj pravimo kar »bunker«, našli še nekaj izjemno zanimivega zelo starega gradiva, ki bi mu po lovsko lahko rekli kar »kapitalci«. A je treba najprej spihati prah z njega in ga podrobneje pregledati, zato bomo o tem mogoče lahko kaj več zapisali kdaj v prihodnje. Medtem pa lahko poskusite še sami pokukati v arhiv svoje geodetske uprave. Vsak dober arhiv skriva presenečenja, le poiskati jih je treba, z malo sreče pa vam lahko padejo v roke tudi sama od sebe.

Literatura in viri:

- Triglav, J. (2006). GeoDiLib – Slovenska digitalna knjižnica geodezije. *Geodetski vestnik*, 50(2), 337–345. http://www.geodetski-vestnik.com/50/2/gv50-2_337-345.pdf, pridobljeno: 23. 8. 2015.
- Triglav, J. (2009). Geodetsko-katastrski fondi Arhiva Republike Slovenije. *Geodetski vestnik*, 53(2), 347–361. http://www.geodetski-vestnik.com/53/2/gv53-2_347-361.pdf, pridobljeno: 23. 8. 2015.
- Triglav, J. (2010). Zemljiški kataster, Prekmurje in ... jurčki. *Geodetski vestnik* 54(3), str. 567–576.
- http://www.geodetski-vestnik.com/54/3/gv54-3_556-576.pdf, pridobljeno: 23. 8. 2015.
- Triglav, J. (2013). »Historia magistra vitae est« (Zgodovina je učiteljica življenja). *Geodetski vestnik* 57(4), str. 807–814. http://www.geodetski-vestnik.com/images/57/4/gv57-4_mnenja1.pdf, pridobljeno: 23. 8. 2015.
- Triglav, J. (2015). Arhivi – zakladnice spomina. *Geodetski vestnik*, 59(2), 380–385.

dr. Joc Triglav, univ. dipl. inž. geod.

*Območna geodetska uprava Murska Sobota
Slomškova ulica 19, SI-9000 Murska Sobota*

TLA SLOVENIJE S PEDOLOŠKO KARTO V MERILU 1 : 250.000

SOILS OF SLOVENIA WITH SOIL MAP 1 : 250.000

Anton Prosen



Nataša J. Vidic in sod.: Tla Slovenije s pedološko karto v merilu 1 : 250.000 = Soils of Slovenia with soil map 1 : 250.000

Evropska komisija, Skupno raziskovalno središče (JRC)

Luxembourg: Urad za publikacije Evropske unije

EUR Scientific and Technical Research Series, 152 strani

ISSN: 1018-5593

ISBN 978-92-79-23063-9

DOI: <http://dx.doi.org/10.2788/88750>



Skupina avtorjev in urednikov z Univerze v Ljubljani in iz Skupnega raziskovalnega središča EU – Nataša J. Vidic (avtorica, urednica, prevajalka), Tomaž Prus, Helena Grčman (avtorica, urednica), Marko Zupan (avtor, urednik), Anka Lisec (avtorica, urednica), Tomaž Kralj, Borut Vrščaj, Janez Ruprecht, Marjan Šporar, Marjetka Suhadolc, Rok Mihelič, Franc Lobnik (avtor, urednik), Arwyn Jones (urednik) in Luca Montanarella (urednik) – je pripravila zanimivo in bogato opremljeno dvojezično knjigo o tleh v Sloveniji s pedološko karto v merilu 1 : 250.000. Delo v slovenskem in angleškem jeziku je rezultat večletne priprave pedološke karte Slovenije v merilu 1 : 250.000, ki je pretežno potekala v Centru za pedologijo in varstvo okolja pri Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani.

Zanimivo je, da je knjiga s pedološko karto izšla ravno v mednarodnem letu tal. Združeni narodi so namreč na svojem 68. zasedanju 20. decembra 2013 razglasili leto 2015 za mednarodno leto tal. Spoz-

nanja o pomenu tal za življenje na našem planetu se širše uveljavljajo šele v zadnjem času, čeprav so tla od nekdaj bistven del okolja. Različne oblike degradacije tal, kot so erozija, zaslanjanje, suše, pozidava in mnogi drugi procesi, zmanjšujejo ali uničujejo tla, s tem pa tudi možnosti za življenje na kopnem. Kljub izrednemu pomenu za obstoj in delovanje naše družbe so bila tla kot naravni vir v preteklosti preveč zapostavljena. Pomembno je, da spoznanja o pomenu tal spremenijo naše ravnanje ter da se usmerimo v boljše varovanje in trajnostno gospodarjenje s tem naravnim virom. K temu zagotovo prispevajo tudi publikacije, kot je monografija, ki jo predstavljam v tem prispevku.

Avtorji in uredniki v monografiji predstavljajo pomen tal in posebej pomen njihovega varovanja za človeško družbo. Podrobneje so opisane lastnosti tal v Sloveniji, monografija pa podaja tudi razlago o metodologiji priprave pedološke karte Slovenije v merilu 1 : 250.000, ki je del knjige.

V uvodnem delu avtorji izpostavljajo, da so tla edinstven naravni vir, ključen za pridelavo hrane in druge biomase, ter so nenadomestljiv del ekosistemov. Imajo še številne okoljske, socio-ekonomske in prostorske funkcije. V zadnjem času sta v Sloveniji in Evropi najbolj pereča intenzivna pozidava in širjenje urbanega prostora na račun rodovitnih tal, prisotna pa je tudi erozija in onesnaževanje tal tako zaradi kmetijske kot nekmetijske dejavnosti. Kot poudarjajo avtorji, je treba pri prostorskem načrtovanju in na splošno pri odločitvah v prostoru upoštevati, da so tla neobnovljiv naravni vir, zato je treba poznati njihove lastnosti in funkcije.



Slika 1: Poznavanje lastnosti tal je ključnega pomena za uspešno gospodarjenje z njimi. (Foto: T. Kralj)

V drugem poglavju so podrobneje predstavljene pedološke raziskave v Sloveniji, vključno s kratko zgodovino nastanka pedološke karte Slovenije in predstavitev talnega informacijskega sistema. Obsežno poglavje je namenjeno značilnostim tal v Sloveniji, v njem so posebej predstavljeni tlotvorni dejavniki, slovenska klasifikacija tal in metodologija izdelave pedološke karte v merilu 1 : 250.000. V njem najdemo tudi predstavitev vrst tal v Sloveniji ter povezavo s krajinskimi tipi in vrsto rabe zemljišč, kar je zagotovo zanimivo za vse, ki se tako ali drugače ukvarjamo s prostorom, prostorskim razvojem ter upravljanjem in vrednotenjem zemljišč.

V četrtem poglavju avtorji na primerih predstavljajo uporabno vrednost pedoloških podatkov. Z razvojem informacijske tehnologije se namreč stopnjujejo zahteve uporabnikov po kakovostnih in enostavno dostopnih prostorskih podatkih. Geografski podatki, kamor lahko štejemo tudi podatke talnega infor-

lastnosti v Sloveniji, prinaša tudi inventarizacijo tal kot slovenskega naravnega vira. Ker so v Sloveniji tlotvorni dejavniki, torej matična osnova, relief, podnebje, vodne razmere, rastlinske združbe, dejavnost organizmov in aktivnosti človeka, spremenljivi in se pojavljajo v različnih kombinacijah, je tudi talna odeja zelo pestra.

Knjiga prinaša generalizirano karto slovenskih tal v merilu 1 : 250.000 in s tem pregledno informacijo o lastnostih tal za celotno slovensko ozemlje. Opisana so načela nacionalne klasifikacije tal, podan je zgodovinski pregled pedoloških raziskav v Sloveniji in možnosti za uporabo zbranih digitalnih pedoloških podatkov za trajnostno upravljanje naravnih virov in prostora. Naj predstavitev knjige sklenem z besedami dr. Janeza Potočnika, evropskega komisarja za okolje v obdobju 2010–2014 in evropskega komisarja za znanost in raziskave v obdobju 2004–2010: »Prepričan sem, da bo knjiga Tla Slovenije s pedološko karto v merilu 1 : 250.000 pomembno prispevala k dvigovanju ozaveščenja o raznolikosti tal v državi in o pomenu njihove zaščite za zagotavljanje varovanja narave in prehranske varnosti danes in za bodoče generacije.«

STRANKE V NAŠIH PARTIES OF OUR POSTOPKIH – SPOMINI S SURVEYOR'S PROCEEDINGS TERENA III – MEMORIES FROM FIELD WORK III

Stane Lunder

Spoštovani,

več kot tri leta so minila, odkar nisem več katastralec. Leta počasi odnašajo drobnarije iz mojih spominov. Naj bo zapisano tudi o tem, kako so nastajali elaborati geodetskih izmer, in naj bo zapisan del spominov iz mojih izkušenj. Ker je ta članek pisan samo po spominu, so v njem gotovo tudi nehotene napake, za kar se že vnaprej opravičujem. Želel bi samo, da kakšna moja izkušnja koristi naslednjim generacijam geodetov.

Od mature (leta 1973) na srednji gradbeni šoli (geodetski odsek) v Ljubljani sem imel dinamično pot. Po vojaški liniji sem leta 1975 končal šolo za rezervne oficirje JLA v Karlovcu s specializacijo za minerca – diverzantska smer. Po odsluženju vojaškega roka sem bil s činom podporočnika dodeljen v vojaško sestavo TO Slovenije. Do leta 1988 sem kot stotnik vodil inženirsko četo TO mesta Ljubljane. Med vojno leta 1991 sem bil načelnik inžinerije 51. Območja TO mesta Ljubljane. Od leta 1974 do upokojitve pa je bila moja osnovna eksistenca in moj poklic – katastralec.

Tokratnemu, tretjemu delu sem namenil naslov: Stranke v naših geodetskih postopkih. Kar nekaj mesecev nisem vedel, kako začeti ta del svojih spominov. Potem pa mi je slučajni dogodek sam prinesel odgovor. Decembra lani mi je, tako kot vsak božič, zazvonil telefon in vse dobro mi je voščil hvaležni lastnik – naročnik geodetske storitve iz okolice Ljubljane. Ko sem bil še zaposlen, mi je za vsak božič poslal voščilnico, sedaj pa mi že nekaj let vošči po telefonu.

Gotovo je minilo najmanj petnajst let, odkar mi je s korektno vodenim postopkom uspelo zgladiti dolgoten družinski spor. Naročnik me je že na začetku postopka opozoril na morebitne zaplete in težave pri medsebojni ureditvi lastništva. Njegovi sorodniki so imeli med postopkom na terenu svojega strokovnjaka, ki me je ocenjeval in kontroliral, vendar mi ni mogel očitati pristranskosti, zato smo postopek tudi uspešno končali. Zaznal sem, da me je tudi on skušal oceniti glede na mojo »govorico telesa«, saj se na meje in postopke ni toliko spoznal. Naročnik je storitev takoj plačal. Po pomoti smo mu poslali še en račun, ki ga je tudi takoj plačal. Ko smo ugotovili napako, smo ga pozvali, naj se oglasi pri nas. Ko je čez teden dni stopil skozi vrata firme, je bil pripravljen spet plačati. Bil je presenečen, ko je namesto tega dobil vrnjen preplačani znesek.

Zmeraj so me presenečale in se mi zde zanimive izjave tistih kolegov, ki naj ne bi nikoli začutili nikakršnega pritiska ali stresa pri delu s strankami. Delo s strankami na terenu je bilo zame vedno adrenalinska in

nepredvidljiva zadeva, tako da sem si dostikrat, ko sem imel na vojaških vajah opraviti z eksplozivnimi sredstvi, bombami in minami, dobesedno spočil.

Kataster je bil glede natančnosti določanja mejnih točk in večine podatkov, ki v glavnem izvirajo izpred slabih dveh stoletij, zame nekaj relativno nedefiniranega ter odvisnega od izkušenj in »kilometrince« katastralca. Meje so v naravi odstopale tudi po deset metrov, v gozdovih pa lahko za širino cele parcele.

V predizmere sem skušal zajeti čimveč. V gozdovih sem za vključitev dejanskega stanja v naravi v stare mape meril meje, poti in kakršnekoli objekte ali ruševine, tudi po dvesto do tristo metrov okoli tangirane parcele. Zavedal sem se, da bodo iz te »moje« dokončne meje sredi gozdov izhajali vsi geometri za menoj in da bo nekemu lastniku lahko čez desetletja zmanjkala cela parcela. In takrat bodo skušali ugotoviti, kdo je za to kriv, oziroma bodo rekli: »Kdo je pa to meril?« Vendar bo prepozno za vse. Temu sem se skušal izogniti in delati po najboljši vesti. Trudil sem se, ne vem pa, kako me bodo sodili zanamci.

Glede na moje poklicne izkušnje, ko sem v predizmerah slučajno odkril mejna znamenja (s statusom dokončnosti) z desetkratnim ali še večjim odstopanjem dovoljene natančnosti, se napak ne da popolnoma izključiti. Tako nikoli ne veš, kaj te bo čakalo na terenu, čeprav je meja dokončna. Rekord napačno izmerjene (ali določene) »dokončne« meje je bil najmanj tri metre, žal se ne spominjam, kje je to bilo niti kdo je bil izvajalec geodetske meritve.

Kaj storiti v takšnem primeru? Vsekakor zaščititi stranke. Da bi direktno »namočil« svoje kolege, tega nisem želel. Zato sem, kljub temu, da ta meja ni bila v neposrednem stiku s parcelo v postopku, vse stranke izrecno vprašal, ali je ta mejnik verodostojen in ni bil premaknjen. Ko so mi zagotovile, da je nesporen, sem jih prosil, naj zraven zabijejo močan kol. S tem sem jih vsaj rešil medsebojnega sovraštva in tožarjenja. Svetoval sem jim, naj si na geodetski upravi pridobijo fotokopijo terenske skice. Četudi bi fronte med mejniki samo odkorakali, bi jim bilo jasno ... Več jim nisem želel pomagati. Nisem želel biti razsodnik ali tožitelj. Ločil pa sem med »šlamparijo« in napakami, storjenimi zaradi pomanjkanja izkušenj. Če bi na terenu vsaj izmerili kakšen front ali križno mero ... Kot da se njim ne more zgoditi, da bodo morali čez leta spet na ta teren in bodo naleteli na napake v izmeri. Enkrat ali dvakrat se res lahko zgodi, da stranka sama premakne mejnik, nerodno pa je, če je to prevečkrat.

Kolegica, ki je pred desetletji zagovarjala diplomsko nalogo na temo katastra, je po končanem zagovoru navzočim članom diplomske komisije neuradno izjavila, da je vse v zvezi s katastrom zelo nedefinirano, nedorečeno in popolnoma v nasprotju s kakršnokoli natančnostjo. To je zatrdila na podlagi nekajletnih izkušenj v katastru.

Takrat je veljal še zakon o mejnem ugotovitvenem postopku (MUP), ki je bil precej ohlapen glede ugotavljanja uživalne katastrske meje. Še po toliko letih mi je ostala v spominu njena pripoved, kako so jo člani izpitne komisije po zagovoru poslali iz sobe, sami pa so imeli burno in glasno debato, ki nikakor ni bila kratka. Kasneje je dobila prijateljski nasvet, naj po diplomo ne pride prehitro in naj raje počaka kakšen mesec, da se pomirijo duhovi.

Kot izkušen terenec sem včasih uvažal mlade geodete, ki so takoj po fakultetni diplomski prišli v našo firmo na prakso, včasih so bili pri nas še kot študenti. V obdobju njihovega uvajanja smo na terenu delali tako, da je bil poleg uradnega figuranta navzoč tudi ta mladi geodet kot nekakšen opazovalec,

ki pa je že po nekaj dneh prevzel vlogo, in s tem tudi odgovornost, strokovnjaka. Zato sem jim postopoma, že pred odhodom na teren, začel dajati naloge, da dobro proučijo uradni list oziroma zakone o geodetski dejavnosti, saj da jih bom na terenu pred strankami prosil za pojasnila. Zadnja desetletja svoje katastrske kariere sem namreč prakticiral čitanje aktualnih členov geodetskega zakona strankam na terenu. V ta namen sem fotokopiral štiri strani uradnega lista in ga nalepil v svoj terenski zapisniški blok. Vanj sem risal terenske skice predizmer ter kasneje tudi dodatne podatke in opombe med samim postopkom. Tik pred postopkom na terenu sem dostikrat naročil pomočniku, naj na vidno mesto na parceli postavi instrument in nekaj trasirk, tako da so se stranke navadno zbrale ob njem, ne pa vsaka na svoji parceli.

Vedno sem se trudil, da sem vsako stranko posebej prijazno pozdravil, ji dal roko in pri tem skušal vzpostaviti prijazen pogled. Dostikrat sem že vnaprej vedel, da bodo stranke »težavne«, saj so bile včasih že po pripovedovanju naročnika sovražno sprte med seboj in že vidno nezaupljive do mene kot izvajalca postopka, prepričane, da sem gotovo podkupljen, ker me je najela nasprotna stranka.

Tak odnos do mene sem razumel in sem vedno pazil, da stranke niso imele vzroka za sum. Že ko je naročnik prvič prišel v pisarno in naročil geodetsko storitev, sem ga opozoril, da do postopka ne želim več kakršnih osebnih kontaktov, da ga bom v tem primeru odslovil iz pisarne in o tem obvestil mejaše na terenu. Vse, kar se bomo od sedaj naprej pogovarjali o meji, bo samo še pred pričami. To je skoraj vedno zaleglo.

Tudi na terenu sem pazil, da stranke niso imele vzroka za sum v mojo nepristranskost. Če je geodetski postopek naročil znanec ali bognedaj kakšen daljni sorodnik, sem o tem že na začetku postopka na terenu obvestil stranke in jih vprašal za dovoljenje, ali lahko kljub temu še vodim postopek.

Že pred prihodom na teren sem se začel psihično pripravljati na te ljudi. Iznašel sem krasen način, da premostim to težavo. Avtosugestijo. Že jutro pred postopkom in nato celo pot na teren sem si dopovedoval, da so stranke dobri in prijazni ljudje, meni ljubi in prijateljski, vredni vsega spoštovanja, in bom zato z velikim zadovoljstvom postopek »speljal« tako, da ne bodo končali na »sodniji« in ne bodo več sprti med seboj.

Avtosugestija je skoraj vedno zalegla. Ko sem se pripeljal na teren in stopil iz avta, sem se resnično počutil, kot da sem prišel med dobre prijatelje in bomo vse uspešno rešili v njihovo skupno korist. Tudi stranke so bile prijazne, saj so ljudje takoj zaznali, da sem njihov prijatelj. Prav tako, kot ljudje vedno začetijo, da si njihov nasprotnik in se jim prisiljeno smehlaš ter si ponarejeno prijazen.

Tudi ob osebni predstavitvi na terenu sem si izbral položaj, da sem bil na isti višini z njimi, ali celo nižji od njih, da niso imeli občutka, da jih ogrožam ali da sem nad njimi. Skušal sem jim biti enak. Za kazanje mišic in grožnje z zakonskimi posledicami je namreč še zmeraj čas.

Pred desetletji sem imel »na praksi« mladega geodeta, ki mu je bil moj postopek prva terenska izkušnja. Seznanil sem ga s postopkom, da gremo čez pol ure na predizmero na teren. Težava je bila samo v tem, da sem vabila za predizmero poslal pred tremi ali štirimi dnevi. Opozoril sem ga, da bodo zaradi tega mogoče neprijetne reakcije vabljenih mejašev, saj so večinoma površno prebrali vabilo za neobvezno udeležbo, in naj se na to ustrezno teoretično pripravi.

Zgodilo se je točno po predvidevanju. Po nekaj minutah je na parcelo »privršala« jezna stranka in že od daleč grozila s pritožbo na geodetsko upravo, saj je vabilo dobila samo dan pred postopkom. Moj mlajši kolega ji je citiral že vnaprej naštudiran zakonski člen v zvezi z vabilom na predizmere in jo s tem utišal. Vendarle pa je včasih bolje pustiti stranko, da se takoj na začetku znebi jeze, ter ji potem počasi in prijateljsko razložiti zadevo. Grožnje s členi zakona sem vedno hranil za konec samo, če se drugače ni dalo ustaviti agresivne stranke. V vojaškem žargonu bi rekel, da sem najtežje »kanone« vedno hranil za konec dialoga.

Nekoč sem imel pri Turjaku, blizu Vrha nad Želimljami, primer dveh napadalnih in »pogumnih« lastnikov parcel. Pogumna sta bila tudi zato, ker sta bila sorodnika, in to iz kraja blizu Ljubljane, ki je bil znan po pretepačih. Ljudje so me predhodno opozorili, da sta bila včasih »močna v rokah«. No, takrat so ju že malo zdelala leta, in sta bila močna bolj »vokalno« kot fizično.

Med našim »odločnim« pogovorom sem se počasi sukal in premikal ter postavil v položaj, da sem stal višje kot onadva, se popolnoma obrnil proti njima in spustil roke ob telesu. Šele potem sta popustila.

Nekoč sem imel nad Podpečjo (JZ od Ljubljane) napovedanega mejaša – žensko, ki je bila prav zaradi postopka za tisti dan odpuščena iz psihiatrične bolnišnice v Polju. Z ostalimi mejaši smo čakali sredi ravnine, ko smo že od daleč opazili, kako se nam približuje peš v družbi spremljevalca.

Še zdaj se kljub pretečenim desetletjem spominjam podrobnosti mrzlega in meglenega jesenskega jutra ter napetosti, kako se bo vse končalo. Ko sta bila še kakšnih sto metrov oddaljena od nas, sem se v trenutku odločil, da jima grem naproti. Korakal sem odločno in hitro, kot bi v vojski opisali predajo raporta nadrejenemu oficirju, nakar sem že po nekaj desetinah metrov opazil, da oba, ženska je bila nižje postave, spremljevalec pa velik močan moški, začenjata stopati čedalje bolj počasi.

Ko sem prikorakal do njiju, sta se že stala na mestu. Odločno sem jima pogledal v oči in ponudil roko v pozdrav. Šele v tistem trenutku sem spremenil togo držo telesa v sproščeno in prijateljsko, se nadvse prijazno predstavil in ju pozdravil. Bila sta presenečena, saj sta bila glede na moj prvi zelo energičen nastop, ko sem se jima približeval, popolnoma negotova, kaj nameravam. V nadaljevanju smo krasno sodelovali in postopek končali kot veliki prijatelji.

Pri komuniciranju s strankami sem iz izkušenj skozi leta zaznal, da je položaj telesa izredno važen. Stranke takoj zaznajo, če si nesproščen, če nisi odkrit, če kaj skrivaš ali se bojiš. Čustva, ki te med postopkom preveč razkrivajo, je zato potrebno skriti ter s telesno govorico kazati odločnost in avtoriteto. Vendarle med samim postopkom, polnim adrenalina, včasih tega ne moreš zagotoviti, saj nisi profesionalni igralec, zato moraš že prej poskrbeti, da boš naredil vsaj močan in prepričljiv začetni vtis. Tudi to, kako si oblečen in urejen, kaže na odnos in spoštovanje do strank.

Nekoč sem si doma zjutraj oblekel suknjič in zavezal kravato (tako kot vedno za uradni postopek), vendar nisem opazil, da je bil suknjič namenjen za vojaške proslave, saj je imel na prsnem žepu pripeto vojaško dekoracijo odlikovanja. Prejšnji večer smo namreč imeli neko vojaško srečanje in zabava se je zavlekla v noč.

Že ko sem šel iz firme, sem opazil, da so ljudje, ki sem jih srečeval, bolj pozorni do mene. Na terenu blizu Medvod sem nato končal postopek ureditve meje in ljudje so zapisnik podpisovali kot po tekočem traku. Brez vprašanj. Takrat je bilo sredina poletja in tisti dan je bilo vroče še pomočniku, ki je bil samo v majici. Šele na

koncu postopka, ko sem slekel suknjič in kravato, sem zgrožen ugotovil, da sem bil med strankami v dodatni vlogi oficirja JLA ...

Za teren sem se skušal temeljito psihično in strokovno pripraviti. V pripravo je najprej spadala temeljita študija vseh predhodnih načrtov. Najprej sem pogledal priimek geodeta, ki je izdelal načrt, in datum – mesec in leto postopka. Ni bilo namreč isto, če je imel moj predhodnik na primer v listnatem gozdu sredi poletja, ko je vegetacija najbujnejša, dosti dolgih vizur, ali je imel veliko točk slepega poligona. Ko sem jih razporedil po stopnji zaupanja v njihove načrte, predvsem glede na njihove priimke, sem se tudi odločil, katerim podatkom – načrtom naj dam največjo težo.

Zanimiva je bila tudi navezava na geodetsko mrežo. Po mestih je bilo namreč veliko poligonskih točk, ki so bile stabilizirane s čepi v asfaltu in so bile močno vprašljive. Velikokrat smo naleteli na stare poligonske točke v povsem novem asfaltu. Tako »zgoljufano« točko si spoznal po tem, da okoli nje ni bilo centimetrskega venca betona. Delovodja, ki je bil šef gradbišča, je nekoč pri preplastitvi ceste ta medeninasti čep (stabilizacija poligonske točke) kar z roko porinil v mehek asfalt – na približno isto mesto. Topografije za poligonsko točko so se zato skorajda ujemale – na deset do dvajset centimetrov natančno.

Uradni postopek sem začel s kratko osebno predstavitvijo in pojasnitvijo vseh potrebnih podatkov. Skušal sem se čimbolj držati protokola, zakona in pravilnika v uradnem listu, da mi ne bi kasneje v morebitni pritožbi na GU mogel kdorkoli očitati kakšne malenkosti. Strankam sem ponudil tudi naslov geodetske uprave, kamor naj se pritožijo, če bodo med postopkom ugotovili, da sem nestrokoven, podkupljen ali pristranski. Povedal sem jim, da bo naročnik plačal samo našo geodetsko storitev, ni pa nas s tem kupil. Tudi to, da bi mi eventualna podkupnina vzela ugled, saj mi kot prvi od lastnikov ne bi več zaupal, ko bi naslednjič prišel na teren merit za njegovega sosedo. Po uvodnem delu sem prepustil delo pomočniku, da je vsem strankam prebral in podrobno pojasnil poglavitne člene zakona.

To je bil čas, da sem si v miru ogledal in presodil stranke. Z enim ušesom sem poslušal pomočnika, če pravilno bere in pojasnjuje geodetski zakon, obenem pa sem skušal čimbolj oceniti stranke. Mogoče beseda oceniti ni preveč posrečena, vendar so na postopek dostikrat prišli tudi ljudje, ki so želeli na tem mestu in v tem trenutku razčistiti kakšne stare račune in travme, in želel sem jih odkriti prej, preden mi podrejo postopek. Na take ljudi sem moral paziti in jih z besedami, namenjenimi samo njim, ustaviti takoj, ko so začeli delati zmedo in sejati dvome med ljudmi.

Zgodilo se mi je tudi, da so kot pooblaščenca strank prišli na terenski postopek geodeti, ki jih nisem poznal in se mi niso predstavili. Eden od njih mi je celo postavljaj vprašanja, ki so mi začela begati stranke in motiti postopek. Nekolegialno so skušali izrabljati svoje poklicno znanje proti meni – tudi moji sodelavci so včasih imeli podobne izkušnje. Neverjetni ljudje! Imel sem srečo, da jih nisem spoznal veliko.

V postopku sem imel celo znano sodnico z ljubljanskega okrajnega sodišča, ki se je preveč sprostila in je začela nagovarjati stranke, naj mi malce zapletejo postopek. Vse je izzvenelo v šalo, ko sem ji rekel, da se to vmešavanje zanjo kot sodnico ne spodobi. Takoj ji je postalo zelo nerodno, saj se je zavedla, kaj počenja.

Kot pooblaščenca strank so bili dostikrat na terenu tudi odvetniki. Pozorno so spremljali moj postopek in večina med njimi je že po uvodnem delu, ko smo jim prebrali in pojasnili zakon, zapustila postopek in

svetovala stranki, naj podpiše zapisnik. Mogoče so ugotovili, da zakon in postopek poznam tako dobro, da mi vsaj na terenu ne morejo ničesar očitati.

Zakone sem se naučil brati in razumevati na Fakulteti za upravo v Ljubljani.

Dostikrat so me spraševali, v čem je ključ, da dam zakone in navodila prebrati svojemu pomočniku, zakaj jih ne preberem sam. Odgovor je dokaj preprost. Geodetski pomočnik se je tako kalil v delu s strankami, ko je bral in jim pojasnjeval člene zakona. Budno sem pazil na vsako izrečeno besedo in stranke so v tistem trenutku začutile, da postopek in vse v zvezi z njim poteka po določenih zakona in da smo strokovnjaki, ki imamo vse pod nadzorom. S takim načinom izvedbe postopka geometru gotovo zraste ugled in pridobi si zaupanje strank. Pridobiti zaupanje strank pa pomeni uspešen zaključek postopka.

Ko je pomočnik končal branje in pojasnjevanje členov geodetskega zakona in pravilnika, sem postopek prevzel sam. Predstavil sem jim dokumente, na podlagi katerih bom predlagal mejo, ki se bo ujemala s katastrskimi podatki. Stranke sem opozoril, da geometri včasih niso merili s tako natančnimi instrumenti, in so zato možna relativno velika odstopanja.

Nikoli pa nisem pred strankami rušil poslovnega ugleda in dostojanstva drugih geodetov, saj bi s tem razvrednotil celotno geodetsko stroko. Konec koncev bi lahko kdorkoli našel napake tudi pri meni.

Pred njimi sem s primerjavo uradne mapne kopije in stanja meje na terenu, ki je bila na podlagi predizmer izrisana na »paus« (prozornem) papirju, skušal doseči, da bodo razumeli težavnost odločitve o predlagani meji. V ta namen sem jih prosil, da si čisto od blizu ogledajo vse podrobnosti. Vsi so z zanimanjem opazovali predstavitev in se strinjali. Vendarle pa sem vedno zaznal, da dostikrat niti ne gledajo v predlagane papirje, temveč pozorno gledajo mene in skušajo ugotoviti, ali govorim resnico in ali sem iskren.

Kataster je bil in bo ostal glede natančnosti določanja mejnih točk in večine podatkov, ki izvirajo iz leta 1830, nekaj relativno nedefiniranega ter odvisnega od izkušenj in prakse katastralca.

Glede na moje poklicne izkušnje, ko sem v predizmerah slučajno odkrival mejna znamenja s statusom dokončnosti z desetkratnim ali še večjim odstopanjem dovoljene natančnosti, se napak ne da popolnoma izključiti. Tako nikoli ne veš, kaj te čaka na terenu, čeprav je meja dokončna. Pri kateremkoli velikem odstopanju v natančnosti pa moram dodati še pojasnilo o sami označitvi mejnih točk pred letom 1990. Plastični mejniki so prišli v uporabo šele po letu 1990. Do takrat naj bi stranke večinoma same poskrbele za mejnike. Lahko smo jih pripeljali tudi mi, vendar so stranke zaradi varčnosti in zmanjšanja stroškov same obljubile zagotovitev ustreznih mejnih znamenj.

Včasih pa stranke na terenu niso imele mejnih znamenj. Nikakršnih in ničesar – niti količkov ne. Kaj torej storiti v tistem trenutku? Mejne točke smo označili z začasnimi količki in stranke so seveda spet sveto obljubile, da bodo mejniki zakopani že naslednji dan. Še celo učili smo jih, kako zavarovati točno mesto postavitve. Čez leta pa smo spet poslušali zgodbe takih lastnikov, kako sta s sosedom postavila mejnik meter stran, ker je bila tam ravno skala, ali pa ga je sosed prosil, da bi rabil še nekaj več prostora za leseno šupo. Saj ne da bi opravičeval nas, geometre, vendar tako je bilo na terenu in takrat si moral sprejeti odločitev, ali boš prekinil postopek, ker

nimaš mejnikov, ali zaupal stranki. Po mojem spominu nihče od izvajalcev zaradi tega ni prekinil postopka. Čez leta, ko so sosedje postavili ograje na napačnih mejah, je bil seveda kriv geometer.

Zgodilo se mi je tudi, da sem pri predstavitvi strankam na terenu napačno položil oleato kartiranja trenutnega stanja na terenu na mapno kopijo, a so vseeno kimali, da razumejo. In ko sem se takoj nato opravičil in popravil položaj lista, so spet pokimali, da razumejo. Ljudje se pač niso spoznali na to in so skušali samo oceniti mojo poštenost, česar nisem zlorabil nikoli v svoji karieri.

Pred samim začetkom postopka sem stranke večkrat opozoril, naj v primeru dvoma v mene in moje delo čimprej napišejo pritožbo na našo geodetsko upravo, in jim ne bom nič zameril. Da jim bom napisal celo celoten naslov za pritožbo. Uporabil sem tudi besedo »morajo«, ne pa da »lahko« napišejo to pritožbo. To jih je gotovo presenetilo, saj takih pozivov verjetno niso bili vajeni od nikogar, ki je do tedaj izvajal upravne postopke.

Včasih sem skušal zaznati njihova razmišljanja po mojih besedah. Trudil sem se, da bi iz njihove telesne govorice razumel njihovo razmišljanje. Zdeli so se mi zamišljeni in negotovi. Kako in zakaj jih nekdo poziva, naj vložijo pritožbo na nadrejeno geodetsko upravo osebno čez njega? To je bil po mojem prepričanju velikokrat vzrok, da so mi potem skorajda brezpogojno zaupali, da sem pošten in nepodkupljiv.

Taisti mejaši so dostikrat prišli kasneje v našo pisarno in še oni naročili geodetsko storitev. Vsi taki postopki branja in pojasnjevanja pravil poteka postopka, imenoval sem jih teoretične priprave, so po mojem prepričanju pomenili več kot polovico uspešnega dokončanja postopkov na terenu.

Včasih sva z dolgoletno sodelavko spraševala mlajše kolege o njihovih vtisih in občutkih pri postopkih. Če so rekli, da so čutili in občutili pritisk, odgovornost, napetost in skrb za pravilnost postopka, so bili po najinem mnenju na pravi poti, da bodo dobri katastralc.

Ko sem pred štiridesetimi leti začel delati na področju katastra, se mi je vse zdelo dokaj preprosto. S strankami opraviš postopek v skladu z navodili: postavimo (zabijemo) mejnike, pomerimo z metrom, posnamemo z instrumentom, in zadeva je opravljena.

Tudi elaborat za manjšo parcelacijo, ki smo ga pred kakimi tridesetimi leti oddali na geodetsko upravo, je bil sestavljen iz ovitka in štirih, petih listov ali lističev:

1. zapisnika postopka – na enem listu – formularju;
2. terenske skice s podatki tahimetrije. Posneli smo največ deset do dvajset detajlnih točk;
3. računanja površin (delček odrezanega 27. obrazca);
4. izpiska računanja z računalnikom (navadno samo tahimetrija, linijske točke in površine);
5. prikaza novega stanja s spremembami (numeričnimi in grafičnimi);
6. oleata kartiranja na prozornem papirju – listu s povprečnimi dimenzijami 10 x 10 cm. Ta prozorni papir je bil takrat dragocenost in ga je imel šef operative spravljenega v predalu svoje pisalne mize. Ko si ga potreboval, ga je pred tabo odrezal glede na obseg terenske meritve.

Po petih letih sem sam sebi verjel, da sem dober katastralec, po desetih sem bil o tem že dokaj trdno prepričan, po petnajstih letih sem se imel že za »špico« oziroma strokovnjaka. Po dvajsetih letih pa sem postajal čedalje bolj previden in samokritičen, poln dvomov, saj sem se začel zavedati resnih posledic za svoje stranke, ki so mi kot strokovnjaku zaupale. Ali sem vse naredil tako, kot je potrebno v zakonskem

in etičnem smislu? Že po nekaj letih katastrske prakse sem sam sebi začel postavljati čedalje več novih kontrol, da bi preverjal in kontroliral lastne postopke in meritve.

Celo po nekaj desetletjih me je včasih poiskala katera stara stranka, čeprav sem bil že zaposlen pri drugi firmi, mi pred nos porinila mapno kopijo ali mojo skico in me spraševala: »Ja zakaj ste pa tako naredili? Poglejte, sedaj imam zaradi vas hude probleme.«

V prvem trenutku pomisliš, da si ga mogoče res kaj polomil, vendar se potem vedno izkaže, da je bil postopek voden pravilno, da so meje pokazali lastniki parcel, da so potem tudi podpisali zapisnik, da je tvoj načrt najprej pregledal tvoj nadrejeni direktor in ocenil pravilnost tvojih postopkov in izračunov, potem je celoten elaborat podrobno pregledala ter postopkovne in tehnične odločitve na terenu in v pisarni ocenila še »geodetska uprava« in o postopku izdala dokument. Resda takrat, pred desetletji, še ne v obliki, ki bi ustrezala ZUP-u. Včasih smo kolegi, na osebno prošnjo, pregledovali načrte še drug drugemu in skušali najti kakršnokoli napako. To je bil za nas izziv in predmet stave.

Pa vendarle, če bi bilo karkoli narobe, bi lahko stranka že takrat sprožila ustrezen postopek in dala pritožbo. Edino, kar bi ji priznal, bi bila moja napaka v tehničnem delu – v samem merjenju z metrom, instrumentom in grobe napake v zvezi s tem. Da bi čimbolj onemogočil take napake, sem delal dvojne kontrole: dolžine na lati sem meril dvakrat (instrument – tahimeter DAHLTA) – za vsako točko sem torej imel štiri odčitke na lati. Vse skice sem obvezno risal v svoj delovni zapisnik ter jih potem, ko so bili zapisniki napolnjeni do zadnje strani, označil in arhiviral. Tako sem imel originalne terenske skice vedno pripravljene na vpogled, tudi čez dvajset ali trideset let. To me je neštetokrat rešilo pred osatimi strankami, ki so me hotele okriviti česarkoli.

Velikokrat so stranke na terenu in v pisarni pokazale tudi izjemen – fotografski spomin za podrobnosti geodetskih postopkov, ki so bili izvedeni pred desetletji. Natančno so se na primer spomnile, da je zaradi vse močnejšega naliva in naraščajočega vetra neki geometer pred tridesetimi leti naredil napako in koordinato mejnika določil za tri metre napačno. Spomnile so se tudi, kar je bil res unikum dobrega spomina, da je geometer to napako sam predvidel že vnaprej in jo glasno napovedal vsem navzočim udeležencem. V tem primeru sem izjavo zavrnil, saj je ta geometer slovel kot eden najbolj zanesljivih.

Ali pa, da geometer pred desetletji zaradi goste megle ni dobro videl late in je zato vse narobe. Seveda sem potem želel preveriti njihov genialni spomin s kakšnim dogodkom za teden ali dva nazaj. Pa ni šlo. Tega se žal niso spomnili.

Za nekega geometra so mi na Volavljah rekli, da je dostikrat meril kar brez instrumenta, za drugega, ko sem pred tridesetimi leti meril v Repnjah pri Vodica, pa, da je rad gledal v dno kozarca in da je zato vse izmeril napačno. Isti ljudje so mi istočasno ponujali hladno pivo. Čeprav je bilo takrat sredi poletja in vroče, sem pivo pri takih strankah odklonil, saj bi potem o meni govorili enako.

Pijačo so mi ponujali neštetokrat. Če so bili sosede sprti med seboj, sem želel, da se ponudi vsem. To jih je spravilo v dvom, kako sosedu, s katerim so sprti že več let ali desetletij, dati napitek. Te izkušnje so me že pred desetletji izučile, da se pozneje med samimi postopki nisem več niti dotaknil alkoholne pijače. Ugotovil sem, da nisem tako zbran in sem površen. Tako kot sem konzumiral alkohol na terenu – v zimskih razmerah v Prekmurju – ga nisem nikoli več.

Če so me lastniki parcele povabili, da se pozimi pogrejem v hiši, sem ravno tako želel, da se tam hkrati pogrejejo tudi vsi sosedje, s katerimi niso bili prijatelji. To so bila za naročnike geodetskih storitev težko rešljiva vprašanja glede načelnosti njihove mržnje proti sosedu. Na ta način sem zbrisal ali vsaj omilil marsikatero medsosedsko sovraštvo. Neki lastnik, ki je bil prej več let močno sprt z najožjim sorodstvom, je bil po končanem postopku tako vesel sprave z njimi, da mi je nato še nekaj let pošiljal novoletno voščilnico.

Za nekega drugega geometra je bilo znano, da je rad lovil ribe in žabe. Tudi o meni je stranka nekoč v pritožbi napisala, da sem nabiral štorovke in da so mi pri tem pomagali mejaši, ki so v ta namen šli domov celo iskat belo plastično vrečko. No, verjetno je dosti napisanega in shranjenega tudi o meni, pa tega niti ne vem, čeprav sem se trudil, da bi to pisanje, pritožbe strank dobil za spomin. Enega od svojih prejšnjih direktorjev sem celo prosil, da mi posreduje pritožbe strank na moj račun. Verjetno je večina šefov take »cvetke« shranjevala v posebnih predalčkih – kot »težko artilerijo«. Gotovo je po vseh službah enako tudi sedaj.

Za enega od kolegov je bilo znano, da je tako strog na terenu, da se mu ne sme ničesar reči, ker pravi, da on ve vse, kar se tiče meja, saj je zato hodil v geodetsko šolo. Bil je tako strog do strank, da je včasih prišla kakšna stara mamca prosit direktorja naše geodetske firme, da ji ja ne bi poslal njega na teren, ker se ga tako boji.

Vendarle je bilo znano, da je tudi on enkrat naletel na »mino«. Mož lastnice parcele (neki star partizan), ga je po tem, ko mu je žena prijekala domov, češ da jo je geometer »nakuril«, takoj spodil s terena. Ta kolega je bil nekaj posebnega. Tudi njegovi elaborati so bili dovršeno natančni. Baje je bil tudi virtuoza na klavirju in orglah ter je pisal poezijo.

Ne smem pozabiti na pokojnega kolega Filipa – starosto katastralcev v Ljubljanskem geodetskem biroju. Že v Kraljevini Jugoslaviji je imel svojo geodetsko firmo blizu gostilne Figovec v Ljubljani. Njega sem poznal le bežno, čeprav je takrat, ko sem prišel kot zelenec na firmo, ta sedemdeset- do osemdesetletnik po mojem spominu še zmeraj delal na terenu. Bil je legenda – tudi njegovi načrti so bili »izpiljeni« in karakteristični.

Ti stari »mački« so nam komaj dali vedeti, da za njih obstajamo. Vse sem osebno poznal in so mi bili vir izkušenj.

Vsak teren sem vedno odnesel v mislih s seboj domov in analiziral svoje postopke, ali sem ravnal pravilno in vse naredil tako, kot je treba. Težje primere, ki sem jih končal pred meseci, sem v mislih odnesel s seboj na dopust ter se včasih še na morju med potapljanjem, globoko pod morsko gladino, zalotil, kako premišljam o kakšnem mejniku ali meji, in zakaj mejnika mogoče ne bi raje dal na drugo mesto ali drugače speljal postopka, drugače zastavil besedo ali pristop do strank ali MUP speljal drugače. Včasih sem tudi sanjal o njih. Spominjam se neke izmere pri Dobrovi pri Ljubljani. Mejnik za navezavo (vklop) je bil na vrhu zelo strmega hriba, in nanj sem poslal z lato samo figuranta. Po vrnitvi mi je pozicijo mejnika podrobno opisal. Ponoči sem sanjal, kako sem letel nad njim in si ga podrobno ogledal. Ko sem ga šel iz radovednosti čez teden dni osebno pogledat na hrib, je bil točno tak in na tistem mestu, kot sem o njem sanjal.

Nekateri moji znanci so imeli tak poklic, da so ob koncu delovnega dne zaklenili pisarno in v njej pustili tudi vse probleme. Zavidanja vredno!

Do leta 2000 smo se kolegi dostikrat medsebojno posvetovali šele po opravljenih terenskih postopkih. Če še to ni pomagalo, sem za nasvet dodatno prosil kolege, da smo skupaj dorekli moje postopke. Velikokrat smo se zbrali tudi zaradi načina vrisa nove meje v katastrske mape. Za vris nove meje v mape smo se namreč odločali sami (sami smo jo tudi s svinčnikom vrisali v evidenčne mape) in čeprav je bilo več različnih predlogov izkušenih kolegov glede vrisa, se je na koncu moral odločiti vsak sam in to znati zagovarjati. Dostikrat smo morali svojo odločitev glede postopkov ali nenavadnih vrisov nove meje v evidenčne katastrske načrte znati argumentirano zagovarjati tudi pred šefom ali preglednikom iz geodetske uprave.

Te posvete (rekli smo jim konzilije) smo imeli po letu 2000 navadno tudi že pred odhodom na teren, ko smo se odločali med več možnostmi pri urejanju meje. Tovrstni posveti s starimi in izkušenimi geometri so nam dali dosti znanja in nas gotovo rešili tudi pred kakšno pritožbo. Potekali so na povsem enakopravni ravni, kjer je bilo pozorno in spoštljivo sprejeto vsako drugačno mnenje. Na teren si namreč moral priti prepričan sam vase in v svoje postopke. Če si naletel na težaven problem, strankam pač nisi mogel reči, da prekinjaš postopek za en teden, dokler ne zveš pravilnega odgovora. Za odločitev si imel na terenu na voljo samo nekaj minut.

Za posamezen mejnik, včasih izmerjen celo v več postopkih, je bilo namreč več podatkov. Včasih tudi trije različni, ki so se med seboj razlikovali za meter ali dva, včasih celo od istega geometra. Odločiti smo se morali za tisto varianto, ki jo bomo lahko na terenu argumentirano ubranili pred mnenji strank in ki je bila najbolj poštena ter po naši najboljši vesti. Kasneje bi jo morali mogoče pojasniti še na sodišču, kot priča ali obdolženec v sodnem postopku. Za točno lokacijo mejnika sem se vedno odločil na podlagi podatkov tistega geometra, ki je imel po mojih izkušnjah največjo verodostojnost. Zaupanje drugih v svojo profesionalnost si geometer začne graditi takoj na začetku kariere. Negativen predznak dobiš zelo hitro. Zato sem se skušal držati pravila – kot pravijo kolegi sodni izvedenci: po svoji najboljši vesti, znanju, poznanju in prepričanju.

Kataster ni samo rutinski uradni postopek, saj so vanj vpleteni ljudje, ki jim zemlja pomeni vse in so za princip pravice in dokazovanja svojega »prav«, že zaradi ugleda v okolici, pripravljeni iti zelo daleč. Zato nisem mogel voditi postopka tako, da bi ljudem samo predstavil mejo in rekel: »Dejte tukejle podpisat, če ne vas pa v končni fazi čaka sodnija.« Brez občutka za ljudi. To ne gre.

Eden prvih postopkov, ki mi je za vedno ostal v spominu, je bila delitev parcele na podlagi sklepa o dedovanju, ki sem jo pred petintridesetimi leti imel v okolici Vevč. Zadeva je zgledala enostavna in preprosta, saj je sodišče izdalo dokument – sklep o dedovanju, da se za dedinje po pokojnici od cele kmetije odmeri štiristo kvadratnih metrov zemljišča na zazidljivem območju – neposredno pred hišo. To je bil prvi primer v moji karieri, v katerem se mi je začelo kazati, da sem v pravnih zadevah v zvezi s sodiščem popoln analfabet in da se bom moral še dosti naučiti.

Za to katastrsko občino je že obstajal koordinatni kataster, tako da sem s figurantom, geodetskim pomočnikom, šel na teren samo zato, da si pripravim geodetsko mrežo. Možak, dedič večine kmetije, je takoj prišel iz hiše s koso na rami, kljub temu, da je bila trava že pokošena, in začel prikrito groziti.

Name ni naredil posebnega vtisa, saj sem bil groženj že vaju. Rekel sem mu, da je to moja služba in naloga. Da bom naslednjič prišel s spremstvom milice (policije) in dodatnim ustreznim sklepom sodišča. Naj mi osebno ne zameri tega. Končalo se je čez štirinajst dni, ko je točno ob določeni uri na postopek prišla tudi policijska »marica« s štirimi miličniki in službenim volčjakom. Ko sem jim povedal, da je lastnik zagrozil, da bo pogledal čez okno in čez »ror«, so se strateško postavili okoli hiše in odpeli toke za pištole. Pa ni bilo sile. Lastnik je neoborožen prišel ven. Malo so ga »prešlatali«, če je oborožen. Vpil je na solastnice. Mene je pozdravil kot starega znanca in prijatelja. Na koncu postopka se je tudi prijazno poslovil od mene, za sorodnice pa ni našel lepe besede, samo ploho žaljivk. Prva moja takšna izkušnja.

Kadar mi je potem še kdo posredno grozil z omenjanjem orožja, me je začelo zanimati, kakšno orožje ima, saj sem poznavalec in bi ga rad videl. Pa ga ni bilo junaka, ki bi mi ga pokazal. Vedno sem ob prvih znakih groženj vprašal, ali mi nameravajo fizično preprečiti postopek, saj ni v mojem interesu nikakršno zaostrovanje situacije.

Imel sem srečo, da je vedno ostalo samo pri posrednih grožnjah.

Pozdrav vsem geodetom.

Stane Lunder

Podutik, Ljubljana

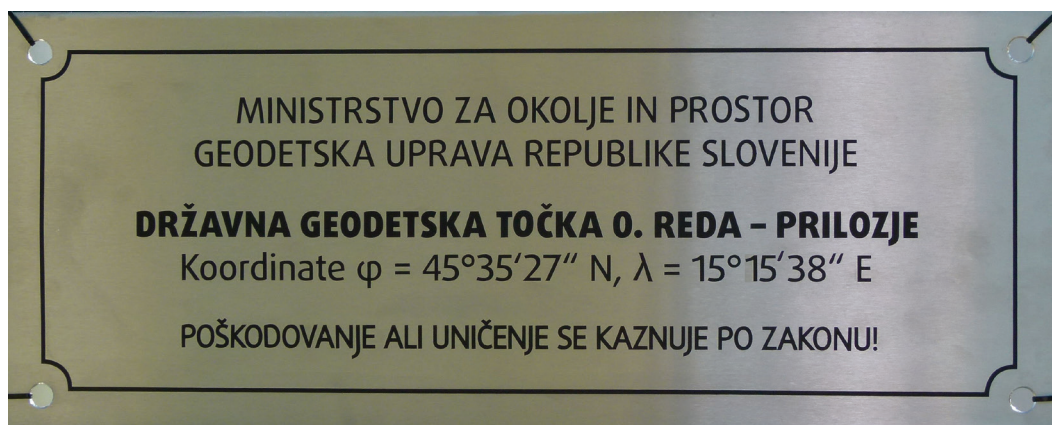
e-naslov: stane.lunder@gmail.com

ODPRTJE PRVE DRŽAVNE GEODETSKE TOČKE

0. REDA – PRILOZJE

Jurij Režek

Geodetska uprava vzpostavlja državno geodetsko mrežo 0. (ničtega) reda. Sestavljalo jo bo pet državnih geodetskih točk 0. reda, ki so približno enakomerno razporejene po ozemlju Slovenije, poleg teh pa še točka v okviru obstoječe mareografske opazovalnice v Kopru. Vseh pet novih točk je že zgrajenih, njihove lokacije pa so Areh (Frajhajm na Pohorju), Kog v Prlekiji (ob potresni opazovalnici Agencije RS za okolje), Korada (Zapotok v Goriških brdih), Šentvid pri Stični. Ključna merila za izbor lokacij so bila geološka primernost (čim večja oddaljenost od tektonskih prelomnic), lokalna stabilnost terena in možnost kakovostnega izvajanja geodetskih meritev (odprto obzorje, odsotnost virov elektromagnetnega sevanja).



Slika 1: Oznaka državne geodetske točke 0. reda – Prilozje.

Ker so bili sistemi geodetskih mrež do sedaj označeni kot 1. red (najpomembnejši), 2. red, 3. red itn., in so zgoraj opisane točke na navedenih lokacijah najkakovostnejše državne geodetske točke, smo jih poimenovali mreža 0. reda. Ta mreža tudi povezuje in nadgrajuje doslej najvišje redove geodetskih mrež:

- terestrične, v katerih določamo koordinate točk v trirazsežnem prostoru, torej njihov geometrijski položaj (koordinate X, Y, Z oziroma koordinate na elipsoidu λ, φ, h),
- nivelmanske, v katerih določamo nadmorske višine točk (normalne višine H), in
- gravimetrične, v katerih določamo vrednosti težnega pospeška (g),
- zato jo imenujemo tudi kombinirana geodetska mreža.

Prva točka 0. mreže, ki je v celoti opremljena z geodetsko in telekomunikacijsko opremo, je v naselju Prilozje pri Metliki (letališče Bela krajina). Njen vidni del je dva metra visok steber, ki stoji na temeljni plošči, zasuti z zemljo. Na temeljni plošči so neposredno ob vznožju stebra še štiri točke, vključno z re-

ferenčno višinsko točko (reperjem) za nivelmansko izmero in meritev težnostnega pospeška. Namenjene so postavitvi geodetskih instrumentov ob izvajanju klasičnih terestričnih, nivelmanskih in gravimetričnih meritev. Na vrhu stebra sta nameščeni dve GNSS-anteni za sprejem satelitskih signalov. Med antenama je v osi stebra matična referenčna točka. V omarici v stebru so nameščeni merilni instrumenti.

Večina celotne konstrukcije in opreme je torej očem skrita. Pomembno pa je omeniti, da je temeljna plošča podprta s tremi piloti, ki segajo 22 metrov v globino, in sicer pod kotom 18° . Piloti, temeljna plošča in steber sestavljajo enovito armiranobetonsko konstrukcijo, ki zagotavlja ustrezno stabilnost točke, oprema pa služi za sprejem satelitskih signalov s podatki satelitskih sistemov GPS, GLONASS in Galileo.



Slika 2: Točka Prilozje z informacijsko tablo.

Neprekinjeno delujoči postaji GNSS (satelitskega sistema za globalno določanje položaja), ki sta nameščeni na tej točki, nenehno posredujejo podatke v nadzorni center v Ljubljani. Tam se podatki uporabijo za stalno natančno izračunavanje položaja teh točk v skupnem evropskem koordinatnem sistemu ETRS89, in sicer z natančnostjo nekaj milimetrov. Visoka natančnost meritev na točkah te mreže omogoča spremljanje geodinamičnih premikov (delovanje tektonike) in sprememb v razporeditvi zemeljskih mas. Prek točk 0. reda se nadzira tudi uporabniško omrežje za določanje položaja s satelitsko tehnologijo (SIGNAL), ki se uporablja za določanje koordinat vseh geodetskih in tudi drugih prostorskih podatkov v evropskem koordinatnem sistemu. Vse koordinate v državi torej temeljijo na točkah kombinirane geodetske mreže 0. reda. Ob točki je postavljeno trajno obeležje, na katerem se obiskovalci lahko poučijo o namenu objekta.

Točko Prilozje smo kot prvo v celoti opremljeno uradno odprli oziroma predali v uporabo 11. septembra 2015. Dogodek je pripravila geodetska uprava v sodelovanju z Dolenjskim geodetskim društvom. Prireditve se je udeležila tudi ministrica za okolje in prostor Irena Majcen, ki je v nagovoru poudarila, da je za zagotavljanje čezmejnega sodelovanja in gospodarskega, prostorskega, okoljskega ter družbenega razvoja na medregionalni ravni posebnega pomena kakovostno vzpostavljena geoinformacijska infrastruktura, ki sloni na skupnih, evropsko sprejetih usmeritvah in tehnologijah ter na kakovostnih podatkih. Osnovna sestavina takšne infrastrukture pa je tako imenovani evropski referenčni sistem, ki ga mora vzpostaviti vsaka država članica EU. Prisotne je pozdravil tudi direktor geodetske uprave Anton Kupic, ki je povedal, da se slovenski državni geodetski referenčni sistem iz klasičnih, zgodovinskih, strokovnih in tehničnih osnov v zadnjih petnajstih letih spreminja v sodobnega in evropsko primerljivega. Direktor urada za

geodezijo mag. Jurij Režek je v nagovoru poudaril pomen državne geodetske referenčne osnove, ki je ena od temeljnih nalog državne geodetske službe. Poleg opisa opravljenih del v zadnjih desetih letih na tem področju in del, ki jih bo treba opraviti v naslednjem obdobju, je izpostavil tudi pomen norveškega finančnega mehanizma in finančnega mehanizma Evropskega gospodarskega prostora, s katerima je geodetska uprava v zadnjih desetih letih sofinancirala dela na državnem geodetskem referenčnem sistemu. Odprtju je sledilo predavanje mag. Klemna Medveda, vodje podprojekta geodetski referenčni sistem, ki je pomemben del projekta Posodobitev prostorske podatkovne infrastrukture za zmanjšanje tveganj in posledic poplav, v okviru katerega se vzpostavlja tudi novi slovenski državni koordinatni sistem.



Slika 3: Sodelavci urada za geodezijo z ministrico in generalnim direktorjem.

Na prireditve je prišlo približno 60 udeležencev, predvsem sodelavci urada za geodezijo, ki so najbolj zaslužni za vzpostavljanje slovenskega georeferenčnega sistema, kolegi z oddelka za geodezijo Fakultete za gradbeništvo in geodezijo pri Univerzi v Ljubljani ter geodetskega inštituta, ki so pripravljali strokovne podlage za njegovo vzpostavljanje, potem še kolegi in kolegice iz Dolenjskega geodetskega društva, nekaterih območnih geodetskih uprav ter še drugi.

mag. Jurij Režek
Geodetska uprava RS
Zemljemerska ulica 12
SI-1000 Ljubljana
e-naslov: jurij.rezek@gov.si

NOVICE Z DELOVNEGA PODROČJA GEODETSKE UPRAVE RS

Tomaž Petek

Spoštovane bralke in bralci, dovolite mi, da vam v nekaj kratkih stavkih poskušam predstaviti nekatere dogodke na Geodetski upravi RS od izida pretekle številke Geodetskega vestnika. Poleg rednega dela pri vodenju in vzdrževanju nepremičninskih evidenc smo se predvsem dejavno vključevali v mednarodne povezave.

LETNO POROČILO GEODETSKE UPRAVE REPUBLIKE SLOVENIJE ZA LETO 2014

Tako kot doslej smo tudi v letu 2015 pripravili letno poročilo Geodetske uprave Republike Slovenije za preteklo leto. V dokumentu so povzete izvedene naloge v letu 2014 in je v obliki pdf dostopen v rubriki Publikacije na naši spletni strani. Leto 2014 so zaznamovali predvsem burni odmevi na postopke množičnega vrednotenja nepremičnin in informativnih izračunov davka na nepremičnine, ter posledično na urejanje podatkov o nepremičninah v registru nepremičnin. Ne smemo pa pozabiti, da sta geodetska dejavnost in državna geodetska služba mnogo več od same registracije nepremičnin in njihovega vrednotenja za potrebe obdavčitve. Že pred več kot desetimi leti smo se strinjali, da se mora državna geodetska služba iz administratorja zbirk prostorskih podatkov razviti v upravljavca podatkov, ki omogočajo urbani in podeželski razvoj ter upravljanje zemljišč. V navedenem poročilu lahko preberete o mnogih dejavnostih in nalogah, ki jih je Geodetska uprava Republike Slovenije izvedla v letu 2014.

UN GGIM

V dneh od 3. do 7. avgusta 2015 je na sedežu Organizacije Združenih narodov v New Yorku potekalo peto plenarno zasedanje skupine strokovnjakov za globalno upravljanje geografskih informacij UN GGIM. Udeležilo se ga je 120 delegatov iz 89 držav. Kot član izvršilnega odbora skupine strokovnjakov za upravljanje geografskih informacij v Evropi, ki deluje v okviru statistične komisije pri Organizaciji Združenih narodov (UN GGIM Evropa), se je navedenega zasedanja in vrste spremljevalnih sestankov udeležil tudi predstavnik slovenske geodetske uprave Tomaž Petek.

Prva dva dneva sta bila namenjena spremljevalnim dogodkom zasedanja, sestankom, delavnicam in seminarjem. V ponedeljek popoldan je bil organiziran sestanek na temo globalnega referenčnega okvira (angl. *global geodetic reference frame*) in temeljnih prostorskih podatkov (angl. *fundamental data*), v torek pa je bil izveden redni sestanek izvršilnega odbora UNGGIM Evropa in sestanek na temo ELF/INSPIRE, na katerem smo sodelovali tudi predstavniki UN GGIM Evropa. Predstavnik Slovenije je predstavil vključevanje naše geodetske uprave v izvajanje obveznosti direktive INSPIRE in vključevanje v projekt ELF. Poleg tega so bili organizirani sestanki na temo pravnega in političnega okvira na področju geografskih informacij (angl. *legal and policy issues*), upravljanja zemljišč in zemljiške administracije

(angl. *land administration and management*) ter doseganja ciljev vzdržnega razvoja z uporabo prostorskih podatkov (angl. *sustainable development goals*).



Slika 1: Dvorana med plenarnim zasedanjem UN GGIM.

Na dnevnem redu plenarnega zasedanja je bila vrsta formalnih opravil, od potrditve programa dela do potrjevanja poročil regionalnih odborov in delovnih skupin, poleg tega so bile obravnavane vsebinske teme, povezane z **globalnim geodetskim referenčnim okvirom** (GGRF), referenčnimi (temelnjimi) zbirkami prostorskih podatkov ter **trendi na področju geoinformatike** in uporabe prostorskih informacij. Udeleženci so razpravljali o povezovanju prostorskih in statističnih podatkov za doseganje ciljev trajnostnega razvoja, ki jih je OZN dokončno opredelila ravno med zasedanjem in bodo sprejeti na zasedanju v septembru 2015.



Slika 2: Predstavnik Slovenije na zasedanju UN GGIM.

Opravljen je bila tudi razprava o strateških usmeritvah UN GGIM v prihodnjih petih letih. UNGGIM se bo na strateški ravni še naprej ukvarjal z zagotavljanjem **temeljnih nizov prostorskih podatkov**, omogočal bo njihovo čim širšo uporabo in si prizadeval za njihovo harmonizacijo. Ena od osrednjih prednostnih nalog v naslednjih letih bo tudi delovanje v povezavi z uporabo geografskih informacij pri doseganju **17 globalnih ciljev trajnostnega razvoja**, ki si jih je zastavila OZN.

V razpravi se je izoblikovalo skupno stališče, da je lahko samo vzpostavljeno omrežje temeljnih podatkov ustrezna podlaga, ki jo lahko ekonomsko-socialni svet pri OZN (ECOSOC) uporabi za določanje kazalnikov v okviru sistema za spremljanje doseganja ciljev trajnostnega razvoja. Skupna ugotovitev je bila, da so za **povezovanje prostorskih in statističnih podatkov** nujni tudi podatki o geolociranih naslovih in administrativnih členitvah prostora. V razpravi je bila predstavljena tudi informacija o načrtovani organizaciji visokega foruma OZN, na katerem bo obravnavana vloga kakovostnih prostorskih podatkov pri **učinkovitem upravljanju zemljišč in zemljiški administraciji**. Forum bo organiziran leta 2016 v Adis Abebi v Afriki. UN GGIM je sklenil, da bo nadaljeval razpravo o **standardih**, ki so potrebni za upravljanje geografskih informacij, v sodelovanju z vsemi mednarodnimi standardizacijskimi organizacijami. V ta namen so izdelali vodnik o standardih in zbirko tehničnih priporočil s primeri dobre prakse za uporabo standardov na področju prostorskih podatkov. Podan je bil poziv državam članicam, da navedene dokumente prevedejo v svoje jezike in tako približajo temo najširšemu krogu strokovnjakov. Na plenarnem zasedanju UNGGIM je bilo obravnavanih in potrjenih petnajst poročil in drugih spremljevalnih dokumentov. Vsa gradiva so objavljena na **spletni strani UN GGIM**.

Tomaž Petek

Geodetska uprava RS

Zemljemerska ulica 12, SI-1000 Ljubljana

e-naslov: tomaz.petek@gov.si

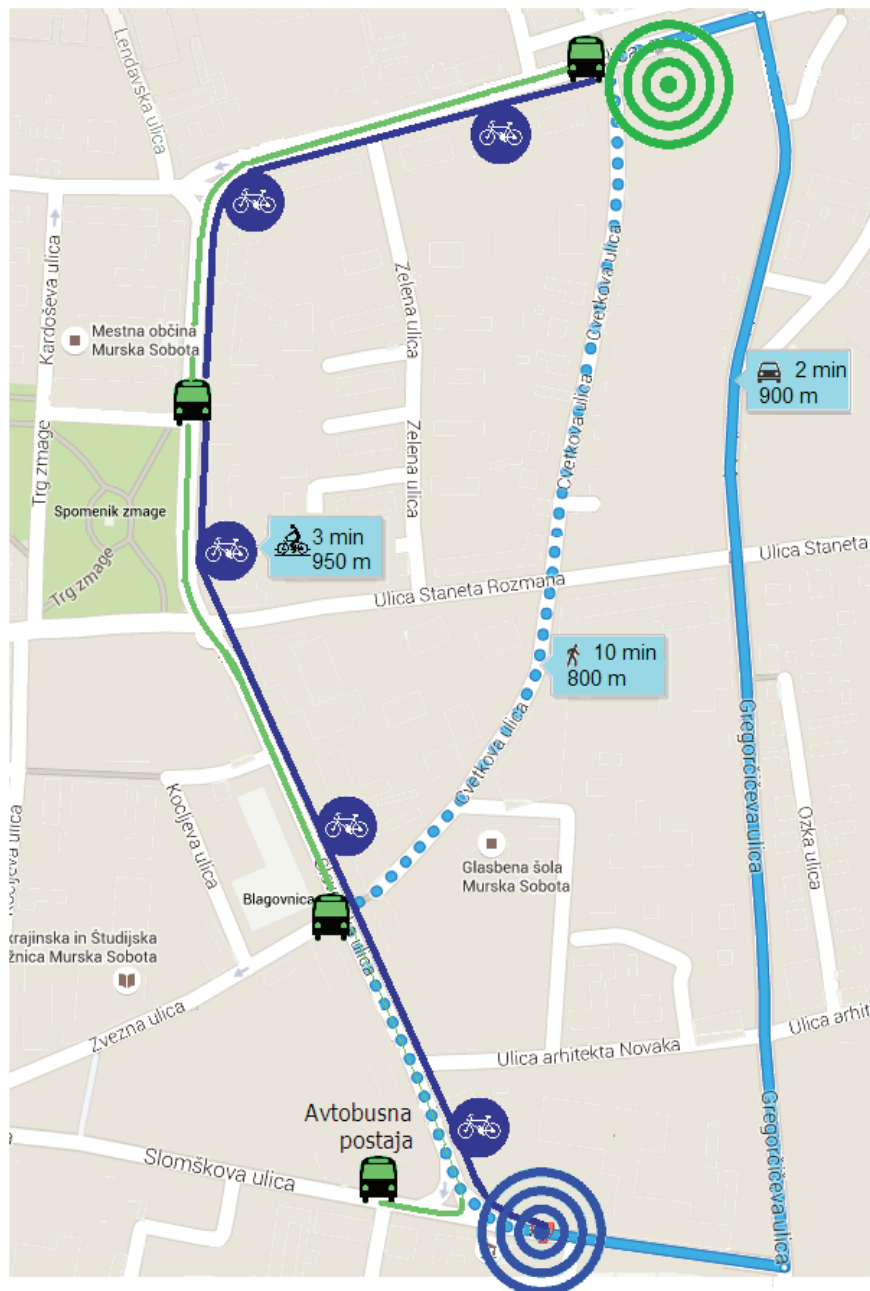
OBVESTILO OBMOČNE GEODETSKE UPRAVE MURSKA SOBOTA

Od srede, 23. septembra 2015,

območna geodetska uprava Murska Sobota posluje **na novi lokaciji**
v II. nadstropju poslovno-stanovanjske stavbe Sobočanka na naslovu
Lendavska ulica 18, 9000 Murska Sobota.

Nova lokacija in priporočeni načini dostopa do nje peš, s kolesom,
avtomobilom ali mestnim avtobusom Sobočanec
so razvidni iz priloženih prikazov.



Od 23.9.2015**Nova lokacija: Lendavska ulica 18****Dosedanja lokacija: Slomškova ulica 19****Do 16.9.2015**

BOJAN ŠAVRIČ, DOKTOR ZNANOSTI

Dušan Petrovič

Dne 28. aprila 2015 je na državni univerzi v Oregonu (*Oregon State University*) doktorsko disertacijo z naslovom ***Optimizing Map Projection Selection for World Maps and Web Maps*** (*Optimizacija izbora kartografske projekcije za karte sveta in spletne zemljevide*) zagovarjal Bojan Šavrič, univ. dipl. inž. geod., diplomant Fakultete za gradbeništvo in geodezijo pri Univerzi v Ljubljani.

Avtor: Bojan Šavrič

Naslov: **Optimizing Map Projection Selection for World Maps and Web Maps**
(Optimizacija izbora kartografske projekcije za karte sveta in spletne zemljevide)

Mentor: dr. Bernhard Jenny

URL: <https://ir.library.oregonstate.edu/xmlui/handle/1957/55790>

Kartografske projekcije praviloma izbiramo glede na geografsko razsežnost območja prikaza ter zahtev v zvezi z vrsto in obsegom popačenj prikaza izbranega območja. Glavni namen disertacije je bil predlagati samodejno možnost izbire kartografske projekcije ter tudi proučiti mnenja uporabnikov o izbiri najprimernejše kartografske projekcije za prikaz sveta. Rezultat disertacije so matematični modeli (nove kartografske projekcije karte sveta, polinomske enačbe za določitev standardnih vzporednikov) in nova merila za izbor kartografskih projekcij za karte sveta.

V disertaciji so obravnavani štiri raziskovalni problemi. V prvem se analizira, kako uporabniki izbirajo najustreznejšo kartografsko projekcijo za prikaz sveta. Predstavljena je primerjalna študija med laičnimi uporabniki kart in izurjenimi kartografi. Rezultati kažejo, da laični uporabniki izbirajo tako projekcije, v katerih se pola preslikata v ravne linije, kot tiste, v katerih se pola preslikata v izbočene krivulje, medtem ko izurjeni kartografi dajejo prednost projekcijam s poloma v obliki ravnih linij.

V okviru drugega raziskovalnega vprašanja se obravnavajo polinomske enačbe naravne Zemljine projekcije II in preverja izbira uporabnikov glede značilnosti koordinatne mreže. Naravna Zemljina projekcija II je nova pogojna psevdo-cilindrična projekcija, uporabna za prikaz kart sveta. V primerjavi s sorodnimi psevdo-cilindričnimi kartografskimi projekcijami je prepoznavna po značilni obliki mreže.

Tretji raziskovalni problem proučuje uporabo Wagnerjeve preslikave za izboljšanje kartografske projekcije spletnih kart s spremenljivim merilom prikaza in njeno vključitev v uporabniške vmesnike za izbiro kartografske projekcije karte sveta. Na podlagi rezultatov analize deformacij in uporabniških študij predlagana psevdo-cilindrična projekcija je ekvivalentna prek preslikave v Lambertovo azimutno projekcijo, ima boljšo porazdelitev deformacij kot dosedanje v uporabniških vmesnikih spletnih kart uporabljene kartografske projekcije za karte majhnih meril, hkrati pa upošteva še najpogostejše želje in izbire uporabnikov glede uporabe kartografske projekcije na kartah sveta.

Zadnji cilj disertacije je avtomatizacija postopka izbire dveh standardnih paralel pri stožčni projekciji, s katerima dosežemo najmanjše deformacije na izbranem območju prikaza. Predstavljen je polinomski model, ki sloni na obsegu prikazanega območja in omogoča hiter izračun standardnih paralel za tri najpogostejše uporabljene stožčne projekcije: Albersovo ekvivalentno, Lambertovo konformno in ekvidistantno stožčno projekcijo. Območje prikaza je določeno z dolžino prikazanega odseka srednjega poldnevnik, geografsko širino sredine območja ter razmerjem med širino in višino karte. Polinomski model je bil pridobljen z analizo kar 3825 kart, vsake z drugačnim območjem prikaza in posledično drugače izračunanimi standardnimi paralelami, ki omogočajo najmanjše linijske deformacije prikaza. Predlagani model je računsko enostaven in ga je mogoče uporabiti za samodejen izračun standardnih paralel stožčnih projekcij v različnih GIS-programskih orodjih ali spletnih kartografskih aplikacijah.

SEZNAM DIPLOM NA ODDELKU ZA GEODEZIJO UL FGG

OD 1. 5. 2015 DO 31. 7. 2015

Tėja Japelj

Spet je pred vrati novo šolsko leto. Počitniška meseca sta minila, kot da ju ne bi bilo. Sonce nas je grelo skoraj vse dni počitnic, tako da nas vreme tokrat ni pustilo na cedilu. Če bi lahko, bi začarali, da bi avgustu v koledarju sledil še en avgust, kajti ostalo je še nekaj skritih poletnih želja.

Niso pa bili poletni meseci za vse tudi počitniški. Nekateri študenti se že pripravljajo na novo šolsko leto, drugi opravljajo zadnje obveznosti iz starega, nekateri pa se odločijo počitnice izkoristiti za dokončanje diplomskih nalog.

Univerzitetni študij geodezije so končali štiri študenti, visokošolski študij geodezije pet študentov, prvo-stopenjski študij tehničnega upravljanja nepremičnin pet študentov ter drugostopenjski študij geodezije in geoinformatike en študent.

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GEODEZIJE

Katja Berkopec: Prilagoditev spletnih kart pregledovalnikom pametnih telefonov

Mentor: doc. dr. Dušan Petrovič

Somentor: asist. dr. Klemen Kozmus Trajkovski

URL: http://drugg.fgg.uni-lj.si/5170/1/GEU978_Berkopec.pdf

V diplomski nalogi je predstavljena prilagoditev spletnih kart pregledovalnikom pametnih telefonov. V prvem delu je opisan razvoj medija karte s poudarkom na mobilni kartografiji. Opisani so koncept mobilne kartografije, uporabniška opravila v mobilnem okolju in oblikovanje ter prilagoditev mobilnih kart. V drugem delu so predstavljeni pametni telefoni, njihovo povezovanje na splet in različni operacijski sistemi. V praktičnem delu naloge je predstavljena izdelava mobilne turistične karte Novega mesta. Na kratko je predstavljen turizem v Novem mestu, izdelan redakcijski načrt karte in opis dejanske izdelave. Na koncu je opravljeno testiranje karte in opisane možnosti nadgradnje.

Tjaša Gabršček: Analiza geometrije objekta kulturne dediščine iz podatkov terestričnega laserskega skeniranja

Mentorica: doc. dr. Mojca Kosmatin Fras

Somentorja: asist. Tilen Urbančič, univ. dipl. inž. geod., Aleš Lazar, univ. dipl. inž. geod.

URL: http://drugg.fgg.uni-lj.si/5171/1/GEU979_Gabrscek.pdf

Na izbranem primeru (zvonik cerkve na Črnem Kalu) smo izvedli analizo podatkov terestričnega laserskega skeniranja z namenom, da se grafično in numerično določijo nevertikalnost in morebitne druge deformacije zvonika. Podatke snemanja s terestričnim laserskim skenerjem nam je posredovalo podjetje 3D ATA, d. o. o. Analizo podatkov smo opravili s programsko opremo Geomagic, za izrise tlorisnih pogledov pa smo uporabili

program AutoCAD. Oblak točk smo uvozili v program Geomagic Studio, ki smo ga uporabili za nadaljnje analize. Geometrijo zvonika smo analizirali na štiri načine: izračunali smo nagibe med ravninami zunanjih sten zvonika; določili smo kot nagiba od vertikalne (glede na povezavo centra jabolka in središča spodnje ravnine ter kote nagiba od vertikalne po višinskih nivojih); določili smo horizontalne ravnine po višinskih nivojih (skupno 14 nivojev) in primerjali tlorisne prikaze vogalnih točk; iskali smo prileganje točk zvonika različnim geometrijskim oblikam. V prvi analizi smo ugotovili, da se zvonik v različnih smereh različno nagiba. V drugi analizi smo ugotovili, da znaša kot nagiba od vertikalne zvonika $2^{\circ}52'51''$ (glede na povezavo centra jabolka in središča spodnje ravnine) oziroma da je skupni kot nagiba od vertikalne (glede na višinske nivoje) $2^{\circ}53'02''$. V tretji analizi smo ugotovili, da vogalne točke zvonika izbranih horizontalnih ravnin glede na tlorisno projekcijo ne prikažejo zamika, razlog pa je v različnih dolžinah stranic zvonika. V četrti analizi smo iskali prileganja točk zvonika valju in stožcu/prisekanemu stožcu. Med sabo smo primerjali usmerjenost teles in normale ravnin z računanjem 2D-razdalj. Ugotovili smo, da so odstopanja na celotni višini zvonika pri vseh telesih velika.

Anže Grčar: Izbira in kartografski prikaz kolesarske poti EuroVelo 9 čez Slovenijo

Mentor: doc. dr. Dušan Petrovič

Somentorja: asist. dr. Klemen Kozmus Trajkovski, asist. Gašper Mrak

URL: http://drugg.fgg.uni-lj.si/5172/1/GEU976_Grcar.pdf

V nalogi je obravnavan kartografski prikaz izbrane kolesarske poti med Ljubljano in Sečoveljami. Pot je del kolesarske poti EuroVelo 9 v okviru projekta EuroVelo, ki zajema mrežo daljinskih kolesarskih povezav po Evropi. Predstavljen je kolesarski turizem, ki je po svetu vedno bolj priljubljen, opisane so značilnosti tipičnih uporabnikov kolesarskih poti, njihove navade in zahteve, predstavljenih je tudi nekaj priljubljenih kolesarskih poti v tujini in Sloveniji. V nalogi je poudarek predvsem na predstavitvi tehničnih meril in priporočil za umeščanje daljinskih kolesarskih poti v omrežju EuroVelo, na podlagi katerih so izbrane in obravnavane možnosti za traso daljinske kolesarske poti med Ljubljano in Sečoveljami. Na podlagi terenskega ogleda so bila izdelana še dodatna merila, ki so se uporabljala za vrednotenje možnosti. Vse možnosti so analizirane in ocenjene na podlagi metode vrednotenja variant. S kartografskim prikazom na 17 listih v merilu 1 : 30 000 je nato predstavljena na podlagi tehničnih meril predlagana najprimernejša pot.

Tomi Ozmec: Vzpostavitev geodetske mreže za potrebe ocenjevanja kakovosti oblakov točk aerolaserskega skeniranja

Mentor: doc. dr. Božo Koler

Somentorja: asist. Tilen Urbančič, univ. dipl. inž. geod., asist. Klemen Kregar, univ. dipl. inž. geod.

URL: http://drugg.fgg.uni-lj.si/5173/1/GEU977_Ozmec.pdf

V okviru diplomske naloge smo na območju mesta Radovljica vzpostavili geodetsko mrežo v lokalnem koordinatnem sistemu. Stabilizirali smo 31 točk, na katerih smo z instrumentom Leica TS30 opazovali horizontalne smeri, zenitne razdalje in poševne dolžine. Terensko delo je vsebovalo še višinsko izmero mreže z metodo geometričnega nivelmana. Merjene količine smo nato obdelali ter pripravili za horizontalno in višinsko izravnavo. Izravnane koordinate mreže v lokalnem koordinatnem sistemu smo transformirali v državni koordinatni sistem D96/TM s 7-parametrično transformacijo in izračunali natančnosti transformiranih koordinat. Transformacija je bila narejena z izračunom 7 parametrov transformacije na podlagi 8 veznih točk, podanih v državnem koordinatnem sistemu. Vzpostavljena geodetska mreža se bo v nadaljnjih raziskavah uporabljala za ocenjevanje oblakov točk aerolaserskega skeniranja na tem območju.

VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJ GEODEZIJE

Samo Remic: Cene zemljišč na različnih razvojnih stopnjah v Gorenjski statistični regiji
Mentorica: izr. prof. dr. Maruška Šubic Kovač
Somentor: asist. mag. Matija Polajnar
URL: http://drugg.fgg.uni-lj.si/5134/1/GEV412_Remic.pdf

V diplomski nalogi je predstavljena analiza trga zemljišč na območju Gorenjske statistične regije. V prvem delu so opredeljeni osnovni pojmi s področja nepremičnin, s posebnim poudarkom na zemljiščih. Nadalje so zbrani podatki o oglaševanih in prodanih zemljiščih na območju Gorenjske statistične regije. V drugem delu diplomske naloge so sistematično prikazani rezultati analize posameznih vrst zemljišč ter primerjava med oglaševanimi in prodajnimi cenami zemljišč na območju celotne regije, med posameznimi lokalnimi skupnostmi ter za območje šestih izbranih lokalnih skupnosti, za katere je na voljo največ podatkov. Rezultati analiz, izvedenih v diplomski nalogi, se primerjajo z rezultati analiz trga nepremičnin, ki jih izvajata GURS in spletna stran SLONEP. V sklepu je zaradi pomanjkanja podatkov o cenah zemljišč na nekaterih razvojnih stopnjah ocenjena tudi tržna vrednost zemljišč na podlagi metode razvoja zemljišč, in sicer na območju občin Škofja Loka in Mestna občina Kranj. Rezultati analiz kažejo na velike razlike med oglaševanimi in prodajnimi cenami zemljišč (sicer med najvišjimi v Sloveniji) na območju Gorenjske statistične regije, ki so posledica različnih dejavnikov. Ob tem gre poudariti, da je pričakovano največje povišanje cen zemljišč opaziti pri spremembi namenske rabe iz kmetijskega v nezazidano stavbno zemljišče.

Dani Žorž: Izdelava ortofota iz bližnjelikovnih aeroposnetkov na območju krajinskega parka Sečoveljske soline
Mentorica: doc. dr. Mojca Kosmatin Fras
Somentor: asist. dr. Dejan Grigillo
URL: http://drugg.fgg.uni-lj.si/5133/1/GEV413_Zorz.pdf

Nove tehnologije so v zadnjih nekaj letih omogočile širšo uporabo brezpilotnih letalnikov za zajem prostorskih podatkov. Tudi v okviru te diplomske naloge smo uporabili letalnik, s katerim smo fotografirali območje krajinskega parka Sečoveljske soline, in izdelali ortofoto, ki ga bo naročnik uporabil kot rastrsko podlago v GIS-orodjih za nadaljnje analize. Opisali ter predstavili smo uporabljen brezpilotni letalnik in pripadajoči računalniški program, ki je potreben za načrtovanje in izvedbo zajema bližnjelikovnih aeroposnetkov. Po opravljenem terenskemu delu smo se posvetili obdelavi pridobljenih podatkov in izdelavi končnega ter za naročnika semantično izboljšanega ortofota. Rezultate smo ovrednotili z analizo vplivov na kakovost končnega izdelka, v sklepu naloge pa povzeli svoje ugotovitve.

Kladija Mohorič: Predlog prostorske ureditve naselja Okroglo v občini Naklo
Mentorica: doc. dr. Alma Zavodnik Lamovšek
Somentor: asist. Gašper Mrak
URL: http://drugg.fgg.uni-lj.si/5132/1/GEV411_Mohoric.pdf

V diplomski nalogi so na podlagi teoretičnih izhodišč in analitičnega dela podane razvojne možnosti naselja Okroglo v občini Naklo. V teoretičnem delu so predstavljena izhodišča za urejanje podeželskega prostora ter metodološki pristop k načrtovanju podeželja. V praktičnem delu sta predstavljena občina Naklo in naselje Okroglo v širšem in ožjem prostoru. Opravljena je bila tudi anketa med nekaterimi gospodinjstvi naselja Okroglo. Rezultati vprašalnika kažejo, da so prebivalci z naseljem v splošnem zadovoljni. Pogrešajo le površine

za rekreacijo in počitek, da bi bilo naselje bolj privlačno in bi ga uredili tudi vizualno. V analitičnem delu so predstavljene podrobne prostorske analize, kot so omejitve v prostoru, starost objektov in dejavnosti v naselju, dejanska ter podrobna namenska raba prostora, morfološka in vizualna analiza. Vse analize so grafično prikazane. Kot izhodišče za oblikovanje predloga ureditve naselja je bila izdelana tudi analiza SWOT. V zasnovi ureditve naselja Okroglo smo podali predloge za ureditev vaškega jedra, obnovo propadajočih objektov, ureditev rekreacijskega parka in povezavo naselja Okroglo s Spodnjo Besnico z mostom čez reko Savo.

Bojan Dreu: Izdelava spletne karte z Google Fusion Tables in integracija kart v spletno stran

Mentor: doc. dr. Dušan Petrovič

Somentor: asist. dr. Klemen Kozmus Trajkovski

URL: http://drugg.fgg.uni-lj.si/5174/1/GEV414_Dreu.pdf

V diplomski nalogi je predstavljena izdelava spletne strani s spletno karto, na kateri so označena vodovarstvena območja. Spletna karta je izdelana v Googlovi aplikaciji Google Fusion Tables. To pomeni, da uporabljamo Googlove karte kot podlago za prikaz vodovarstvenih območij in njihovih označb s prometnimi znaki. Naloga večji del opisuje izdelavo kart v Google Fusion Tables in njihovo integracijo v spletno stran. Po vrsti so obravnavane sestava ustrezne datoteke MS Excel, datoteka KML in HTML (označevalni jezik za izdelavo spletnih strani), izdelava spletne karte v Google Fusion Tables, nato je opisan sam postopek izdelave spletne strani. Na koncu so dodana navodila uporabnikom, ki bodo uporabljali spletno stran.

Lejla Salihović: Predlog ureditve konjeniškega šolskega športnega centra Češča vas v občini Novo mesto

Mentorica: doc. dr. Alma Zavodnik Lamovšek

URL: <http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

Namen diplomske naloge je izdelati predlog prostorske ureditve konjeniškega centra Češča vas s širšo okolico, ki obsega obstoječi konjeniški šolski športni center Češča vas in se navezuje na bližnji velodrom. Predlog ureditve temelji na podrobnih analizah širšega in ožjega obravnavanega območja. V teoretičnem delu diplomske naloge so predstavljeni normativi za potrebe konjeniškega športa, pravni okvir urejanja prostora in omejitve pri tem. Z izdelanimi analizami prostora za potrebe konjeniškega športa in njegovega navezovanja na obstoječi velodrom smo oblikovali koncept razvoja konjeniškega šolskega športnega centra Češča vas. Oblikovali smo tudi podrobnejši predlog ureditve konjeniškega centra, ki je prikazan na karti podrobnejšega ureditvenega načrta.

TEHNIČNO UPRAVLJANJE NEPREMIČNIN, 1. STOPNJA

Andrej Pogačnik: Primerjava komasacijskega postopka med Slovenijo in Dansko

Mentor: viš. pred. dr. Miran Ferlan

URL: http://drugg.fgg.uni-lj.si/5138/1/BTU039_Pogacnik.pdf

V diplomski nalogi je predstavljen postopek komasacije v Sloveniji in na Danskem. Podrobno je predstavljen potek komasacije ter ključne razlike v postopkih in ciljeh komasacijskega postopka med državama. Z dolgoletnimi izkušnjami na področju urejanja zemljiške strukture je Danska postala vodilna država, po kateri se zgleduje vse več evropskih držav. Poudarek je na izvajanju komasacije na kmetijskih zemljiščih in prednostih danskega sistema varovanja kmetijskih zemljišč ter pristopa k postopku komasacije.

Marko Jalovec: Analiza potovalnih časov delovne mobilnosti med občinami Slovenije

Mentor: viš. pred. mag. Samo Drobne

URL: http://drugg.fgg.uni-lj.si/5175/1/BTU041_Jalovec.pdf

V diplomski nalogi analiziramo delovno mobilnost med občinami Slovenije v obdobju trinaajstih let, od leta 2000 do 2012. V ta namen smo posebej v izvoru in posebej v ponoru analizirali skupno število prevoženih kilometrov po najkrajši poti ter skupen čas delovne mobilnosti po najhitrejši cestni povezavi z osebnim avtomobilom. Analizo gibanja skupnih prevoženih kilometrov in skupnih potovalnih časov v izvoru in ponoru smo izvedli za 192 občin na začetku analiziranega obdobja (leta 2000). Iz analize smo izločili manj verjetne delovne mobilnosti z razdaljami več kot 140 kilometrov v eno smer. V diplomski nalogi je v pregledu literature najprej opisana zgodovina gradnje slovenskih avtocest in raba avtomobilov, kar je lahko vzrok za vse večjo delovno mobilnost. Sledi opis podatkovnih virov in metodologije dela. Analize smo izvajali v elektronski preglednici Microsoft Excel ter v geografskem informacijskem sistemu ESRI ArcGIS. Posamezne rezultate modeliranja skupnih prevoženih kilometrov in skupnih potovalnih časov v občinah Slovenije smo prikazali na 52 kartah. Gibanje skupnih prevoženih poti in skupnih potovalnih časov po letih pa smo analizirali z modelom linije trenda ter rezultate prikazali na štirih kartah: gibanje prevoženih poti delovne mobilnosti med občinami Slovenije v obdobju 2000–2012 v občini izvora ter v občini ponora, podobni karti pa za gibanje potovalnih časov delovne mobilnosti med občinami Slovenije v analiziranem obdobju, prav tako posebej po izvoru in ponoru. Posebej smo ovrednotili gibanje obravnavanih spremenljivk za urbana središča Slovenije nacionalnega pomena, tj. za petnajst regionalnih središč Slovenije, določenih s Strategijo regionalnega razvoja Slovenije (MOR, 2004).

Matěj Knez: Uporaba virtualnega referenčnega stojišča pri statični in kinematični metodi izmere GNSS

Mentorica: doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren

URL: http://drugg.fgg.uni-lj.si/5137/1/BTU038_Knez.pdf

Na območju Novega mesta smo s statično metodo izmere GNSS trem točkam določili položaj v koordinatnem sistemu ETRS89. Z izravnavo GNSS-mreže treh točk z navezavo na stalno bazno postajo Trebnje smo pridobili referenčne rezultate, na katere se nanašamo skozi celotno analizo rezultatov različnih testov obdelav opazovanj. V prvem delu diplomske naloge opisujemo metode izmere GNSS, koncept slovenskega omrežja stalnih GNSS-postaj SIGNAL, terensko izmero in obdelavo opazovanj GNSS-statične metode izmere. V drugem delu se posvetimo analizi pridobljenih rezultatov in različnih testov naknadnih obdelav. V analizi rezultatov preizkušamo tri hipoteze, ki smo jih postavili na začetku diplomske naloge. V prvem delu analize rezultatov opravimo več različnih testov naknadnih obdelav, kjer je za dano točko uporabljeno virtualno referenčno stojišče. S testi preverimo, ali so rezultati naknadne obdelave statične izmere GNSS z navezavo na VRS po kakovosti določite koordinat novih točk primerljivi z rezultati naknadne obdelave z navezavo na stalne postaje GNSS. V drugem delu analize rezultatov pa primerjamo rezultate RTK-metode izmere na vseh treh točkah. S to primerjavo pokažemo, da lahko z daljšim časom opazovanj pridemo na točnost določitve položaja reda velikosti enega centimetra. V sklepu diplomske naloge podamo končne ugotovitve opravljenih analiz.

Samo Rebernik: Geodetske meritve pri gradnji mikropredorov

Mentor: izr. prof. dr. Tomaž Ambrožič

Somentor: izr. prof. dr. Dušan Kogoj

URL: http://drugg.fgg.uni-lj.si/5139/1/BTU040_Rebernik.pdf

V diplomskem nalogi je predstavljena tehnologija gradnje mikropredorov (mikrotuneliranje). Podrobneje je razložen postopek načrtovanja, vzpostavitev in izmere geodetske mreže, opisana je merska oprema in metoda izmere, predstavljen pa je tudi postopek kontrolnih geodetskih merjenj pred začetkom vrtanja, v fazi vrtanja in po končanem vrtanju. Ocenjena je natančnost kontrolnih geodetskih meritev v fazi vrtanja. Poseben poudarek je namenjen opisu praktičnega primera izvedbe geodetskih merjenj pri gradnji štirih mikropredorov. Ugotovljeno je, da smo lahko z razporeditvijo danih točk, izbrano mersko opremo in metodo dela izpolnili zahteve naročnika po natančnosti preboja vrtalnega stroja v izstopno gradbeno jamo. Natančnost preboja naj bi bila 500 mm ali manj.

Klemen Krančič: GNSS-izmera z analizo stanja na izbranem melioracijskem območju

Mentorica: doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren

Somentor: doc. dr. Miran Kuhar

URL: http://drugg.fgg.uni-lj.si/5221/1/BTU042_Krancic.pdf

V diplomski nalogi podrobno obravnavamo razliko v višinah, ki jih pridobimo z dvema povsem različnima postopkoma. Prvi sloni na geodetski terenski izmeri, drugi izbaja iz pridobitve podatkov iz lidarskega digitalnega modela višin (DMV). V nalogi smo se odločili vprašanje proučiti na izbranem melioracijskem območju Ljubljanskega barja. Z uporabo RTK-metode izmere GNSS smo določili 3D-koordinate točk na skupno 13 prečnih profilih na dveh vzporednih melioracijskih jarkih, ki se uporabljata za odvodnjavanje padavinskih voda. Kakovost terenskih meritev smo lahko preverjali sproti ob merjenju, saj smo uporabili RTK-metodo izmere, ki omogoča določitev koordinat in njihove kakovosti v realnem času. Nadalje smo geometrijsko določene elipsoidne višine pretvorili v fizikalne normalne – ortometrične višine z uporabo modela geoida Slovenije. V drugem delu naloge smo za povsem iste točke, ki smo jim na terenu določili višine z GNSS-višinomerstvom, določili višine iz lidarskega DMV. Grafično smo predstavili rezultate dveh različnih nizov višin in jih nadalje statistično ovrednotili. Iz pridobljenih rezultatov lahko ugotovimo, da so razlike v različno pridobljenih podatkih višin znatne, zato je izvedba terenske izmere boljša izbira za določitev kakovostnih podatkov, ki jih potrebujemo za nadaljnje študije.

GEODEZIJA IN GEOINFORMATIKA, 2. STOPNJA

Andrej Senekovič: Vpliv novega višinskega datuma na obstoječe geodetske načrte

Mentor: doc. dr. Božo Koler

Somentorja: doc. dr. Miran Kuhar, asist. Tilen Urbančič

URL: http://drugg.fgg.uni-lj.si/5141/1/BGG2003_Senekovic.pdf

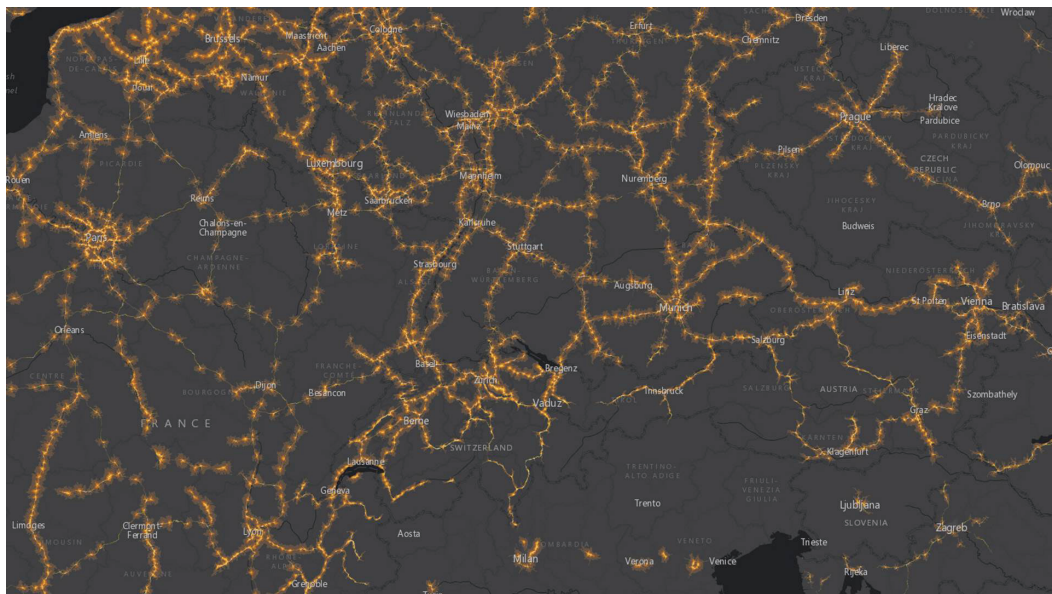
V magistrskem delu so predstavljeni postopki in rezultati kontrole točnosti višin na izbranih geodetskih načrtih. Višine na območjih geodetskih načrtov so bile določene z metodo trigonometričnega višinomerstva in z navezavo na reperje. Točnost višin na geodetskih načrtih smo preverjali, da bi ocenili vpliv spremembe višinskega datuma v Sloveniji. Analiziranih je bilo 17 primerov geodetskih načrtov iz vse Slovenije. Prestavljeni so rezultati primerjave višin, preračunanih na različne višinske datume z višinami na geodetskih načrtih. Narejena je primerjava za višinske datume Trst, Koper in Amsterdam.

GEO & IT NOVICE

Aleš Lazar, Klemen Kregar

Dostopnost do avtocest v Evropi

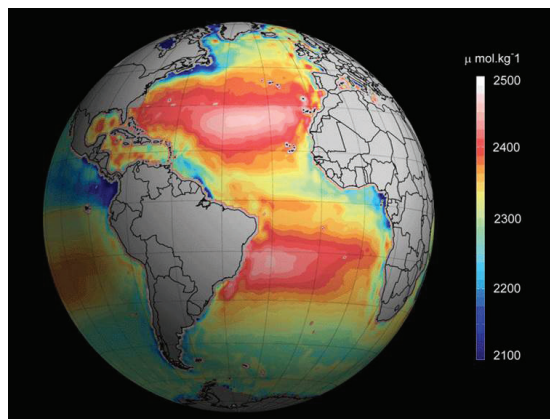
Na spletni strani podjetja Esri so objavljene zanimive karte, izdelane z njihovimi orodji. Tokrat nam je v oči padel izdelek, ki prikazuje dostopnost do avtocest po Evropi. Na voljo je na naslovu <http://goo.gl/Natuwx>. Že hiter pogled nam pokaže zanimive vzorce. Medtem ko se avtoceste nekaterim mestom niti ne približajo, so druga dobesedno prepletena in obdana z njimi. Karta omogoča interaktivno približevanje, na umirjeni kartografski podlagi so z živorumenimi otenki prikazana območja, ki so od avtoceste oddaljena 1, 3 ali 5 minut vožnje. Poleg podatkov o dostopnosti lahko vključimo še geolocirane posnetke iz javnih omrežij Instagram, Flickr, YouTube in Webcams.travel, s katerimi lahko dobimo vpogled na avtocestno omrežje na povsem lokalni ravni. Morda so podatki, ki so jih imeli ustvarjalci karte na voljo, za območje Slovenije nepopolni, ali pa je prikaz na karti pogojen tudi s številom prebivalcev ali vozil. Videti je namreč, kot da Slovenija, z izjemo Ljubljane, ni pokrita z avtocestami.



Vir: Esri, avgust 2015 – <http://www.esri.com/products/maps-we-love/highway-access>

Satelitski posnetki za spremljanje okolja

Spletni portal GIS Lounge in skupno raziskovalno središče pri Evropski komisiji (JRC) sta objavila zanimiva prispevka o uporabi satelitskih posnetkov za spremljanje naravnega okolja.



Raziskovalci z univerze Exter v Veliki Britaniji so izdelali karto kislosti oceanov. Morska voda menda vsrka četrtno toplogrednih plinov. To pomeni, da imajo oceani pomembno vlogo v procesu globalnega segrevanja. Absorbirani ogljikov dioksid pa povečuje kislost morske vode, ki posledično vpliva na življenje v morju. Ameriška agencija za oceane in atmosfero NOAA ocenjuje, da se je kislost na morski gladini od industrijske revolucije povečala že za 30 %. Merjenje kislosti morij je problematično, saj so za to potrebna relativno draga plovila

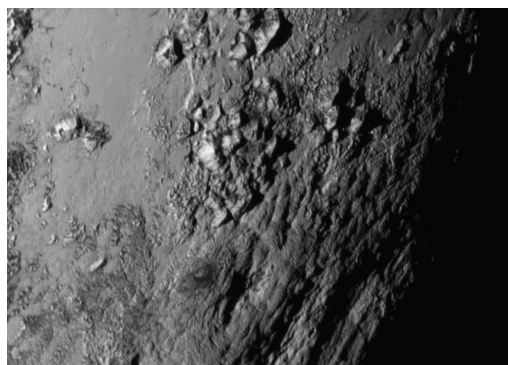
oziroma boje, vendar je težavo mogoče rešiti z daljinskim zaznavanjem. Za izdelavo karte so uporabili posnetke Nasinega satelita Aquarius in Esinega SMOS (angl. Soil Moisture and Ocean Salinity). Iz termalnih kanalov, ki merijo temperaturo, in mikrovalovnih kanalov, ki merijo slanost vode, se da oceniti slanost. Karta kaže, da so odprta območja bolj odporna proti kislosti, območja pri gosteje naseljenih obalah pa bolj ogrožena. Bolj kislá voda negativno vpliva na živali, saj oslabi apnenčaste lupine in oklepe školjk ter rakov, opazili pa so tudi, da so ribe v kisli vodi bolj plahe.

Raziskovalci središča JRC so poleg tega z Landsatovimi posnetki ocenili zmanjšanje pokritosti z gozdom v brazilskih ekoloških regijah Cerrado in Caating v preteklih dveh desetletjih. Območji pokrivata 35 % površja Brazilije in sta južno od amazonskega tropskega gozda, ki mu je bilo doslej namenjene veliko več pozornosti glede spremljanja krčenja gozdov. V navedenih regijah so zaznali 47- in 63-odstotno zmanjšanje pokritosti z gozdom, predvsem na račun pridobivanja kmetijskih zemljišč. Ocenili so, da se gozdne površine v povprečju zmanjšajo za 0,6 % in 0,3 % na leto. Zmanjševanje gozdov na tem območju povečuje tveganje za dezertifikacijo.

Vir: JRC, avgust 2015 – <https://ec.europa.eu/jrc/>; GISLOUNGE, avgust 2015 – <http://www.gislounge.com>

Novosti o Plutonu

Ameriška vesoljska agencija Nasa je s sondo New Horizon sredi julija 2015 pridobila prve bližnje meritve in fotografije planeta Pluton ter njegovih lun. Analize meritev in fotografije so pokazale, da je Pluton poln tekočih ledenikov in obdan s 150-kilometrsko plastjo meglice. Plutonovo površje je zelo razgibano (tudi kemično) in polno vzpetin. Najvišje med njimi segajo do 3500 metrov v višino in so najverjetneje sestavljene iz vodnega ledu. Metanov in dušikov led, ki prekrivata večino površja, sta namreč prešibka za tako ogromne strukture. Z geološkega vidika je površje precej mlado: nastalo naj bi najpozneje pred sto milijoni let. To je v primerjavi s 4,5 milijarde let obstoja Osončja zelo malo in kaže, da je Pluton geološko dejaven planet.



Znake geološke dejavnosti kaže tudi največja Plutonova luna Haron. Na njej je videti nekaj kraterjev, a daleč premalo za zapuščino, ki bi jo morale pustiti milijarde let »bombardiranja« s preostalimi telesi Kuiperjevega pasu. Na fotografijah so znanstveniki prepoznali več kot tisoč kilometrov dolg kanjon, ki naj bi bil globok od štiri do devet kilometrov.

Pluton, uradno odkrit 18. 2. 1930, je do leta 2006 veljal za najbolj zunanji, deveti in zadnji planet od Sonca. Na srečanju mednarodne astronomske zveze IAU v Pragi avgusta 2006 pa so sodelujoči sprejeli sklep, po katerem Pluton skupaj z nekaterimi podobnimi nebesnimi telesi spada v ločeno družino kot čezneptunsko telo. Naj spomnimo, da je pritlikavi planet Erida, odkrit 21. 10. 2003, najbolj oddaljeno poznano telo v Sončevem sistemu. Erida spremlja vsaj en naravni satelit, Disnomija.

Vir: MMC RTV Slovenija, julij 2015 – <http://www.rtvlo.si/znanost-in-tehnologija/>

Faro Freestyle^{3D} ročni laserski skener

Podjetje Faro je na trg poslalo ročni skener Freestyle^{3D}. Skener je triangulacijski, enota na spodnjem kraku oddaja lasersko svetlobo, na zgornjih krakih sta dve infrardeči kameri, na sredini pa je viskoločljiva RGB-kamera, ki zajema podatke o barvi objekta. Instrument je namenjen skeniranju na razdalji od 0,5 do 3 metrov. V tehničnih specifikacijah navajajo, da je resolucija skeniranih točk nižja od milimetra, 3D-točnost točk je manjša od 1,5 milimetra, gostota skeniranja pa pri skeniranju z razdalje pol metra znaša 45.000 točk/m².



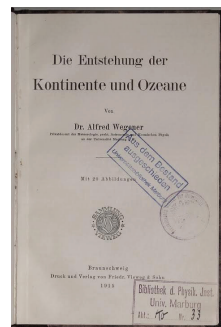
Instrument je idealen za naloge, pri katerih je treba hitro in natančno skenirati manjše objekte iz različnih zornih kotov, na primer v gradbeništvu, industrijski proizvodnji ali forezniki.

Sam instrument tehta manj kot kilogram, upravljamo pa ga s tabličnim računalnikom. Uporabniški vmesnik je enostaven in učinkovit, prilagojen za delo v strokah, katerih primarna naloga ni zajem prostorskih podatkov. Instrument je za obliko prejel oblikovalsko nagrado Red Dot 2015.

Vir: Faro, avgust 2015 – <http://www.faro.com/products/3d-documentation>

100. obletnica izida knjige A. Wegenerja *O nastanku celin in oceanov*

Letos mineva stoletje od prve izdaje knjige enega od avtorjev teorije tektonike plošč, nemškega geofizika (meteorologa) Alfreda Wegenerja. Čeprav Wegener ni bil prvi, ki je omenjal teorijo o »potovanju celin«, je v navedenem delu bolj podrobno opisal svoje videnje tega pojava. Knjiga vsebuje karto, ki pojasnjuje poledenitve na sedaj tropskih območjih. Domneval je, da so bile celine združene v bližini južnega tečaja pred tristo milijoni let. Tudi sam je najprej dvomil o potovanju celin, potem pa je naletel na članek, v katerem je opisana podobnost fosilov kopenskih živali v Južni Ameriki in Afriki, ter ugotovil, da je po mnenju večine paleontologov morala nekoč obstajati kopenska povezava med celinama.



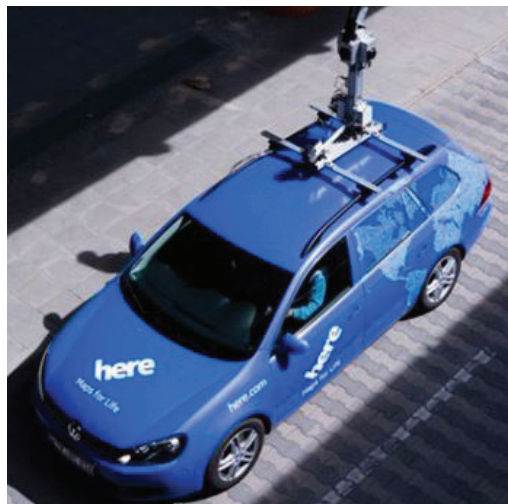
Njegovih zamisli najprej niso upoštevali in so jih celo zasmehovali, saj so ga imeli za norega. Preteklo je kar nekaj časa, preden so hipotezo sprejeli strokovnjaki s področja geologije. Njegova teorija je bila 40 let pozabljena, saj naj ne bi bilo dovolj dokazov zanje. Njegove zamisli so postale osnova teorije o tektoniki plošč, o kateri se danes učijo otroci v osnovni šoli. Velja za eno najpomembnejših znanstvenih spoznanj s področja geologije, saj so lahko na njeni podlagi pojasnili marsikateri pojav, ki se ga prej ni dalo razložiti.

Vir: Kvarkadabra, 2009 – <http://www.kvarkadabra.net/o-nastanku-kontinentov-in-oceanov>

Družba Nokia HERE kupil avtomobilski industrijski konzorcij

Nemški proizvajalci avtomobilov Audi, BMW in Daimler (lastnik Mercedes-Benz) so za 2,8 milijarde evrov kupili Nokiin oddelek za zemljevide HERE. Nokia s to potezo nadaljuje konsolidacijo poslovanja, potem ko so že predlani prodali svoj oddelek za mobilno telefonijo Microsoftu. Odprodaja oddelka za zemljevide jim bo omogočila, da se osredotočijo na svojo temeljno dejavnost, to je telekomunikacijsko infrastrukturo. Zaradi tega so se letos združili s francosko-ameriško družbo Alcatel-Lucent.

Družba Nokia HERE, ki je imela zadnji dan letošnjega junija 6454 zaposlenih, je v prvem letošnjem polletju ustvarila 552 milijonov evrov prihodkov, kar je zadoščalo za 46 milijonov evrov dobička v tem obdobju. Več kot dvesto njihovih avtomobilov je opremljenih s sistemom za mobilno lasersko skeniranje.



Digitalni zemljevidi HERE so že zdaj močno prisotni v avtomobilski industriji, so pa tudi zelo pomemben dobavitelj lokacijskih storitev za mobilne naprave z vsemi večjimi operacijskimi sistemi. V prihodnosti lahko pričakujemo tako imenovane pametne avtomobile, ki bodo prek mobilnih omrežij pridobivali podatke o dogajanju v bližnji in daljni okolici, na primer o nesrečah in zastojih, kar jim bo omogočalo sprotno načrtovanje in spreminjanje poti.

Vir: GIM International, avgust 2015 – <http://www.gim-international.com>

Fotoaparati Phase One iXU-R



Dansko podjetje Phase One je izdelalo novo serijo fotoaparátov iXU-R, ki so namenjeni zajemanju posnetkov iz zraka. Vsi fotoaparati so majhni, lahki in omogočajo namestitve na UAV-sisteme. Odlikuje jih visoka resolucija in visoko zmogljiva optika. Omogočajo zajem posnetka s 60 in 80 megatočkovnim senzorjem ter v 60 MP akromatski verziji. Nanje je mogoče namestiti leče Phase One Rodenstock z goriščno razdaljo 40 mm, 50 mm in 70 mm.

Najzmogljivejši model iXU-R 180 ima senzor z resolucijo 80 MP, vendar kljub temu omogoča hiter zajem fotografije. Fotoaparate je mogoče uporabiti z različnimi GPS- in IMU-sistemi ali pa samostojno za bližnjelikovno fotogrametrijo. Namenjeni so zahtevnejšim uporabnikom in so višjega cenovnega razreda.

Vir: GIM International, avgust 2015 – <http://www.gim-international.com>

Windows 10

Dne 29. julija je izšla nova različica Microsoftovega operacijskega sistema Windows 10. Namenjena je osebnim računalnikom, različica za mobilne telefone in tablice bo izšla nekoliko pozneje. Za uporabnike Windows 7 in 8.1 bo nadgradnja na 10 brezplačna, druge pa stane nekaj več kot sto evrov. Operacijski sistem je že takoj ob izidu na voljo tudi v slovenščini.

Z desetico Microsoft popravlja napake Windows 8. Takrat je stavil na uporabniški vmesnik, prilagojen zaslonom na dotik, ki pa se med uporabniki ni prijel, zato so mnogi ostali na Windows 7 ali celo na zastarelih XP. Z Windows 10 se vrača začetni meni (start), ki pa je nekakšna mešanica starega iz Windows 7 (seznam programov) in ploščic iz Windows 8, torej združuje oba svetova, dotik in upravljanje z miško. Dvojnost sistema, ki je uporabnike odganjala, je stvar preteklosti.

Novost je brskalnik Edge (Project Spartan), ki menda deluje dobro, ni pa še jasno, kako bo s podporo kvalificiranim digitalnim potrdilom in drugim funkcionalnostim iz Internet Explorerja. Izboljšane so marsikaterne aplikacije, denimo predvajalnik, e-poštni odjemalec in tudi trgovina za aplikacije.

Zaradi hitrega razvoja tablic in pametnih telefonov se je Microsoft z Windows 8 odločil izdelati en operacijski sistem, ki bo deloval na vseh platformah. Ker jim drzne vizije ni uspelo uresničiti, je večina snovalcev osmice, s Stevenom Sinofskym na čelu, odšla iz podjetja. V Microsoftu upajo, da bodo uporabniki znova vzljubili okna. »Windows 10 smo razvili na podlagi povratnih informacij več kot petih milijonov oboževalcev. Uresničuje našo vizijo bolj osebne računalništva z bolj naravno, mobilno in zaupanja vredno uporabniško izkušnjo,« se glasi uradna izjava novega okenskega šefa Terryja Myersona.

Microsoftov cilj je v treh letih pritegniti milijardo uporabnikov Windows 10 na vseh napravah (računalnikih, tablicah, telefonih ...).

Vir: Delo, avgust 2015 – <http://www.delo.si/znanje/>

Morda niste vedeli:

- Letos julija se je gigantsko podjetje Google reorganiziralo v več manjših podjetij, kar je ena izmed največjih reorganizacij tehnoloških podjetij do zdaj. Predhodni Google je zdaj le hčerinsko podjetje pod okriljem podjetja Alphabet, Inc., ki je tudi prevzelo trgovanje z delnicami podjetja Google. Google bo še naprej razvijal iskalnik, operacijski sistem Android, portal Youtube in druge spletne rešitve. Projekti, kot so razvoj samovozečega vozila, širjenje dostopa do interneta v državah v razvoju z visokoletečimi baloni, termostati Nest in med drugim tudi pametna očala Google Glass, se bodo preoblikovali v ločena hčerinska podjetja, od katerih bo vsako zase vodilo poslovni del ter poročalo o doseženih poslovnih rezultatih. (Vir: Računalniške novice, julij 2015)
- Klemen Triler s Police pri Naklem je letos postavil hitrostni rekord na slovenski planinski poti. Za 599 kilometrov dolgo pot s 45 kilometri vzpona in 45 kilometri spusta je porabil 7 dni, 11

ur in 25 minut. Klemen je član slovenske reprezentance v turnem smučanju in izkušen gorski tekač z ogromno pretečenimi kilometri. Na poti ga je bodrilo skupno 50 gorskih tekačev. (Vir: Planet Siol.net, avgust 2015)

- Tik pred zaključkom redakcije smo izvedeli, da je 4. septembra naziv rekorderja Slovenske planinske poti znova prevzel Marjan Zupančič. Tekel je 7 dni, 8 ur in 10 minut. Trilerja je prehitel za 3 ure in četrto, svoj prejšnji rekord pa je s tem izboljšal za 6 ur 35 minut. V uredništvu Geo & IT novic upamo, da se do izida številke rezultat ne bo več spreminjal. (Vir: turni.si, september 2015)

Aleš Lazar, univ. dipl. inž. geod.

3D ATA, d. o. o.

Ulica Mirka Vadnova 1, 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

27. KONFERENCA IN 16. KONGRES MEDNARODNEGA KARTOGRAFSKEGA ZDRUŽENJA

RIO DE JANEIRO, BRAZILIJA, 23.–28. AVGUST 2015

Dušan Petrovič

Sedemindvajseta konferenca mednarodnega kartografskega združenja ICA/ACI (uradno International Cartographic Association/Association Cartographique Internationale) je potekala od 23. do 28. avgusta 2015 v brazilskem Riu de Janeiru. Zaradi oddaljenosti je bilo pol manj udeležencev kot na zadnjih dveh konferencah, uradno je bilo registriranih dobrih 650 kartografov in drugih strokovnjakov, ki se posredno ukvarjajo s kartografijo in sorodnimi geoinformacijskimi znanostmi. Konferenca je bila organizirana v kongresnem centru Sul America v severnem delu velikanske metropole, ki leto pred olimpijskimi igrami kaže kaj malo podobe prihodnjega olimpijskega mesta. Iz Slovenije sva dogodek obiskala kartografa z Geodetskega inštituta Slovenije ter Fakultete za gradbeništvo in geodezijo UL.

Na otvoritveni slovesnosti smo s podporo Organizacije združenih narodov uradno razglasili mednarodno leto karte s sloganom *Ljubim karte*, ki bo trajalo do konca leta 2016 in je za vse, ki delamo s prostorskiimi podatki, priložnost za večjo prepoznavnost stroke ter okrepitev zavedanja o potrebah po zbiranju, (kartografski) predavitvi in uporabi prostorskih podatkov.

Pregled stanja in smernic na področju kartografije in sorodnih geoinformacijskih znanosti so vsakodnevno pričeli posamezni prepoznavni govorniki s področja kartografije in geoinformatike, nato smo o razvojnih nalogah, raziskavah, pogledih uporabnikov in *še marsičem spregovorili* udeleženci v skupno kakih *štiristo* predstavitev, ki jim je bilo dodanih še več kot sto predstavitev na posterjih. Slovenska predstavnika sva prispevala tri predavitve. Srečale so se vse komisije in delovne skupine ICA, nekatere so pred konferenco izvedle tudi delavnice. Na spremljevalni razstavi je bilo predstavljenih več kot štiristo analognih kart, digitalnih kartografskih izdelkov, atlasov in globusov, vzporedno so bile pripravljene tri dodatne razstave kart v različnih kulturnih ustanovah v mestu. Tradicionalno so bile na razstavi predstavljene otroške risbe s kartografsko tematiko, pri čemer je Slovenija zelo uspešno sodelovala z osmimi risbami otrok. Risba *Ves svet je na isti ladji* osemletnega učenca z osnovne šole Antona Martina Slomška na Vrhniki je v kategoriji otrok, starih od 6 do 8 let, prejela prvo nagrado ocenjevalne žirije, kar je prvo tovrstno priznanje za Slovenijo na kartografskih konferencah. Organizatorji so pripravili še različne tehnične obiske in družabne dogodke, med njimi tudi tekmovanje v orientacijskem teku na ozkem, a žal precej nasmetenem polotoku v okolici ene izmed univerz.

Dneva pred konferenco in po njej smo se nacionalni predstavniki zbrali tudi na 16. kongresu oziroma generalni skupščini ICA/ACI. Poleg sprejetja poročil in obravnave programov dela za naslednje obdobje ter sprejetja nekaterih popravkov in sprememb statuta smo izvolili novo vodstvo združenja. Predsednik v naslednjem štiriletnem obdobju bo svetovno znani pisec knjig in prispevkov s področja kartografije in geoinformatike prof. Menno-Jan Kraak z univerze Twente na Nizozemskem, generalni sekretar pa ostaja

prof. László Zentai z univerze Etvos v Budimpešti. Potrjene so bile tudi komisije in delovne skupine, prvič bo vodenje ene izmed komisij ICA, in sicer Komisije za gorsko kartografijo, pripadlo Slovencu doc. dr. Dušanu Petroviču. Izbrali smo še gostitelja kongresa in konference čez štiri leta, ko se bomo zbrali v Tokiu, še prej pa na kongresu leta 2017 v ameriški prestolnici Washington.

Imenovanje let 2015 in 2016 za mednarodno leto karte predvideva organiziranje najrazličnejših, čim bolj javno prepoznavnih aktivnosti po posameznih državah. V Sloveniji bo osrednja prireditev kartografski tematiki posvečen Geodetski dan v marcu, ki se ga bodo udeležili nekateri vodilni predstavniki mednarodnega kartografskega združenja ICA. O nekaterih drugih predvidenih dejavnostih bomo javnost obveščali na spletnih straneh Sekcije za kartografijo pri Zvezi geodetov Slovenije, veselili pa se bomo tudi vseh vaših pobud in predlogov.



Slika 1: Potrdilo o prejemu nagrade Andraža Umka za sliko *Ves svet je na isti ladji* (slika na naslovnici te številke Geodetskega vestnika).



Slika 2: Posnetek z odprtja konference.

dr. Dušan Petrovič

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
e-naslov: dusan.petrovic@fgg.uni-lj.si

26. SEDLARJEVO SREČANJE – VIZIJE PROSTORSKEGA RAZVOJA: UREJANJE VODA

Anton Prosen

V organizaciji Društva urbanistov in prostorskih planerjev Slovenije (DUPPS) je 12. junija 2015 v Mestnem muzeju v Ljubljani potekal strokovni posvet z zanimivo in aktualno temo *Vizije prostorskega razvoja: urejanje voda*. DUPPS je letos organiziral že 26. Sedlarjevo srečanje. Z njim je želel zaznamovati kar dva pomembna jubileja, in sicer:

- 40 let, odkar nas je prežgodaj zapustil prof. dr. Saša Sedlar, urbanist evropskega merila, po katerem je poimenovano vsakoletno srečanje slovenskih urbanistov in prostorskih planerjev;
- 150 let od rojstva prof. dr. Maksa Fabianija, priznanega kraškega arhitekta in urbanista, po katerem so poimenovane nagrade za izjemna dela na področju urbanizma in prostorskega planiranja, ki jih vsako leto podeljuje DUPPS. Fabianiju je bil posvečen tudi del predavanj.

Oba spoštovana rojaka še vedno navdihujeta urbaniste in planerje s svojo ustvarjalno močjo, nadčasnostjo v delih, ki sta jih ustvarila, in besedah, ki sta jih zapisala. Oba sta bila vplivna in močno vpeta v čas, v katerem sta delovala, v zadnjem obdobju Fabianijevega življenja pa sta bila tudi sodobnika.

Letošnje Sedlarjevo srečanje je bilo pravzaprav posvečeno Fabianijevim vizijam urejanja voda. Fabianijevi predlogi za regulacije mest in voda so bili daljnovidni in so še vedno aktualni. To dokazuje regulacijski načrt popotresne obnove Ljubljane (iz leta 1895), v katerem je zasnoval notranji cestni ring, ki je bil dokončan v letu 2012, in Fabianijev most (čez Cukrarno). Še več pozornosti na srečanju je bilo posvečeno aktualnim dobrim praksam urejanja voda doma in po svetu.

Strokovno srečanje je bilo razdeljeno na tematske sklope. Z uvodnimi nagovori so nastopili **Zoran Janković**, župan mestne občine Ljubljana, **dr. Liljana Jankovič Grobelšek**, predsednica DUPPS, **prof. Janez Koželj**, podžupan mestne občine Ljubljana in predavatelj na Fakulteti za arhitekturo v Ljubljani, **Nikolaus von Peter** iz kabineta evropske komisarke za promet Violete Bulc in **Barbara Radovan**, generalna direktorica Direktorata za prostor, graditev in stanovanja pri ministrstvu za okolje in prostor.

Drugi del je bil posvečen delu prof. dr. Maksa Fabianija. **Prof. dr. Lučka Ažman Momirski** z ljubljanske Fakultete za arhitekturo in iz društva DUPPS je nastopila s prispevkom *Urbanizem obalnega pasu med Tržičem in Koprom: načrti Maksa Fabianija*. Sledil je **mag. Miran Gajšek** iz mestne občine Ljubljana s prispevkom *Fabianijevo regionalno prostorsko načrtovanje in vodna pot severni Jadran–Donava v luči kohezijske politike EU*. Naslednji je bil **Ivan Stanič** iz mestne občine Ljubljana s prispevkom *Fabianijevo urbanistično načrtovanje javne koristi*. Kot zadnja v tem sklopu je nastopila **Tina Jazbec** iz Ustanove Maks Fabiani s prispevkom *Maks Fabiani, urbanizem vasi in manjših krajev 1917–1922*.

Na temo aktualnih rešitev, urbanističnih in planerskih projektov so s predstavitvami nastopili naslednji predavatelji: **prof. mag. Peter Gabrijelčič**, Fakulteta za arhitekturo v Ljubljani: *Voda kot priložnost*; **Sandra Jakopec**, predsednica Združenja urbanistov Hrvaške: *Priprava projekta Koncept prostornog razvoja Savskog bazena* (Priprava projekta Koncept prostorskega razvoja savskega bazena); **mag. Igor Cotič**, Urbana regeneracija d. o. o.: *Sava, reka, ki povezuje*; **mag. Jelka Hudoklin**, Acer Novo mesto d. o. o.: *Hidroelektrarne na Spodnji Savi – nova podoba reke* in **Renata Gorjup, Ines Lupše**, Direktorat za prostor, graditev in stanovanja, MOP: *Urejanje voda v prostorskih načrtih – dileme celostnega prostorskega načrtovanja*.

V tretjem sklopu strokovnih predstavitev, ki je bil namenjen aktualnim rešitvam in projektom, so nastopili: **mag. Rok Fazarinc**, IZVO-R d. o. o.: *Urejanje voda – zagotavljanje poplavne varnosti*; **dr. Aleš Bizjak**, Inštitut za vode RS: *Razvojni koncept rečnega koridorja Drave od Maribora do Zavrča*; **Tomaž Grilj**, MOP, Urad za upravljanje z vodami, **Matej Cunder** in **Maja Kregar**, Inštitut za vode Republike Slovenije: *eVode*; **Primož Kogovšek**, Agencija RS za okolje, **mag. Luka Štravs**, MOP, Urad za upravljanje z vodami: *Atlas voda in LIDAR – Novi javno dostopni in brezplačni sistemi za dostop do prostorskih podatkov s področja upravljanja z vodami* ter **mag. Jurij Režek**, Geodetska uprava Republike Slovenije, **Sandi Berk**, Geodetski inštitut Slovenije, **Matjaž Grilc**, Digi data d. o. o.: *Lahko slabi prostorski podatki spremenijo tok vode?*

Kot je razvidno iz navedenih naslovov, so se predstavitve navezale na aktualno tematiko urejanja voda in obvodnega prostora (Sava v Ljubljani in Zagrebu, Spodnja Sava, Drava). Obravnavana je bila problematika poplav, nujnost sprejetja protipoplavnih ukrepov v Ljubljani itn. Predstavljena je bila Fabianijeva vizija transportne vodne poti, ki naj bi povezala severni Jadran – reko Sočo z Donavo pri Bratislavi. Predstavljene so bile primerjave z današnjimi izzivi vodnih poti in vode kot povezovalnega elementa, kar je strokovnemu srečanju dodalo aktualnost in zanimivost za javnost.

V DUPPS smo bili veseli in počaščeni, da so prišli na srečanje vsi povabljeni gostje: župan in podžupan Ljubljane Zoran Janković in prof. Janez Koželj, Nikolaus von Peter iz generalnega direktorata za promet, Barbara Radovan, generalna direktorica Direktorata za prostor na MOP, prof. Peter Gabrijelčič, dekan Fakultete za arhitekturo, Sandra Jakopec, predsednica Združenja urbanistov Hrvaške, dr. Aleksandar Jevtič, podpredsednik Združenja urbanistov Srbije. S prisotnostjo so nas počastili tudi nekateri ugledni še aktivni in upokojeni kolegi urbanisti in prostorski planerji.

Izpeljana so bila vsa najavljena predavanja, vsa so bila kakovostna in zanimiva, torej bodo lahko strokovni javnosti v pomoč pri iskanju pravih prostorskih rešitev. Srečanja se je udeležilo več kot 70 kolegic in kolegov urbanistov ter gostov. Na koncu so se nekateri organizatorjem zahvalili z željo, da bi se tovrstna srečanja nadaljevala in bi se DUPPS spet aktiviral kot civilna organizacija, ki združuje strokovno javnost s področja urbanizma in prostorskega planiranja ter poleg druženja ponuja izmenjavo izkušenj in strokovne informacije s področja urbanizma in prostorskega planiranja. Zavedati se moramo, da ravno današnji čas od urbanista in prostorskega planerja zahteva visoka etična in strokovna načela, zato si je novo vodstvo DUPPS-a zastavilo širok program dela, s katerim želi izpolniti svoje poslanstvo do strokovne in tudi laične javnosti.

Na srečanju smo se dogovorili, da bomo ob objavi zbornika referatov pripravili okroglo mizo. Letos oktobra namreč že drugič zaznamujemo mesec prostora, ki ga zaokrožata dva mednarodna dneva Organizacije Združenih narodov – 5. oktobra svetovni dan Habitat in 31. oktobra svetovni dan mest. Osrednja tema letošnjega meseca prostora bo namenjena prostorskemu razvoju urbanih območij. Zbornik Sedlarjevega srečanja bo tokrat izšel kot posebna številka Urbanega izziva, zato bo okrogla miza s predstavitvijo potekala na Urbanističnem inštitutu RS. Datum dogodka bo pravočasno objavljen.

Zainteresirane lepo vabimo, da si ogledate videoposnetek prireditve na spletni strani društva (www.dupps.si)!

dr. Anton Prosen

*za Društvo urbanistov in prostorskih planerjev Slovenije
e-naslov: prosenanton@gmail.com*

Zveza geodetov Slovenije
LJUBLJANSKO GEODETSKO DRUŠTVO

21. TRADICIONALNO SREČANJE NA KRIMU

Simona Čeh

Prijetno junijsko sobotno jutro (6. junij 2015) je kar vabilo v naravo, zato se nas je na Krimu spet zbralo lepo število ljubiteljev športa in vsega preostalega. Kot že tolikokrat doslej, so se tudi letos tekmovalci med seboj pomerili v standardnih disciplinah – kolesarjenju, teku in pohodu. Z udeležbo so nas znova razveselili stanovski kolegi iz primorskega geodetskega društva, smo pa letos pogrešali kolege iz društva geodetov severovzhodne Slovenije. Močno upamo, da se nam spet pridružijo naslednje leto. Športnega duha med tekmovalci znova ni manjkalo, dobro voljo in željo po izvrstnih dosežkih je bilo čutiti povsod, zato je bila razglasitev rezultatov težko pričakovana. Tudi tokrat jo je prizadevno izpeljal Miloš Šušteršič, vsi najboljši in najbolj vztrajni so tudi letos svoj uspeh okronali s pokalom ali spominsko kolajno.

REZULTATI »KRIM 2015«

Rezultati po starostnih kategorijah:

1. KOLESARJI

Mesto	Startna številka	Ime in priimek	Letnica rojstva	Podjetje	Čas
1	101	TONE KOGOVŠEK	1957	KRIM	33:14
2	102	MIŠO KRANJC	1957	DČ	42:55
3	120	MARJAN JELENC	1933	LGD	68:38

2. KOLESARJI

Mesto	Startna številka	Ime in priimek	Letnica rojstva	Podjetje	Čas
1	103	BOŠTJAN PLEŠKO	1967	SP	32:38
2	104	MATEJ PLEŠNAR	1974	DEZIS	40:30

3. KOLESARJI

Mesto	Startna številka	Ime in priimek	Letnica rojstva	Podjetje	Čas
1	106	BOŠTJAN SMRDEL	1975	DČ	35:59
2	107	KRISTJAN GANTAR	1976	PARS	40:00
3	105	FERID DACA	1975	GEOGRAD	62:10

4. KOLESARJI					
Mesto	Startna številka	Ime in priimek	Letnica rojstva	Podjetje	Čas
1	109	BOŠTJAN KOŽUH	1977	DČ	34:58
2	118	MARKO BREŠČAK	1977	GEODELA	35:24
3	108	VITO KRIŽMAN	1977	LUZ	38:34

5. KOLESARJI					
Mesto	Startna številka	Ime in priimek	Letnica rojstva	Podjetje	Čas
1	110	MATIJA URŠIČ	1988	DEZIS	34:18
2	111	ŽIGA RIJAVEC	1988	GEONARIS	40:50

6. KOLESARJI					
Mesto	Startna številka	Ime in priimek	Letnica rojstva	Podjetje	Čas
1	112	MIHA SMRDELJ	2004	DČ	30:00
2	113	FILIP ZUPANČIČ	2004	DČ	32:35
3	114	NEJC DACA	2006	DČ	62:09
4	119	MATJAŽ PLEŠKO	2008	DČ	65:10

1. KOLESARKE					
Mesto	Startna številka	Ime in priimek	Letnica rojstva	Podjetje	Čas
1	116	TINA SMRDEL	2005	DČ	38:24
2	115	NATAŠA SMRDEL	1975	SP	41:35
3	117	FANI KRANJC	1955	LGD	45:06

1. TEKAČI					
Mesto	Startna številka	Ime in priimek	Letnica rojstva	Podjetje	Čas
1	125	JAN FLORJANČIČ	1979	GEONARIS	41:25

VSI TEKMOVALCI SO DOBILI KOLAJNE – ZLATO, SREBRNO, BRONASTO

NAJ KOLESAR/KA – GEODET/INJA

BOŠTJAN PLEŠKO, SP POKAL
NATAŠA SMRDEL, SP POKAL

NAJ TEKAČ

JAN FLORJANČIČ, GEONARIS POKAL

POSEBEJ POHVALJENI – NAJ POHOD, DALJŠA RAZLIČICA – IŠKA

ANA BARBIČ, ELIZABETA TRAMBUŠ, ANA JAMNIK,
JANEZ OBERČ, ROMAN TRAMBUŠ, JAN ŠKOBRNE KOLAJNE

POHOD, KRAJŠA RAZLIČICA – KRIŽIŠČE

VALENKA GOSTIČ, NAJSTAREJŠA UDELEŽENKA KOLAJNA

FOTOREPORTAŽA



Slika 1: Organizatorji hitijo pripravljati prizorišče.



Slika 2: Na prvem mestu je varnost.



Slika 3: Najboljši se že veselijo.



Slika 4: V cilj z nasmeškom ...



Slika 5: ... in v dobri družbi.



Slika 6: Sožitje generacij tudi na Krimu.



Slika 7: Kolajne so bile razdeljene med starejše ...



Slika 8: ... malo mlajše



Slika 9: ter najmlajše kolesarje



Slika 10: in kolesarke.



Slika 11: Eni se ne predajo in ...



Slika 12: ... se nam vedno znova pridružijo.

Še eno prijetno športno-rekreativno in družabno srečanje geodetov je tako za nami. Hvala prizadevnemu organizacijskemu odboru, vsem, ki ste nam priskočili na pomoč, in seveda hvala vsem udeležencem dogodka.

Zapisala:
Simona Čeh, za Ljubljansko geodetsko društvo
e-naslov: simona.ceh@luz.si

Fotografije:
Miha Muck, za Ljubljansko geodetsko društvo
e-naslov: miha.muck@igea.si

IZOBRAŽEVALNI DAN IN ZBOR ČLANOV DOLENJSKEGA GEODETSKEGA DRUŠTVA

Jožica Grdun Adlešič

Dne 19. marca 2015 je na športnem letališču Prilozje v Beli krajini potekal tradicionalni izobraževalni dan in zbor članov Dolenjskega geodetskega društva. Tam smo si ogledali na novo postavljeno točko 0. reda, ki je prvi »fizični« mejnik pri vzpostavljanju povsem novega reda državnih geodetskih točk in bo s še petimi točkami sestavljala hrbtenico državnega koordinatnega sistema. Lokacija za točko 0. reda Prilozje je bila, tako kot za drugih pet točk, izbrana na podlagi obsežnega preverjanja geometričnih (razpored, vidnost, relief), fizikalnih (geotektonika) ter izvedbenih (komunikacije, elektrika) in upravnih dejavnikov (skladnost s prostorskim načrtom občine in pridobitev pravice za graditev).



Slika 1: Melita Rataj je temeljito predstavila točko 0. reda.
Fotografija: Boštjan Pucelj

Sledil je praktičen prikaz in opis zagotavljanja geodetskih storitev v podjetju Modri planet, in sicer snemanja z dronom. V podjetju so razvili sistem za zajem podatkov iz zraka, novo geodetsko orodje, ki geodetom olajša vsakodnevno delo in pospeši izvedbo del. Prodajajo ga doma, na Hrvaškem ter v Bosni in Hercegovini, prihodnje leto se podajajo v Avstrijo in Nemčijo.

Razvili so tudi sistem za zajem podatkov iz zraka oziroma aerofotografij z dronom in obdelavo s programom, ki iz njih izdela 3D-podatke. Končni rezultati obdelave so oblak točk, digitalni model terena, ki je bolj natančen kot Google Zemlja, in ortofoto načrti. To je novo orodje, ki olajša vsakodnevno delo geodetom in pospeši izvedbo del. Paket sestavljajo dron (helikopterček), fotoaparat in program 3D survey.

Posvetu je sledil zbor članov na kmečkem turizmu Cerjanec v Krupi. Predsednik in odbori so podali poročila o delu v letu 2014 in načrt dela za leto 2015. Med drugim bomo izvedli strokovno ekskurzijo v Provanso, obiskali geodetski točki I. reda Cerk in Kucelj, predstavili projekt mag. Janeza Slaka o

dokumentaciji geodetskih instrumentov, ki so se uporabljali pri nastavitvi in vzdrževanju zemljiškega katastra na Slovenskem. Društvo bo tudi organiziralo izobraževanja in predstavitve za lokalne skupnosti o komasaciji kot uspešnem in premalo uporabljenem postopku pri urejanju prostora.



Slika 2, 3: Podjetje Modri planet je praktično in teoretično predstavilo delovanje dronov za potrebe geodetskih storitev.
Fotografija: Boštjan Pucelj

Na zboru je bil potrjen sklep o imenovanju zaslužnih članov, in sicer dolgoletnih pripadnikov Dolenjskega geodetskega društva Jožice Auersperger in Vinka Petriča za zasluge pri ustanavljanju društva ter sodelovanju pri njegovih družbenih aktivnostih. Podelitev priznanj bo društvo izvedlo ob primerni slovesni priložnosti. Na srečanju se nam je pridružil tudi predsednik Zveze geodetov Slovenije mag. Blaž Mozetič. Zahvalil se nam je za sodelovanje z matično zvezo, pohvalil uspešno dolgoletno delo in številčnost članstva. Dan smo sklenili s prijetnim kramljanjem ob hrani.



Slika 4: Fotografija, posneta z drona.
Fotografija: Modri planet

Jožica Grdun Adlešič
za Dolenjsko geodetsko društvo

Fotografija: Boštjan Pucelj
za Dolenjsko geodetsko društvo, in Modri planet d. o. o.
e-naslov: bosstjan.pucelj@gov.si

POTEP PO PROVANSI IN AZURNI OBALI Z DGD

Andreja Jurajevčič

Povabilo turistične agencije se je glasilo: »Provansa in Azurna obala slovita kot najbolj obiskan del Francije. Nenavadno lepa pokrajina Provanse je prevzela Van Gogha in Cezanna. Tu sta naslikala svoja najlepša dela, saj pokrajina slovi po nepreglednih nasadih sivke, čudovitih rečnih kanjonih, tisočih vinogradov, zaspanih vasicah, nasadih oljk, kostanjevih gozdovih in prijetnih domačinih – to je Provansa. Za Azurno obalo pa se ve, da je **že od nekdaj** najbolj mondena obala Evrope. Je zbirališče bogatašev, boemov, snobov, umetnikov in seveda tudi turistov z vsega sveta. Tako v Provansi kot na Azurni obali se popotnik ne more načuditi radodarni naravi, njenim lepotam in igrivosti barv na vsakem koraku. Van Gogh je že vedel.«

No, smo si rekli, pa dajmo,okusimo to Provanso, pokukajmo v svet provansalskih okusov, vonjav, dobrih vin, ležernega življenja ... gremo!

Po nočni vožnji iz Novega mesta smo prispeli v Provanso in se skozi slikovito pokrajino zapeljali do **Avignona**, enega izmed najpomembnejših mest v zgodovini Francije. Staro mestno središče je še vedno obdano z obzidjem. Med letoma 1309 in 1377 je bil tu sedež papežev v izgnanstvu. Od leta 1995 je z imenom Zgodovinsko središče Avignona: Papeška palača, škofijska skupnost in Avignonski most na Unescovem seznamu svetovne kulturne dediščine. Sloviti most čez reko Rono je poznan po tem, da je bil zgrajen v 13. stoletju, najprej kot lesen, nato kamnit, ohranili pa so zgolj 4 od 22 obokov. Ogledali smo si tudi **Pont du Gard**, ki velja za pravo mojstrovino rimske arhitekture v Franciji. To je most čez reko Gardono, del 51 kilometrov dolgega akvadukta, sestavljenega iz treh vrst obokov, ki je s čisto vodo oskrboval rimsko kolonijo.



Slika 1: Pont du Gard.



Slika 2: Dolenjski posebež cviček med francoskimi vini.

V vasi Chateauneuf-du Pape, ki stoji na enem najbolj znanih vinorodnih območij Francije, smo obiskali vinsko klet in poskusili »papeško vino«, izvedli pa smo tudi zanimivo primerjavo z dolenjskim cvičkom. O svojih vinih smo podučili tamkajšnja kletarja, ki pa nad našim dolenjskim posebežem nista bila

ravno navdušena. Seveda smo bili nad njim toliko bolj navdušeni mi v večernih urah, ko smo posedali ob bazenu hotela in pridno srkali žlahtno kapljico. Nekateri celo tako navdušeni, da so pozabili lokacijo in ime hotela.

Naslednji dan smo si ogledali **Arles**, najpomembnejše rimsko mesto v Provansi. Leta 1888 ga je odkril nizozemski slikar Vincent van Gogh, ki je bil prevzet nad sončno in barvito provansalsko pokrajino. Med svojim obiskom v Arlesu je izdelal več kot 300 slik in risb. Pomešali smo se med pisano množico domačinov in turistov ter se sprehodili po tamkajšnji sobotni tržnici, kjer se dobi vse, kar ti srce poželi: stojnice se šibijo pod težo sveže pripravljenih domačih jedi, lokalno pridelanega vina, oljk, ročno izdelanih mil, parfumov, raznih olj in drugih domačih izdelkov. Navdušilo nas je tudi zdraviliško mesto **Aix en Provence**, mesto vodnjakov in fontan, s Cours Mirabeau, široko glavno avenijo, obdano z graščinami in krošnjami mogočnih platan, kjer je ustvarjal umetnik 20. stoletja – Cezanne.



Slika 3: Dobrote na tržnici.



Slika 4: Dolenjci na rdeči preprogi.

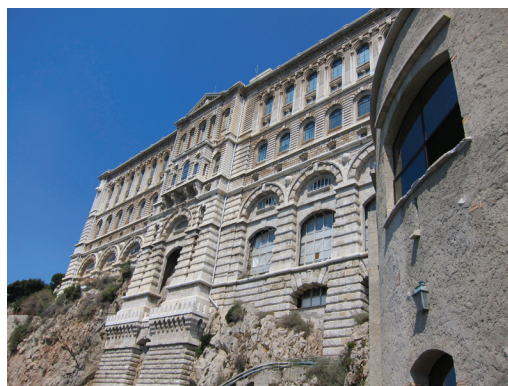
Prežeti s praviimi provansalskimi vibracijami smo se odpravili proti **Azurni obali**, se ustavili v mestu **Cannes**, se sprehodili po rdeči preprogi do festivalske palače, nato pa okusili zanimivo vožnjo z avtobusom po ozkih uličicah Nice do majhnega družinskega hotela v bližini mestnega središča. Nica je največje mesto francoske riviere, turisti se zgrinjajo sem zaradi podnebja in čudovite arhitekture, znana je po Promenade des Anglais (Sprehajališče Angležev), šest kilometrov dolgem sprehajališču. Promenada je zelo živahna, poseben pečat ji dajejo ulični zabavljaci, kolesarji, tekači in drugi rekreativci. Prijeten večer smo preživeli v enem od lokalov ob kozarcu piva in se v poznih urah po še ne zapuščenih uličicah vračali proti hotelu, lakoto pred spanjem pa smo potešili z vmesnim postankom v enem od lokalčkov z domačo hitro hrano ...

Zadnji dan smo se najprej odpeljali po panoramski cesti do simpatične vasice **Eze**, ki kot orlovo gnezdo na pečini kraljuje nad okoliškimi kraji. Obisk parfumerije je potrdil nepisano pravilo, da ga ni kraja, kjer ne bi srečal koga iz »bivše Juge«, saj je bila vodička po rodu Makedonka, govorila pa je mešanico slovenščine, češčine in makedonščine (vse seveda s pojočim francoskim naglasom), tako da smo jo vsi razumeli ...

V žepni kneževini **Monako** smo se po zelo čistih in urejenih uličicah najprej sprehodili mimo knežje palače, si z obzidja ogledali veličastno marino v **Monte Carlu**, potem pa obiskali svetovno znani oceanografski muzej in akvarij, ki sta v mogočni palači 85 metrov nad morjem. Stavbo so gradili 11 let, danes pa je to eden najpomembnejših muzejev in znanstvenih središč sredozemskega podvodnega sveta.



Slika 5: Parfumerija v vasici Eze.



Slika 6: Oceanografski muzej.

Oceanografski inštitut je leta 1910 ustanovil princ Albert I., znani pomorščak Jacques-Yves Cousteau pa je bil tu dolgoletni ravnatelj. Muzej ima v številnih akvarijih bogato zbirko žive morske favne, razstavljena so tudi okostja morskih živali, makete ladij, skice, orožje, orodje, zemljevidi, geodetski instrumenti in oprema s številnih odprav princa Alberta I. Sledil je še sprehod po mondenem Monte Carlu, središču igralništva, mimo luksuznih hotelov, draguljarn in delu znamenite proge slovitih dirk formule 1.

V popoldanskih urah smo se čez Italijo in mimo številnih letovišč na ligurski obali do Genove, čez Apenine in mimo Benetk vrnili v Slovenijo.

Za konec pa lahko glede Provanse rečemo le: van Gogh je imel prav!

PROFESOR BOGDAN KILAR – IN MEMORIAM



(1930–2015)

Ravno na vrhuncu dopustniških dni nas je doletela žalostna novica, da je preminil izr. prof. dr. Bogdan Kilar, dolgoletni profesor Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani. Čeprav je bil po izobrazbi astronom, so njegovo poklicno pot zaznamovali geodezija in geodeti. Geodezija kot oddelek za geodezijo, na katerem je služboval dolga leta, geodeti kot študenti geodezije, ki jim je predaval več kot petintrideset let.

Profesor Bogdan Kilar je bil rojen 28. 2. 1930 v Beogradu. Astronomijo je vzel za ljubilo že v otroštvu. Pravijo, da je že pri trinajstih začel opazovati nebo z gledališkim kukalom. Pozneje je kukalo zamenjal za nekoliko večji dvogled. Klasično gimnazijo je obiskoval v Ljubljani. Po drugi svetovni vojni se je pridružil drugim ljubiteljem astronomije in leta 1946 sodeloval pri postavitvi in delu Mladinske zvezdarne Pavla Kunaverja. Na terasi tedanje Fakultete za rudarstvo, kjer še vedno stoji kupola, je imel kopico predavanj in vodil številna opazovanja neba. Verjetno sta se že takrat pokazala njegov čut in nagnjenost do posredovanja znanja drugim. Kmalu zatem je začel študirati astronomijo in leta 1957 pod mentorstvom prof. Frana Dominka kot prvi diplomiral iz astronomije na takrat ustanovljeni katedri za astronomijo Prirodoslovno-matematične fakultete Univerze v Ljubljani.

Leta 1957 je bil honorarni predavatelj matematike na srednji tehniški šoli v Ljubljani. Sodeloval je tudi pri prvih korakih nastajanja astronomskega observatorija na Golovcu, vendar ga je življenje odpeljalo drugam. Istega leta se je redno zaposlil na inštitutu za geodezijo in fotogrametrijo pri Tehniški fakulteti Univerze v Ljubljani. Potem je začel pot visokošolskega učitelja in bil leta 1959 na geodetskem oddelku Tehniške fakultete Univerze v Ljubljani prvič izvoljen v naziv asistenta za področji geodetski računi in geodetska astronomija.

V letu 1961 je bil mesec dni na strokovnem izpopolnjevanju v astronomskega observatoriju v Beogradu, med letoma 1964 in 1966 pa je bil na specializaciji na inštitutu za astronomsko in fizikalno geodezijo (IAPG) Tehniške univerze v Münchnu, kjer je leta 1971 zagovarjal doktorsko disertacijo O uporabi sfernega ločnega preseka v geodetski astronomiji in dobil naziv doktorja prirodnoslovnih znanosti s

področja geodetske astronomije. Njegov mentor je bil sam ustanovitelj inštituta prof. Rudolf Sigl. Leta 1973 je bil na Univerzi v Ljubljani izvoljen v naziv docenta, leta 1985 pa v naziv izrednega profesorja za področji geodetska astronomija in programiranje.

Bil je član mednarodne astronomske unije IAU, član komisije za znanstveno delo pri nacionalnem komiteju za astronomijo Jugoslavije, član naravoslovne sekcije terminološke komisije inštituta za slovenski jezik SAZU ter sodni izvedenec za astronomske in sorodne znanosti.

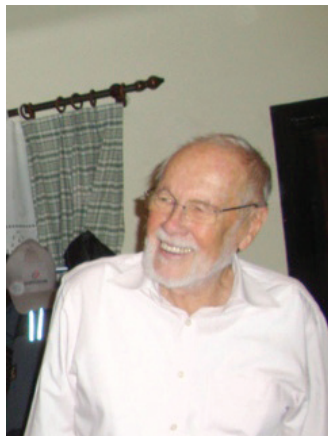
Temeljno področje znanstvenega delovanja profesorja Bogdana Kilarja je bila astronomija, področja pedagoškega dela pa višja geodezija, geodetska astronomija in programiranje, ki jih je študentom geodezije predaval z veliko zavzetostjo, natančnostjo in tudi hudomušnostjo. Napisal in objavil je tri univerzitetne učbenike. V devetdesetih letih prejšnjega stoletja, ko je že zaključeval službeno pot in smo v geodetsko znanost počasi uvajali satelitsko geodezijo in globalne navigacijske satelitske sisteme, je čutil dolžnost, da za študente in zaposlene na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo pripravi nekaj poljudnih predavanj. Že takrat je videl novo dobo uporabe modernih satelitskih tehnologij v geodeziji, ki so imele precej skupnega z astronomijo.

Na Fakulteti za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo je bil predstojnik katedre za višjo geodezijo, predstojnik oddelka za geodezijo in namestnik predstojnika takratnega VTOZD gradbeništvo in geodezija. Leta 1989 je ob 70-letnici Univerze v Ljubljani ter Fakultete za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo prejel priznanje za uspešno delo. Upokojil se je septembra 1994. Tudi po upokojitvi je ostal aktiven ter je redno objavljajl strokovne in poljudne članke o astronomiji, navigaciji, času, koledarjih in podobnih tematikah, veliko prispevkov je objavil v revijah Proteus in Spika. Sodeloval je tudi v nekaj radijskih in televizijskih oddajah.

prof. dr. Bojan Stopar

Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani

DOKTOR PETER ŠIVIC – IN MEMORIAM



(1936–2015)

V poletnih dneh smo prejeli novico, da je preminul dolgoletni sodelavec na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo pri Univerzi v Ljubljani dr. Peter Šivic.

Dr. Šivic se je rodil 11. septembra 1936 v Ljubljani. Leta 1955 je končal gimnazijo v Ljubljani, tam je leta 1962 tudi diplomiral iz geodezije na Fakulteti za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo (FAGG UL). Leta 1964 je bil izvoljen za asistenta, od leta 1977 je kot docent poučeval predmete s področja geodetskih evidenc, osnov računalništva in informacijskih sistemov. Poleg poučevanja je bil v letih 1979/81 prodekan in v letih 1981/83 tudi dekan FAGG. Leta 1982 je bil izvoljen v naziv izrednega profesorja. Več let je bil predstojnik katedre za fotogrametrijo in kartografijo.

Prvo obdobje njegove strokovne poklicne poti je zaznamovalo delo na geodetskem zavodu SRS. Leta 1977 se je po operativnem, raziskovalnem in vodstvenem delu v tej ustanovi vrnil na fakulteto. V študijski program geodezije je vključil geodetske evidence, osnove računalništva in pozneje še informacijske sisteme. Pri predmetih na do- in podiplomskem študiju, zlasti pa pri številnih diplomah na višjem (82) in visokem študiju geodezije (34), je študente in diplomante pripravljaval na vstop v informacijsko dejavnost. Uvedel in vodil je študij geodezije ob delu. Bil je mentor in somentor več magistrandom in doktorandom na univerzah v Ljubljani in Zagrebu.

Pedagoško dejavnost je dopolnjeval z raziskovalnim delom. Vodil je številne raziskovalne projekte na področjih prostorskih informacijskih tehnologij, ekspertnih sistemov, novih metod za zajem prostorskih podatkov in posodabljanje geodetskih evidenc. Raziskave s področja geodetske informatike, ki se je takrat začela izredno hitro razvijati, so bile usmerjene k vzpostavitvi prostorskega informacijskega sistema, posodobitvi geodetskih evidenc in njihovi vključitvi v prostorski informacijski sistem. Pod njegovim mentorstvom so bili v raziskovalne dejavnosti vključeni tudi tri stažisti raziskovalci.

Svoje znanje je delil tudi s strokovno javnostjo prek najrazličnejših objav. Pripravil je dve skripti, recenziral dva učbenika ter redno objavljaj v Geodetskem vestniku, reviji Arheo in zbornikih referatov z različnih posvetovanj v Jugoslaviji, slovenskih geodetskih dnevov in mednarodnega simpozija FIG. Bil je organizator jugoslovanskega simpozija GIG in predsednik dveh redakcijskih odborov. Dve leti je bil podpredsednik zveze GIG Jugoslavije in predsednik zveze GIG Slovenije.

KOLENDAR STROKOVNIH SIMPOZIJEV

V OBDOBJU OKTOBER–DECEMBER 2015

Aleš Lazar

V SLOVENIJI

1.–2. oktober 2015 **1. mednarodna konferenca Science & Business**
Radenci, Slovenija
Spletna stran: <http://science-business.eu/pages/si/o-dogodku.php>

15. oktober 2015 **INFOSEK EXPO 2015**
Nova Gorica, Slovenija
Spletna stran: <http://rpng.zrc-sazu.si/sl/dogodki/maks-fabiani-1865-1962-in-njegov-cas-na-primorskem#v>

30. oktober 2015 **Maks Fabiani (1865–1962) in njegov čas na Primorskem**
Nova Gorica, Slovenija
Spletna stran: http://www.nova-gorica.si/leto_maksa_fabianija

18.–20. november 2015 **INFOSEK 2015**
Nova Gorica, Slovenija
Spletna stran: <http://www.infosek.net/>

V TUJINI

5.–7. oktober 2015 **Commercial UAV Expo**
Las Vegas, ZDA
Spletna stran: <http://www.expouav.com/>

12.–16. oktober 2015 **SELPER 2015**
Chihuahua, Mehika
Spletna stran: <http://www.uacj.mx/SC/Paginas/SELPER-Mexico-UACJ-2015.aspx>

19.–20. oktober 2015 **ISPRS Workshop on Oblique cameras & Dense Image Matching**
Southampton, VB
Spletna stran: <http://www.eurosd.net/workshops/eurosd-workshop-oblique-cameras-and-dense-image-matching>

-
- 19.–23. oktober 2015** **36th Asian Conference on Remote Sensing**
Quezon City, Filipini
Spletna stran: <http://www.acrs2015.org/>
-
- 21.–22. oktober 2015** **International conference of Geospatial Techniques in Geosciences**
Taza, Maroko
Spletna stran: <https://sites.google.com/a/usmba.ac.ma/gt-geosciences/>
-
- 23.–24. oktober 2015** **ISPRS Workshop on Intelligent Earth Observing and Applications**
Guilin, Guangxi, Kitajska
Spletna stran: <http://departs.glut.edu.cn/IEOAs2015/>
-
- 26.–29. oktober 2015** **15th International Scientific and Technical Conference**
Jukatan, Mehika
Spletna stran: <http://conf.racurs.ru/conf2015/eng/>
-
- 26.–30. oktober 2015** **GRSS Young Professionals and ISPRS Summer School**
Curitiba, Brazilija
Spletna stran: http://www.lvc.ele.puc-rio.br/grss_brazil/ypss2015/index.html
-
- 28.–30. oktober 2015** **ISPRS Joint International Geoinformation Conference 2015**
Kuala Lumpur, Malezija
Spletna stran: <http://www.geoinfo.utm.my/jointgeoinfo2015/>
-
- 3.–7. november 2015** **Hydro 2015 International Symposium**
Manchester, VB
Spletna stran: <http://www.ahs.asn.au/AHS.html>
-
- 9.–11. november 2015** **EPMC – European Portable Metrology Conference**
Manchester, VB
Spletna stran: <http://www.epmc.events/>
-
- 9.–13. november 2015** **COSPAR 2015**
Foz do Iguacu, Brazilija
Spletna stran: <http://cosparbrazil2015.org/>
-
- 10.–12. november 2015** **EuroCarto 2015**
Dunaj, Avstrija
Spletna stran: <http://eurocarto.org/>

11.–13. november 2015 International Land Use Symposium (ILUS) 2015

Dresden, Nemčija

Spletna stran: <http://www.ioer.de/ilus2015/>

16.–19. november 2015 Pacific Islands GIS\RS User Conference 2015

Suva, Fidži

Spletna stran: <http://gsd.spc.int/gisconference/>

16.–20. november 2015 FIG Workshop on Crowdsourcing of Land Information

St. Julians, Malta

Spletna stran: <http://com3fig.wix.com/fig-commission3-2015>

23. november 2015 3rd Eurographics Workshop on Urban Data Modelling and Visualisation

Delft, Nizozemska

Spletna stran: <https://3d.bk.tudelft.nl/events/udmv2015/>

23.–25. november 2015 The Capturing Reality Forum

Salzburg, Avstrija

Spletna stran: <http://www.capturingrealityforum.com/>

23.–25. november 2015 3rd International Conference on Sensors and Models in Remote Sensing and Photogrammetry

Otok Kiš, Iran

Spletna stran: <https://smp.rut.ac.ir/>

24. november 2015 PSIVT2015 Workshop

Auckland, Nova Zelandija

Spletna stran: <http://www2.informatik.hu-berlin.de/cv/psivt2015/>

25.–27. november 2015 ISPRS and FIG Workshop on Role of Land Professionals

Katmandu, Nepal

Spletna stran: <http://www.workshopnepal2015.com.np/>

1.–2. december 2015 LowCost3D (LC3D)

Berlin, Nemčija

Spletna stran: <http://www.lc3d.net/>

5.–6. december 2015 ISPRS Workshop on Mobility and Land Cover Change Mapping

Changsha, Hunan, Kitajska

Spletna stran: <http://gip.its.csu.edu.cn/chs/mlccm2015/>

8.–10. december 2015 **EOGC & GiT4NDM**

Al Ain, ZAE

Spletna stran: <http://conferences.uaeu.ac.ae/eogc-git4ndm/en/>

9.–11. december 2015 **9th International Symposium on Mobile Mapping Technology**

Sydney, Avstralija

Spletna stran: <http://www.mmt2015.org/>

18. december 2015 **IEEE/ISPRS 3rd Joint Workshop on Multi-Sensor Fusion for Dynamic Scene Understanding**

Santiago, Čile

Spletna stran: <http://www.sfpt.fr/msf15/>

Sporočila s podatki o nacionalnih in mednarodnih kongresih, simpozijih in srečanjih s področja geodezije, upravljanja zemljišč ter na splošno geoinformatike v Sloveniji ali tujini pošiljajte na e-naslov: lazarales@gmail.com.

Aleš Lazar, univ. dipl. inž. geod.

3D ATA, d. o. o.

Ulica Mirka Vadnova 1, SI-4000 Kranj

e-naslov: lazarales@gmail.com

V Geodetskem vestniku bomo v prihodnje predstavljali različne stare geodetske instrumente. Gradivo je pripravil in ga še 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.

NEUHÖFER & SOHN NR. 2805, DUNAJ

Instrument je bil izdelan 1917. leta. Na ohišju horizontalnega kroga sta dve cevni libeli, nameščeni pravokotno druga na drugo za horizontiranje instrumenta. Instrument ima vgraviran horizontalni limb na kovino (srebro), katerega razdelba je 6 min. Z dvema diametralno nasproti nameščenima mikrometroma je omogočena natančnost čitanja horizontalnih kotov na eno minuto, 20-minutna razdelba vertikalnega limba je vgravirana na vertikalni krog 360 °. Minutno natančnost čitanja vertikalnega kota omogočata nonija in iznad oba nameščeni lupi. Daljnogled omogoča 17-kratno povečavo, v njem je nameščen trinitni križ z vrednostjo velike konstante $K = 99,9$ in male konstante $c = 0,35$ centimetra. Natančnost mehurčka vertikalne libele je 15 sekund, natančnost mehurčka horizontalne libele je 20 sekund. Instrument se je uporabljal pri vzdrževanju zemljiškega katastra vse do sredine 60. let prejšnjega stoletja. Hranijo ga na geodetski upravi v Sevnici.





UI.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

consultancy
posvetovalne
sist.

IACS CONTROLS
IAKS kontrole

CONTROL OF ANIMALS
KONTROLA ŽIVALI

LASER SCANNING
LASERSKO SKENIRANJE

DIGITAL DATA BASES
DIGITALNE BAZE PODATKOV

research
raziskave

TOPOGRAPHY
TOPOGRAFIJA

spatial plans
prostorski načrti

statistika
statistical services

developmet
razvoj

real estate
nepremičnine

local plans
občinski plani

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

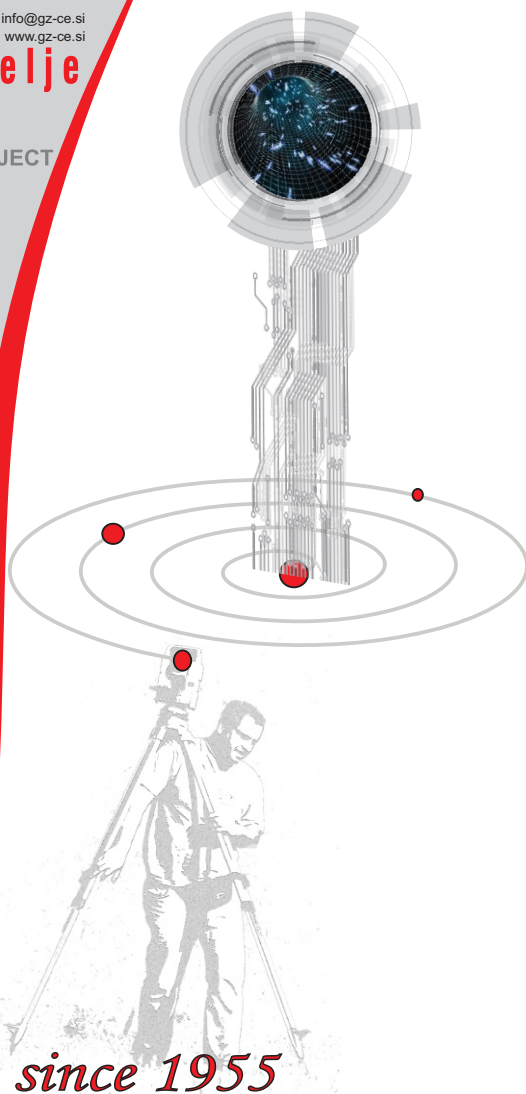
CARTOGRAPHY
KARTOGRAFIJA

BUILDINGS CADASTRE
KATASTER STAVB

spatial plans
prostorski načrti

CURRENT STATE ANALYSIS
ANALIZA STANJA

SPATIAL PLANNING AND MANAGEMENT
NAČRTOVANJE IN UREJANJE PROSTORA



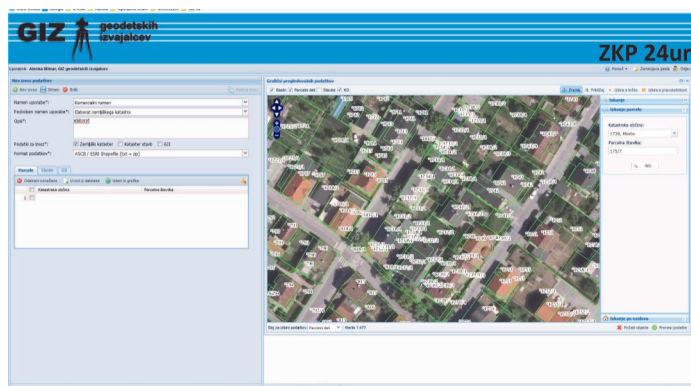
since 1955

IZRAVNAJMO TENZIJE POSLOVNEGA SVETA,
PODAJMO SI ROKE DRAGI POSLOVNI PARTNERJI
IN KRENIMO SKUPAJ NOVIM IZZIVOM NAPROTI!

HVALA 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.





GLOBALNI INŽENIRING ZA SLOVENSKI IZVOZ

**RIKO POVEZUJE SLOVENSKA PODJETJA ZA PRODOREN
VSTOP V NAJZAHTEVNEJŠA OKOLJA.**

Najboljša podjetja, njihova tehnološka znanja, rešitve in produkte skozi prestižne projekte povežemo v nove dosežke skupne odličnosti.

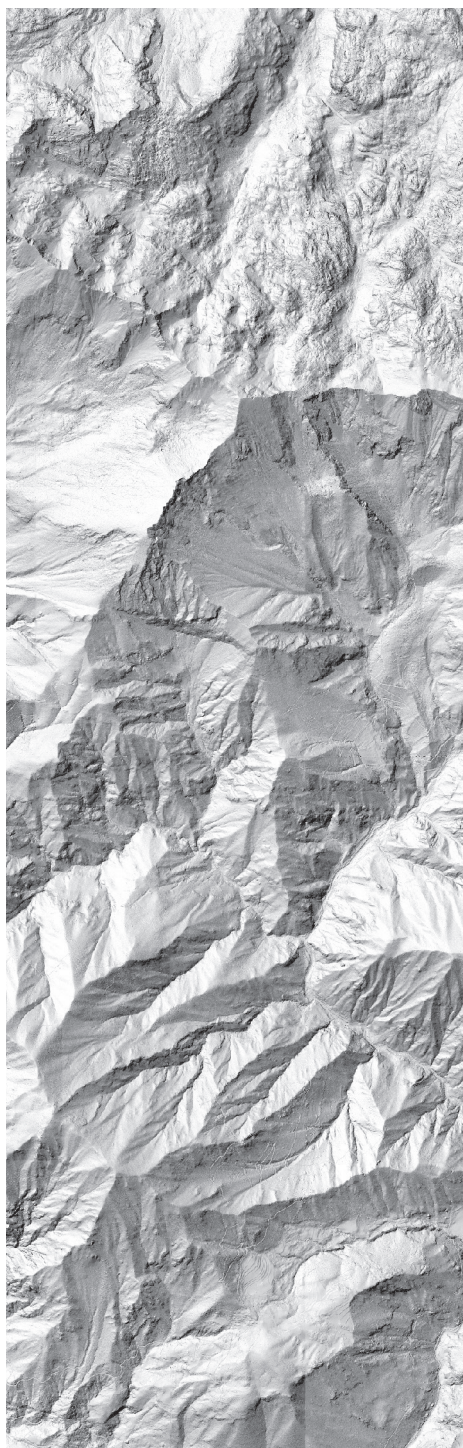
Uspeh je vedno celovit – tudi zato, ker podpiramo umetnost in kulturo in druge vrednote, ki plemenitijo življenje v Rikovih okoljih.



RIKO®

Globalni inženiring
za srečo ljudi

www.riko.si



GEODETSKI INŠTITUT SLOVENIJE

- Geodetski referenčni sistem, SIGNAL
- Prostorski podatki, statistike in analize
- Nepremičninske evidence in upravljanje z nepremičninami
- Daljinsko zaznavanje, fotogrametrija in lasersko skeniranje
- Hidrografija
- Kartografija
- Geografski informacijski sistemi (GIS)
- Lokacijske storitve in navigacija
- Izdelki za orientacijo in mobilnost ranljivih skupin
- Razvoj kazalnikov in večrazsežna vizualizacija
- Priprava in vodenje mednarodnih projektov
- Izobraževanje
- Izdelava prostorskih maket
- Grafične storitve

Geodetski inštitut Slovenije, Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana
tel.: 01 200 29 00, faks: 01 425 06 77, e-pošta: info@gis.si
medmrežje: www.gis.si

Podoba analitičnega senčenja DMR1
Laserskega skeniranja Slovenije 2014-2015





GEODETSKI VESTNIK

Glasilo Zveze geodetov Slovenije

Journal of the Association of Surveyors of Slovenia

ISSN 0351-0271 | letn./Vol. 59 | št./No. 3 | str./pp. 445-684|

RECENZIRANI ČLANKI | PEER-REVIEWED ARTICLES



Nikolaj Šarlah, Gašper Štebe, Oskar Sterle

POSTOPEK VZPOSTAVITVE IN TESTIRANJA LASTNE REFERENČNE GNSS-POSTAJE
PROCESS OF SETTING UP AND TESTING OUR OWN GNSS REFERENCE STATION

Polona Pavlovčič Prešeren, Helena Harej, Miran Kuhar

PONESREČENA IZSTRELITEV SATELITOV GALILEO IN VESOLJSKI ODPADKI
RECENT GALILEO LAUNCH FAILURE IN THE LIGHT OF SPACE DEBRIS



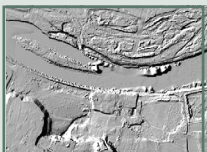
Samo Drobne, Dejan Paliska

POVPREČNA PROMETNA DOSTOPNOST OBČIN SLOVENIJE DO NAJBЛИŽJEGA
PRIKLJUČKA AVTOCESTE ALI HITRE CESTE
AVERAGE TRANSPORT ACCESSIBILITY OF THE SLOVENIAN MUNICIPALITIES
TO THE NEAREST MOTORWAY OR EXPRESSWAY ACCESS POINT



Tijana M. Vujičić, Aleksandra Đukić

METODOLOŠKI OKVIR ZA ŠTUDIJE PRIMEROV NEGATIVNEGA RAZVOJA MEST:
SEVEROZAHODNA REGIJA BOSNE IN HERCEGOVINE
METHODOLOGICAL FRAMEWORK FOR SHRINKING CITIES CASE STUDY RESEARCH:
NORTHWEST REGION OF BOSNIA AND HERZEGOVINA



Zoran Sušić, Mehmed Batilović, Toša Ninkov, Ivan Aleksić, Vladimir Bulatović

IDENTIFIKACIJA PREMIKOV Z UPORABO RAZLIČNIH GEODETSKIH METOD
DEFORMACIJSKE ANALIZE
IDENTIFICATION OF MOVEMENTS USING DIFFERENT GEODETIC METHODS OF DEFORMATION
ANALYSIS



Mustafa Berber, D. Uğur Şanlı

ANALIZA ZANESLJIVOSTI MREŽE GNSS OB PRISOTNOSTI VEČ GROBIH POGREŠKOV MERITEV
ANALYSIS OF A GNSS NETWORK USING THE THEORY OF RELIABILITY FOR MULTIPLE OUTLIERS

Marija Savanović, Rajko Savanović, Toša Ninkov, Igor Sabados

PREDLOG LOKALNE 2D-GEODETSKE MREŽE ZA POTREBE GRADNJE
PREDORSKEGA DELA BEOGRAJSKE PODZEMNE ŽELEZNICE
PROPOSED DESIGN OF LOCAL 2D GEODETIC NETWORK FOR THE CONSTRUCTION
OF THE TUNNEL PART OF THE BELGRADE METRO



ISSN 0351-0271



Dostopno na | available at: <http://www.geodetski-vestnik.com>