



*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*

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

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

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

*Indexed and abstracted is also in those bibliographic data bases:*

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

Geodetski vestnik is partly subsidized by the Slovenian Research Agency.

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



# GEODETSKI VESTNIK

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



Letnik 61, št. 4, str. 515–720, Ljubljana, december 2017. 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](mailto:info@geodetski-vestnik.com)

## MEDNARODNI UREDNIŠKI ODBOR

Dr. Ivan Aleksić (Beograd, Srbija)  
Dr. Branislav Bajat (Beograd, Srbija)  
Dr. Tomislav Bašić (Zagreb, Hrvaška)  
Dr. Øystein Jakob Bjerva (Ås, Norveška)  
Dr. Giuseppe Borruso (Trst, Italija)  
Dr. Rafaella 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)  
Dr. Leiv Bjarte Mjøs (Bergen, Norveška)  
Dr. Gerhard Navratil (Dunaj, Avstrija)  
Dr. Krištof Oštir (Ljubljana, Slovenija)  
Dr. Andrea Pödör (Székesfehérvár, Madžarska)  
Dr. Alenka Poplin (Iowa, ZDA)  
Dr. Anton Prosen (Ljubljana, Slovenija)  
Dr. Miodrag Roić (Zagreb, Hrvaška)  
Dr. Balázs Székely (Budimpešta, Madžarska)  
Dr. Joc Triglav (Murska Sobota, Slovenija)  
Dr. Arvo Vitikainen (Aalto, Finska)  
Dr. John Weber (Michigan, ZDA)  
Dr. Klemen Zakšek (Würzburg, 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*  
Dr. Mojca Foški, *tehnično urejanje in oblikovanje*

## TEHNIČNO UREJANJE IN OBLIKOVANJE

Dr. Mojca Foški, *e-naslov: [mojca.foski@fgg.uni-lj.si](mailto:mojca.foski@fgg.uni-lj.si)*  
Barbara Trobec, *e-naslov: [barbara.trobec@fgg.uni-lj.si](mailto:barbara.trobec@fgg.uni-lj.si)*  
Dr. Teja Koler Povh, *e-naslov: [teja.povh@fgg.uni-lj.si](mailto:teja.povh@fgg.uni-lj.si)*

## GLAVNA IN ODGOVORNA UREDNICA

Dr. Anka Lisec  
Tel.: +386 1 4768 560  
E-naslov: [urednik@geodetski-vestnik.com](mailto:urednik@geodetski-vestnik.com)

## PODROČNI IN PODPODROČNI UREDNIKI

Dr. Bojan Stopar, *področni urednik za geodezijo*  
Dr. Samo Drobne, *področni urednik za geoinformatiko*  
Dr. Mojca Kosmatin Fras, *področna urednica za fotogrametrijo*  
Dr. Božena Lipej, *področna urednica za upravljanje in evidentiranje nepremičnin*  
Dr. Alma Zavodnik Lamovšek, *področna urednica za načrtovanje in urejanje prostora*  
Tomaž Petek, *upravno področje, Geodetska uprava Republike Slovenije*  
Miran Brumec  
Dr. Marjan Čeh  
Mag. Erna Flogie Dolinar  
Dr. Dušan Kogoj  
Dr. Božo Koler  
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](mailto:web@geodetski-vestnik.com)*

## TISK

Geodetski inštitut Slovenije

## DISTRIBUCIJA

mag. Janez Goršič

## TRŽENJE (OGLASNO TRŽENJE)

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

# GEODETSKI VESTNIK

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



Vol. 61, No. 4, pp. 514–720, Ljubljana, Slovenia, December 2017. 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](mailto: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, Ph.D. (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. (Budapest, Hungary)  
Joc Triglav, Ph.D. (Murska Sobota, Slovenia)  
Arvo Vitikainen, Ph.D. (Aalto, Finland)  
John Weber, Ph.D. (Michigan, USA)  
Klemen Zakšek, Ph.D. (Würzburg, 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*  
Mojca Foški, Ph.D., *Technical Editor and Design*

## TECHNICAL EDITOR AND DESIGN

Mojca Foški, Ph.D., e-mail: [mojca.foski@fgg.uni-lj.si](mailto:mojca.foski@fgg.uni-lj.si)  
Barbara Trobec, e-mail: [barbara.trobec@fgg.uni-lj.si](mailto:barbara.trobec@fgg.uni-lj.si)  
Teja Koler Povh, Ph.D., e-mail: [teja.povh@fgg.uni-lj.si](mailto: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](mailto:editor@geodetski-vestnik.com)

## FIELD AND SUB-FIELD EDITORS

Bojan Stopar, Ph.D., *field editor for Geodesy*  
Samo Drobne, Ph.D., *field editor for Geoinformatics*  
Mojca Kosmatin Fras, Ph.D., *field editor for Photogrammetry*  
Božena Lipej, Ph.D., *field editor for Real Estate Management and Evidencing*  
Alma Zavodnik Lamovšek, Ph.D., *field editor for Spatial Planning*  
Tomaž Petek, *Administrative Field (Surveying and Mapping Authority of Republic of Slovenia)*  
Miran Brumec  
Marjan Čeh, Ph.D.  
Erna Flogie Dolinar, M.Sc.  
Dušan Kogoj, Ph.D.  
Božo Koler, 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](mailto:web@geodetski-vestnik.com)

## PRINT

 Geodetski inštitut Slovenije

## DISTRIBUTION

 Janez Goršič, M.Sc.

## MARKETING (ADVERTISING)

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

# VSEBINA CONTENTS

## UVODNIK | EDITORIAL

<i>Milan Brglez</i>   UVODNIK PREDSEDNIKA DRŽAVNEGA ZBORA RS	523
<i>Blaž Mozetič</i>   POLOVIČNA REŠITEV NI REŠITEV	525

## RECENZIRANI ČLANKI | PEER-REVIEWED ARTICLES

<i>Oskar Sterle, Miran Kubar, Bojan Stopar, Polona Pavlovčič Prešeren, Tilen Urbančič, Božo Koler</i>	527
SI OCENA VERTIKALNE STABILNOSTI MAREOGRAFSKE POSTAJE KOPER ASSESSMENT OF THE VERTICAL STABILITY OF THE KOPER TIDE GAUGE STATION	
<i>Miha Konjar, Alma Zavodnik Lamovšek, Dejan Grigillo</i>	541
SI UPORABA NENADZOROVANE KLASIFIKACIJE ZA DOLOČANJE TIPOLOGIJE PRETEŽNE RABE PROSTORA EN USE OF UNSUPERVISED CLASSIFICATION FOR THE DETERMINATION OF PREVAILING LAND USE TOPOLOGY	
<i>Simon Starček, Dušan Petrovič, Andreja Cirman</i>	582
SI ANALIZA IN KARTOGRAFSKI PRIKAZ DEJAVNIKOV VPLIVA NA DAVČNI IZPLEN NADOMESTILA ZA UPORABO STAVBNEGA ZEMLJIŠČA EN ANALYSIS AND CARTOGRAPHIC PRESENTATION OF FACTORS IMPACTING TAX YIELD FROM THE CHARGE FOR THE USE OF BUILDING GROUND	
<i>Aleksandra Djukić, Branislav Antonić, Tijana M. Vujičić</i>	614
STAGNACIJA URBANIH OBMOČIJ V 'STAGNIRANI' SRBIJI – PRISTOP H GLOBALNEMU POJAVU V LOKALNEM KONTEKSTU EN URBAN SHINKAGE IN A 'SHRINKING' SERBIA – THE APPROACH TO A GLOBAL PHENOMENON IN A LOCAL CONTEXT	
<i>Marija Repanić</i>	630
NOVA IZRAVNAVA HRVAŠKE GRAVIMETRČNE MREŽE 1. REDA EN NEW ADJUSTMENT OF THE CROATIAN FIRST ORDER GRAVITY NETWORK	

**STROKOVNE RAZPRAVE | PROFESSIONAL DISCUSSIONS**

---

<i>Joc Triglav</i>	649
GRUNDSTEUER PATENT, 23. 12. 1817	
<i>Anka Lisec, Miran Ferlan</i>	655
ZAKON O ZEMLJIŠKEM DAVKU, 23. DECEMBER 1817	
LAND TAXATION ACT, DECEMBER 23, 1817	
<i>Sandi Berk</i>	659
3TRA – BREZPLAČNI PROGRAM ZA TRANSFORMACIJO PROSTORSKIH PODATKOV V NOVI REFERENČNI KOORDINATNI SISTEM SLOVENIJE	
3TRA – A FREEWARE TOOL FOR THE TRANSFORMATION OF SPATIAL DATA INTO THE NEW COORDINATE REFERENCE SYSTEM OF SLOVENIA	
<i>Joc Triglav</i>	666
KARTOGRAFIJA ZA OPTIMIZEM	
CARTOGRAPHY FOR OPTIMISM	

**NOVICE | NEWS**

---

<i>Erna Flogie Dolinar</i>   PREDSTAVITEV PROGRAMA PROJEKTOV EPROSTOR IN TRETJI SLOVENSKI DAN INSPIRE	674
<i>Tėja Japelj</i>   SEZNAM DIPLOM NA ODDELKU ZA GEODEZIJO UL FGG, OD 1. 8. 2017 DO 31. 10. 2017	678
<i>Aleš Lazar, Klemen Kregar</i>   GEO & IT NOVICE	684

**DRUŠTVENE DEJAVNOSTI | ACTIVITIES OF THE PROFESSIONAL SOCIETY**

---

<i>Jožica Marinko</i>   GEODETSKI INSTRUMENTI IN OPREMA NA SLOVENSKEM OB 200-LETNICI KATASTRA V DRŽAVNEM ZBORU RS	689
<i>Anka Lisec</i>   OB 200-LETNICI KATASTRA SLAVNOSTNO TUDI NA DUNAJU	693
<i>Rafael Bohak</i>   SREČANJE CELJSKEGA IN ZAGREBŠKEGA GEODETSKEGA DRUŠTVA	697
<i>Melita Rataj</i>   DOLENJSKI GEODETI V ROMUNIJU	700
<i>Janez Dotti</i>   PLANISNKI IZLET ČLANOV LGD NA OTOK LASTOVO	702
<i>Lija Šušteršič</i>   IZLET STAREJŠIH ČLANOV LGD PO DOLENJSKEM IN POSAVJU	705
<i>Patricija Barbo, Maruša Cestnik, Anže Gracar, Klemen Lovenjak</i>   RGSMS – REGIONAL GEODETTIC STUDENT MEETING	707

**NAPOVED DOGODKOV | ANNOUNCEMENTS OF EVENTS**

---

<i>Nejc Dougan</i>   TEMATSKI VEČERI GEODEV MEETUP	709
<i>Aleš Lazar</i>   KOLEDAR STROKOVNIH SIMPOZIJEV V OBDOBJU JANUAR–MAREC 2018	710
VABILO NA 46. GEODETSKI DAN TER 7. EVROPSKI DAN GEODETOV IN GEOINFORMATIKOV	712
<i>Janez Slak, Boštjan Pucelj</i>   MILLER INNSBRUCK / 1920* /	714

---

**Slika na naslovnici:**

Polarni koordinatograf ali polarni transporter na razstavi v Državnem zboru RS 11.-15.12.2017, Arhiv Geodetske uprave Republike Slovenije (Foto: Jani Demšar)





# OB OTVORITVI RAZSTAVE V DRŽAVNEM ZBORU RS

*dr. Milan Brglez*

*predsednika Državnega zbora Republike Slovenije*

Spoštovana bralka, spoštovani bralec Geodetskega vestnika,

verjetno se sprašujete, kako sem se kot predsednik Državnega zbora znašel na uvodnih straneh Geodetskega vestnika, saj je geodezija strokovna in tehnična veda, ki z najvišjo predstavniško institucijo in zakonodajno vejo oblasti nima neposredne zveze. Naj zato uvodoma pojasnim, da smo imeli v Državnem zboru pred dnevi, točneje 11. decembra 2017, čast odpreti in gostiti razstavo *Geodetski instrumenti in oprema na Slovenskem*, s katero smo se častitljivi 200. obletnici katastra na Slovenskem poklonili tudi v naši hiši. Ob tej priložnosti sta me glavna urednica pričujoče publikacije dr. Anka Lisec ter predsednik Zveze geodetov Slovenije mag. Blaž Mozetič povabila, da misli, ki sem jih izrekel na omenjenem otvoritvenem dogodku, delim tudi z vami. V nadaljevanju vam zato ponujam v branje nekaj misli, ki sem podal ob otvoritvi razstave in pri pripravi katerih so se mi – to moram priznati – kot nekomu, ki mu je geodezija bolj kot ne tuja, nekoliko odprla obzorja in hkrati zastavila nova vprašanja.

Geodezija je namreč precej stara veda, katere začetke lahko umestimo približno v leto 2000 pr. n. št., začetek moderne geodezije pa sega v 18. stoletje. Razvoj moderne geodezije smo v taistem času občutili tudi na Slovenskem, in sicer prav s sprejetjem Zakona o zemljiškem davku, ki ga je pred 200 leti, točneje 23. decembra 1817, podpisal avstrijski cesar Franc I. In čeprav je bil prvenstveni cilj tega zakona sicer zemljiški davek, smo pri nas z njim dobili predvsem zemljiški kataster, katerega arhiv danes predstavlja izjemno kulturno dediščino.

Razstava *Geodetski instrumenti in oprema na Slovenskem* je tako pomembna zgodovinska prelomnica, katere izjemnosti se vsi, ki si z geodetsko stroko nismo posebej blizu, najverjetneje premalo zavedamo. Verjetno se večinoma tudi v Državnem zboru premalo zavedamo pomena, odgovornosti in vloge geodezije v družbi in jo posledično, sicer po krivici, jemljemo kot nekaj povsem samoumevnega. Pa vendar je obvladovanje prostora ena od najpomembnejših dejavnosti države, saj je ozemlje oziroma teritorij tudi eden njenih konstitutivnih elementov. Poleg tega je z razvojem družbe in človekovih pravic (katerih svetovni dan smo zaznamovali 10. decembra) tudi lastnina postala ne le človekova pravica, ampak pri nas celo ustavna kategorija, ki jo je treba ustrezno varovati. In ne nazadnje, v razvitih državah prevzema geodetska stroka glavno vlogo na področju razvoja prostorske podatkovne infrastrukture, ki jo, po pomembnosti, lahko mirno postavimo ob bok na primer prometni in telekomunikacijski infrastrukturi.

Vse to torej pomeni, da je geodezija, tudi za dobro delovanje demokratične države in prostega trga, pa tudi za razvoj gospodarstva in družbe, vse bolj nepogrešljiva stroka.

Spoštovana bralka, spoštovani bralec,

zavedam se, da je bilo v razstavo, ki smo jo v Državnem zboru gostili od 11. do 15. decembra 2017 in ki ponuja vpogled v delček bogate kulturne dediščine, vloženega veliko truda, veliko dela, predvsem pa navdušenja in ljubezni do te vede, do geodezije. Zato verjamem, da je vsem, ki so si jo uspeli ogledati in jim geodezija do sedaj sicer ni bila posebej blizu, odprla oči in jih ozavestila, da gre, skupaj z zemljiškim katastrom, pravzaprav za državotvorno stroko in tudi svojevrstnega varuha ozemlja države.

Dovolite mi, da vam namesto zaključka zaželim vse dobro v novem letu. Naj bo polno geodetskega zanimanja in odkrivanja!

# POLOVIČNA REŠITEV NI REŠITEV

*Blaž Mozetič*

*predsednik Zveze geodetov Slovenije*

Letošnje leto je polno dogodkov, s katerimi obeležujemo 200-letnico katastra na Slovenskem. Ozrli smo se nazaj, sedaj, ob koncu jubilejnega in tudi koledarskega leta, pa se naši pogledi vse bolj usmerjajo v naslednje leto in v prihodnost.

Dvesto let od začetkov katastra na Slovenskem nista samo dve stoletji neke evidence, ampak je tudi dvesto let zgodb, razmišljanj, tegob in uspehov ljudi, ki so nastopali v različnih vlogah, in sicer na eni strani kot oblast oziroma oblastniki, seveda odvisno od družbenega sistema, na drugi strani kot ljudstvo, lastniki zemlje in na tretji strani kot geodeti, strokovnjaki, ki so kataster vzpostavili in vodili.

Z začetkov katastra so zanimiva razmišljanja takratnih oblastnikov. Naš stanovski kolega dr. Triglav je v zgodovinskih listinah našel zapis o pismu, ki ga je Napoleon poslal svojemu finančnemu ministru in v katerem je zapisal približno takole: »... nobena polovična rešitev pri evidentiranju dejstev o prostoru ne pride v poštev, ker prinaša samo nepotrebne stroške in kup problemov. Samo uporaba znanstvenih načel in njihova najboljša izvedba v praksi bo zagotovilo kakovostnih meritev in kakovostnega katastra, na podlagi katerih bodo lahko uresničili ideje njegovega državnega zakonika ter preglednost in pravičnost za vse ljudi, da ne bodo imeli podlage za pritoževanje nad državo ...« Kako pa razmišljamo danes!?

Nekje na sredini med oblastniki in ljudstvom se je znašel geodet, ki je pri vzpostavitvi in vodenju katastra s svojo strokovnostjo, znanjem in seveda visoko moralno držo znal izpolniti zahteve oblastnikov na eni strani in pričakovanja ljudstva na drugi strani.

Kataster ni sam sebi namen, ampak je namenjen ljudem za izpolnjevanje dolžnosti in uveljavljanje pravic. V demokratični družbi ima oblast ljudstvo, zato je državni zbor ključna institucija, kjer izvoljeni od ljudi odločajo za ljudi in tako pomembno vplivajo oziroma še bodo vplivali tudi na prihodnost katastra.

Prepričan sem, da če bo vsak izmed deležnikov – oblastniki, ljudstvo in geodeti, ki skupaj vsak po svoje sestavljajo katastrsko troedinost – dobro opravil zaupane dolžnosti in uresničeval svoje pravice, potem v katastru nimamo težav z znamenitim verzom Franceta Prešerna: »Ne vrag, le sosed bo mejak.«

Spoštovane geodetke in geodeti, da boste zaupane dolžnosti lahko opravljali še z višjo strokovnostjo in kakovostjo, ste vljudno vabljeni na Geodetski dan 2018, ki bo v četrtek in petek, 15. in 16. marca 2018, v Mariboru.

Srečno in vse dobro v letu 2018!



# OCENA VERTIKALNE STABILNOSTI MAREOGRAFSKE POSTAJE KOPER

## ASSESSMENT OF THE VERTICAL STABILITY OF THE KOPER TIDE GAUGE STATION

Oskar Sterle, Miran Kuhar, Bojan Stopar, Polona Pavlovčič Prešeren, Tilen Urbančič, Božo Koler

UDK: 551.46.08:528.38(497.4Koper)  
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01  
Prispelo: 4. 9. 2017  
Sprejeto: 7. 11. 2017

DOI: 10.15292//geodetski-vestnik.2017.04.527-540  
SCIENTIFIC ARTICLE  
Received: 4. 9. 2017  
Accepted: 7. 11. 2017

### IZVLEČEK

Z mareografi spremljamo spreminjanje nivoja morja. Ker so običajno postavljeni na pomolih/obali, ki ni stabilna, so v nizu mareografskih opazovanj zajeti tudi vertikalni premiki mareografa. V prispevku obravnavamo stabilnost mareografske postaje Koper, ki smo jo ugotavljali relativno na podlagi izmer nivelmanske mreže, stabilizirane v bližini MP Koper. Za reperje nivelmanske mreže MP Koper smo določili vektorje hitrosti vertikalnih premikov glede na reper mareografa 9000. Stabilnost mareografa smo določili tudi v globalnem referenčnem sistemu z obdelavo opazovanj GNSS na točki KOPE, ki je stabilizirana na MP Koper in je del državnega omrežja stalnih GNSS-postaj SIGNAL in državne geodetske mreže 0. reda. Vektor hitrosti vertikalnega premika točke KOPE smo primerjali z vektorji hitrosti vertikalnih premikov na drugih mareografih, ki so postavljeni ob hrvaški obali, in mareografa v Trstu.

### ABSTRACT

Tide gauges are used to assess sea level changes. Usually, they are placed on the coast (piers), which can be unstable. Consequently, the vertical movement of the tide gauge should be included in the series of observations. The paper deals with the stability of the tide gauge Station Koper (MP Koper), the stability of which was determined relatively on the basis of the levelling network, which was stabilised nearby. The stability of the individual benchmarks was analysed and the velocity vector of vertical displacement of each benchmark was determined with respect to the benchmark 9000 tide gauge. The stability of the tide gauge was also determined in a global reference system by using the series of GNSS observations of the KOPE continuously operating reference GNSS station. The KOPE station is stabilised at the MP Koper and is included in the Slovenian GNSS network of the SIGNAL continuously operating reference network of permanent stations. The vertical velocity vector of the point KOPE was compared with the vertical velocity vectors at other tide gauges, which are located along the Croatian coast, and the tide gauges in Trieste.

### KLJUČNE BESEDE

mareograf, nivo morja, vertikalni premiki, nivelmanska mreža, GNSS

### KEY WORDS

tide gauge, sea level, vertical movements, levelling network, GNSS

## 1 UVOD

Z mareografi spremljamo relativno spreminjanje nivoja morja, saj so običajno postavljeni na pomolih, oziroma obali, ki pa ni vedno stabilna (Blewitt et al., 2010; Meyssignac in Cazenave, 2012; Tamisiea et al., 2014; Han et al., 2015). Kakovost in zanesljivost določitve spreminjanja nivoja morja sta odvisni tudi od časovnega obdobja spremljanja. Zanesljive podatke o spreminjanju nivoja morja dobimo na podlagi 60- in večletnih mareografskih opazovanj. V večini študij se predpostavlja, da so mareografska opazovanja kakovostna, mareografi pa stabilni v prostoru in času. Kljub temu se moramo zavedati, da so bili številni pomoli, na katere so postavljeni ali prestavljeni mareografi, med dolgoletnimi opazovanji nivoja morja obnovljeni, dograjeni ali kako drugače preoblikovani. Za zanesljivo spremljanje spreminjanja nivoja morja potrebujemo dobro dokumentirane podatke o vseh posegih na mareografih in njihovih vertikalnih premikih (Wöppelmann, Zerbini in Marcos, 2006; Hannah, 2010; Deo, Govind in El-Mowafy, 2013).

Vzroki za vertikalno premikanje mareografov so številni. Izvori premikanja so lahko v tektonskem dogajanju, postledenodobnih dviganjih kopnega, lokalnih posedanjih obale, obnovi pomolov, na katere so postavljeni mareografi, itd. Dolgoročni vertikalni premiki so lahko določeni z ledeniško izostatično izravnavo (angl. GIA – *Glacial isostatic adjustment*), modeliranjem geoloških procesov ali neposredno z geodetskimi meritvami GNSS (Zervas, Gill in Sweet, 2013), DORIS (*Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by Satellite*) in absolutno gravimetrijo, ki so izvedene na mareografski postaji in v njeni okolici ter nam omogočajo, da določimo absolutne premike mareografov (Hannah, 2010; Santamaría-Gómez, Bouin in Wöppelmann, 2012). Stabilnost mareografa lahko spremljamo tudi relativno glede na njegovo okolico s periodično izvedenimi meritvami s preciznim geometričnim nivelmanom. V tem primeru moramo imeti v bližnji okolici mareografa stabilizirano nivelmansko mrežo (UNESCO, 2002; Dawidowicz, 2014; Gill, Weston in Smith, 2015). Kot primer navajamo ugotovitve z mareografske postaje Newlyn v Veliki Britaniji, da je geološki vpliv na določitev srednjega nivoja morja velikostnega reda od 0,4 do 0,7 mm/leto, pa čeprav v splošnem velja, da je okolica Newlyna stabilna (Bradshaw et al., 2016).

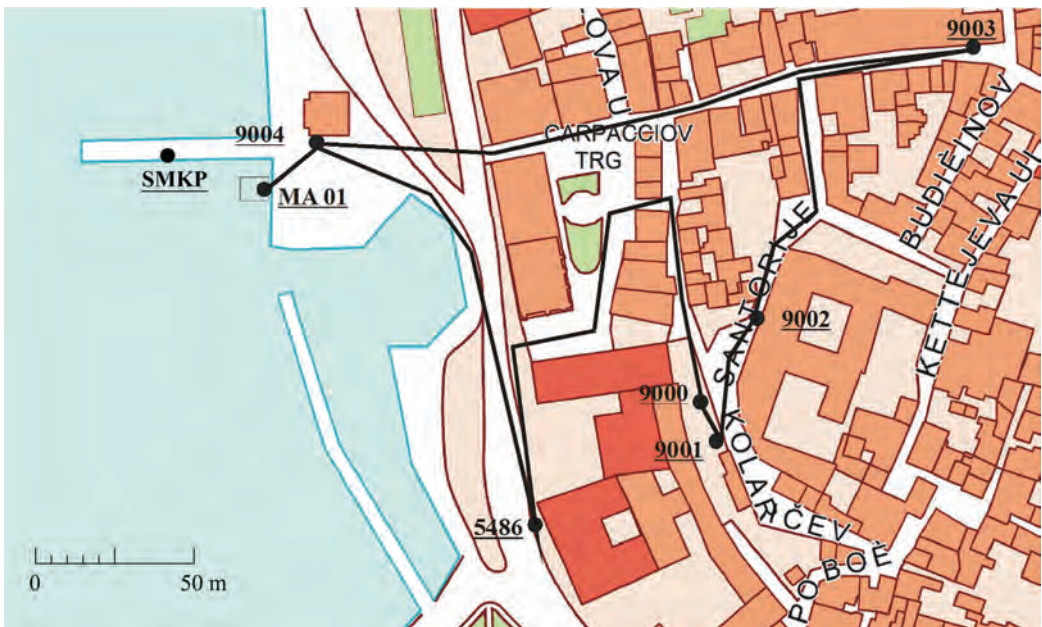
Stabilnost obale in mareografa torej lahko spremljamo na različne načine. Prve analize stabilnosti mareografov so bile izvedene na podlagi precizne nivelmanske izmere. V Veliki Britaniji nivelmansko izmero prva tri leta po postavitvi nove mareografske postaje izvajajo vsako leto in nato na dve leti oziroma redkeje, če se izkaže, da je območje mareografa stabilno. Po letu 1990 so nivelmansko izmero na mareografu v Newlynu nadomestili z absolutno gravimetrično izmero in izmero GNSS, ki jo izvajajo v trajanju petih dni. Vertikalni premiki znašajo  $-0,7 \pm 0,2$  mm/leto. Z absolutnimi gravimetričnimi izmerami so dobili vrednost vertikalnih premikov  $-1,1 \pm 0,8$  mm/leto (Bradshaw et al., 2016).

## 2 NIVELMANSKA MREŽA MP KOPER

V preteklosti so stabilnost številnih mareografov spremljali z večkratnimi izmerami nivelmanske mreže, v kateri so bili reperji oddaljeni manj kot 1,6 kilometra od mareografa. S tem so upoštevali priporočila, naj se vertikalni premiki spremljajo na območju 500 metrov od mareografa (Wöppelmann, Zerbini in Marcos, 2006). Nivelmansko mrežo MP Koper so stabilizirali za potrebe spremljanja stabilnosti starega mareografa, ki so ga postavili leta 1957 (Stopar et al., 2006). S povezavo MP Koper v nivelmansko mrežo smo pridobili:

- možnost nadzora nad kakovostjo posameznih izmer,
- možnost izravnave merjenih višinskih razlik,
- z merjenimi višinskimi razlikami, izravnanimi nadmorskimi višinami reperjev, ki jih dobimo s posamezno izmero in oceno natančnosti izmere višinskih razlik oziroma višin reperjev, pridobimo možnost kakovostne ocene stabilnosti reperjev oziroma morebitnih vertikalnih premikov.

Nivelmanska mreža naj bi bila ponovno izmerjena po preteku 1,5 leta oziroma vsako leto v daljšem obdobju od 10 do 20 let (Bevis, Scherer in Merrifield, 2002; Deo, Govind in El-Mowafy, 2013; Gill, Weston in Smith, 2015). Podobno kot tiste v Kopru številnih nivelmanskih mrež mareografov ne merijo tako pogosto. Nivelmanska mreža stare mareografske postaje Koper (slika 1) je bila prvič izmerjena leta 2001 v več delih, in sicer 14. 2., 28. 3. in 8. 10. 2001. Leta 2005 je bila v Kopru postavljena nova mareografska postaja, ki je bila vključena v izmero nivelmanske mreže MP Koper dvakrat leta 2006 (13. 1. in 21. 12.), po enkrat v letih 2010 (16. 2.) in 2013 (8. 4.) ter dvakrat leta 2015 (9. 2. in 15. 12.).



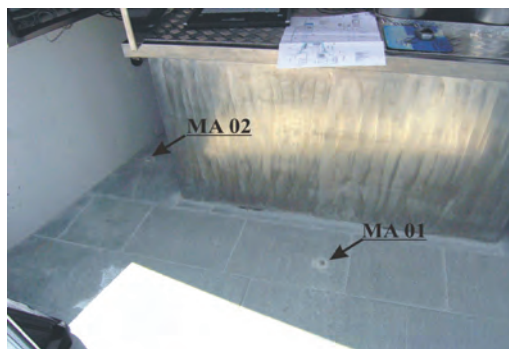
Slika 1: Skica nivelmanske mreže MP Koper (vir kartografske podlage: DPK–1000 GURS).

Nivelmansko mrežo MP Koper sestavljata dva reperja mestne nivelmanske mreže Koper (R11 in R24 oziroma 9003 in 9002 (preglednica 1)), reper 5486, ki je bil vključen v izmero II. NVN, in reper 3002, ki je predstavljal reper starega mareografa v Kopru. Reper 3002, ki je bil stabiliziran na stavbi ministrstva za infrastrukturo, Uprave Republike Slovenije za pomorstvo, je bil za izvedbo nivelmanske izmere vgrajen previsoko. Težavo smo odpravili tako, da smo konec decembra 2005 v njegovi neposredni bližini stabilizirali nov reper 9004 (slika 2).





Slika 2: Reper 3002, ki smo ga nadomestili z reperjem 9004.



Slika 3: Talni reper MA01, stabiliziran na MP Koper.

V nivelmansko mrežo MP Koper je vključen tudi reper MA01, ki je stabiliziran v talni betonski plošči objekta MP Koper (slika 3).

Ob postavitvi novega objekta MP Koper smo reperijske mreže MP Koper (slika 1) preštevilčili. Razlog je bil, da je navedena nivelmanska mreža eden od temeljev novega višinskega koordinatnega sestava Republike Slovenije. V preglednici 1 so zbrani podatki o novih in starih oznakah reperjev nivelmanske mreže MP Koper.

Preglednica 1: Stare in nove označbe reperjev nivelmanske mreže MP Koper.

Stara številka reperja	Nova številka reperja
3001	9001
3000	9000
R24	9002
R11	9003
Namesto 3002	9004

## 2.1 Ocena natančnosti izmer nivelmanske mreže MP Koper

Nivelmanska mreža MP Koper je bila izmerjena po pravilih za izmero nivelmanskih mrež visoke natančnosti. Za vse izmere nivelmanske mreže MP Koper smo izvedli a-priori in a-posteriori oceno natančnosti meritev (preglednica 2). A-priori ocena natančnosti je bila izvedena na podlagi odstopanj obojestransko niveliranih nivelmanskih linij in na podlagi odstopanj pri zapiranju nivelmanske zanke MP Koper. A-posteriori ocena natančnosti temelji na referenčni varianci, določeni na podlagi popravkov merjenih višinskih razlik po izravnavi proste mreže MP Koper.

Iz preglednice 2 vidimo, da znašajo odstopanja pri zapiranju nivelmanske zanke MP Koper ( $\Delta$ ) od  $-0,27$  (5. izmera) do  $0,51$  mm (0. izmera) in so vsa manjša od dovoljenega odstopanja ( $\Delta_{dov}$ ) za zapiranje nivelmanskih zank visoke natančnosti (RGU, 1981). Ocena natančnosti iz odstopanj obojestransko niveliranih nivelmanskih linij ( $\sigma_L$ ) znaša od  $0,14$  mm (5. izmera) do  $0,44$  mm (0. izmera) in zapiranju nivelmanske zanke ( $\sigma_Z$ ) od  $0,01$  mm (2. izmera) do  $0,56$  mm (0. izmera). A-posteriori ocena standardnega odklona ( $\hat{\sigma}_0$ ) znaša od  $0,01$  mm (2. izmera) do  $0,55$  mm (0. izmera). A-posteriori standardni odklon je podobne velikosti kot odstopanja pri zapiranju nivelmanske zanke, saj znaša dolžina nivelmanske zanke okoli 860



m. Standardni odkloni določitve višine točke ( $\sigma_H$ ) znašajo od 0,00 mm (2. izmera) do 0,16 mm (0. izmera). Na podlagi ocen natančnosti posameznih izmer lahko ugotovimo, da so dosežene natančnosti primerne za oceno natančnosti stabilnosti reperjev nivelmanske mreže MP Koper.

Preglednica 2: Odstopanje merjenih višinskih razlik v nivelmanski mreži in a-posteriori standardni odkloni posameznih izmer nivelmanske mreže MP Koper.

Datum izmere	Številka izmere [n]	$\Delta$ [mm]	$\Delta_{dov}$ [mm]	$\sigma_L$ [mm]	$\sigma_Z$ [mm]	$\hat{\sigma}_0$ [mm]	$\sigma_H$ [mm]
14. 2., 28. 3. 8. 10. 2001	0	0,51	0,94	0,44	0,56	0,55	0,12–0,16
13. 1. 2006	1	0,15	0,94	0,32	0,12	0,17	0,04–0,05
21. 12. 2006	2	0,01	0,94	0,32	0,01	0,01	0,00–0,00
16. 2. 2010	3	-0,11	0,94	0,29	0,07	0,12	0,02–0,04
8. 4. 2013	4	-0,23	0,94	0,21	0,23	0,25	0,05–0,07
9. 2. 2015	5	-0,27	0,94	0,14	0,29	0,37	0,08–0,11

## 2.2 Analiza stabilnosti reperjev nivelmanske mreže MP Koper

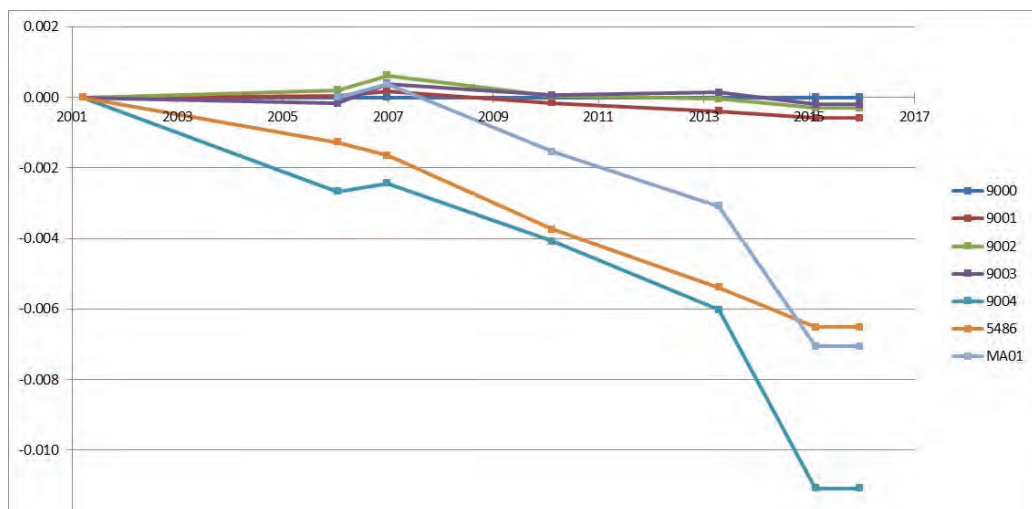
Z oceno hitrosti vertikalnih premikov relativno na stabilen reper so se ukvarjali v številnih študijah. Težava pa nastane, ko izbrani domnevno stabilni reper ni tudi dejansko stabilen. Takrat je pomembno, da najprej določimo stabilne reperje v nivelmanski mreži (Deo, Govind in El-Mowafy, 2013). Med izvedbo projekta *Posodobitev prostorske podatkovne infrastrukture za zmanjšanje tveganj in posledic poplav* smo v okviru podprojekta *Razvoj geodetskega referenčnega sistema 2014* opravili analizo stabilnosti reperjev na podlagi razlik višin reperjev, ki jih pridobimo s prosto izravnavo nivelmanske mreže in razlik merjenih višinskih razlik med posameznimi reperji. Zaradi obsežnosti analize, ki je v celoti predstavljena v Stopar et al. (2015), v prispevku predstavljamo le končne rezultate.

Ugotovili smo, da so na objektih ali skali stabilizirani reperji, ki so na primarnem (nekdanjem) otoku, na katerem je stari del mesta Koper, stabilni (9000, 9001, 9002, 9003 – slika 1). Reperji, stabilizirani na objektih, ki stojijo na nasutem delu obale, niso stabilni (5486, 9004 in MA01 – slika 1). Z uporabo nivelmanskih meritev v vseh mogočih kombinacijah izračunov vertikalnih premikov smo največkrat ocenili kot stabilen reper 9000, ki smo ga zato tudi določili za novi reper mareografske postaje v Kopru (slika 4).



Slika 4: Reper MP Koper – 9000.

Z izravnnavami nivelmanske mreže MP Koper z navezavo na reper 9000 smo pridobili nadmorske višine reperjev v posamezni izmeri skupaj z oceno natančnosti določitve nadmorskih višin. V nadaljevanju smo nato ocenili vertikalne premike posameznih reperjev ter analizirali njihovo stabilnost (slika 5).



Slika 5: Vertikalni premiki reperjev v nivelmanski mreži MP Koper.

S slike 5 je razvidno, da med izmerama v letu 2015 ni zaznati vertikalnih premikov, zato smo v nadaljnjo analizo vključili le izmero, izvedeno 9. 2. 2015. Na sliki 5 lahko vidimo, da se je vertikalni premik reperjev 5486 in 9004 ter reperja MA01 od 3. izmere (2010) zelo povečal. Poleg tega se je na reperjih 9004 in MA01 vrednost vertikalnega premika med izmerama v letih 2013 in 2015 močno spremenila. Posledično sta tudi vektorja hitrosti posedanja teh reperjev relativno velika in znašata  $-0,79$  mm/leto za reper 9004 in  $-0,64$  mm/leto za reper MA01 (preglednica 3). Predvidevamo, da je ta sprememba hitrosti premikov teh dveh točk posledica urejanja obale v okolici MP Koper v letu 2013 in pred tem (slika 6). Če iz sprememb višin reperjev na sliki 5 izvzamemo veliko spremembo hitrosti premikov med letoma 2013 in 2015, ugotovimo, da se višine reperjev 5486, 9004 in MA01 spreminjajo linearno.



Slika 6: Urejanje Ukmarjevega trga v okolici MP Koper.

Višino poljubnega reperja v poljubnem trenutku  $t$  lahko obravnavamo kot linearno funkcijo, ki je predstavljena z višino točke v izbranem referenčnem trenutku s pripadajočim konstantnim vektorjem hitrosti spreminjanja višine. Obe količini ( $v_H$  in  $\sigma_{v_H}$ ) lahko na podlagi ocenjenih višin v različnih terminskih izmerah določimo po metodi najmanjših kvadratov.

Preglednica 3: Vektorji hitrosti vertikalnih premikov za reperje nivelmanske mreže MP Koper glede na reper MP Koper 9000.

Reper	Vse izmere (6)				Brez zadnje izmere (5)			
	$v_H$ [mm/leto]	$\sigma_{v_H}$ [mm/leto]	Testna statistika $Z$	$\alpha_Z$	$v_H$ [mm/leto]	$\sigma_{v_H}$ [mm/leto]	Testna statistika $Z$	$\alpha_Z$
9001	- 0,05	0,02	2,50	1 %	- 0,03	0,01	3,00	0 %
9002	- 0,04	0,04	1,00	32 %	- 0,01	0,03	0,33	74 %
9003	- 0,02	0,06	0,33	74 %	0,01	0,05	0,20	84 %
9004	- 0,79	0,06	13,17	0 %	- 0,49	0,05	9,80	0 %
5486	- 0,49	0,06	8,17	0 %	- 0,46	0,05	9,20	0 %
MA01	- 0,64	0,07	9,14	0 %	- 0,46	0,06	7,67	0 %

Nadalje želimo ugotoviti, ali je izračunan vektor hitrosti statistično značilen, kar testiramo s stopnjo značilnosti  $\alpha = 5 \%$ . Testno statistiko določimo kot: Testna statistika je normalno porazdeljena in jo primerjamo s kritično vrednostjo  $Z_{krit} = 1,96$ . Če je izpolnjen pogoj, da je lahko trdimo, da je reper stabilen (Savšek-Safić et al., 2008). Iz preglednice 3 vidimo, da je reper 9001 nestabilen. Pri tem velja poudariti, da je reper 9001 od referenčnega reperja 9000 oddaljen približno 16 metrov, zato je natančnost določitve njegove višine in s tem tudi vektorja hitrosti izredno visoka. Realno gledano, vektorja s premikom - 0,03 mm/leto, kljub drugačnemu izidu statističnega testa, ne moremo sprejeti za statistično značilnega.

### 3 SPREMLJANJE STABILNOSTI MAREOGRAFA Z GNSS

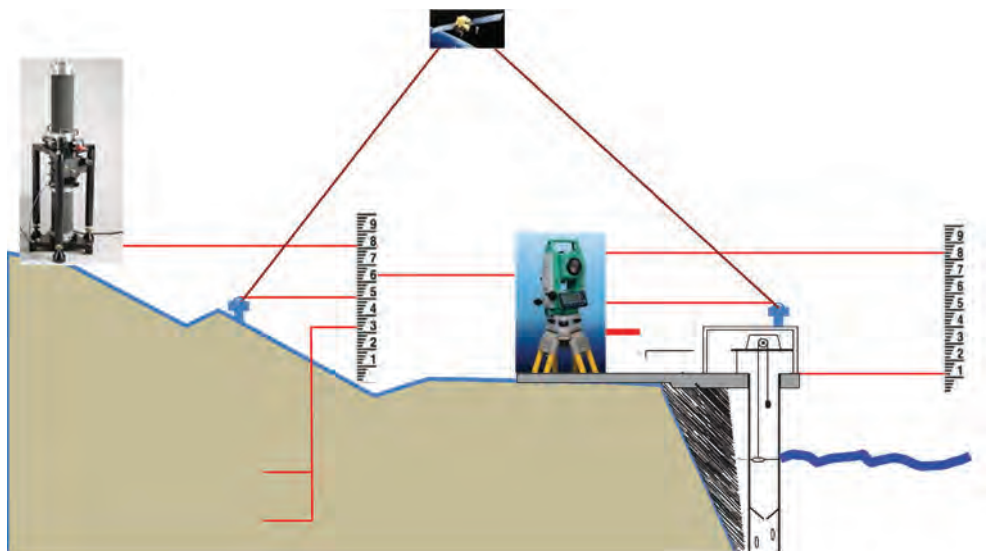
Določitev nivoja morske gladine v globalnem terestričnem koordinatnem sistemu ITRS (International Terrestrial Reference System) s satelitsko altimetrijo obravnavamo kot določitev absolutnega nivoja morske gladine. Vertikalni premik obale, morskega dna oziroma splošno litosfere, ki ga določimo v globalnem koordinatnem sistemu ITRS, obravnavamo kot absolutni vertikalni premik zemeljske skorje. Ker z mareografi spremljamo relativni nivo morja, moramo za določitev absolutnega spreminjanja nivoja morja poznati absolutni vertikalni premik mareografa in ga izločiti iz niza mareografskih opazovanj. Če spremljamo stabilnost mareografa z GNSS in nivelmansko izmero, lahko preračunamo relativni nivo morja v absolutnega in nasprotno (Bevis, Scherer in Merrifield, 2002). Po Janssensu et al. (2013) je povzeta preglednica 4, kjer terestrične metode geodetske izmere primerjamo z izmero GNSS.

Osnovni namen izvajanja izmer GNSS na mareografskih postajah je določiti položaj mareografske postaje in predvsem spremljati vertikalno stabilnost mareografske postaje in morskega dna v globalnem referenčnem koordinatnem sistemu, kot je na primer ITRS (Bevis, Scherer in Merrifield, 2002; Wöppelmann, Zerbini in Marcos., 2006; Tervo, Poutanen in Koivula, 2007). Sprejemnik GNSS je najbolje stabilizirati na mareografski postaji tako, da lahko njegove vertikalne premike povežemo z vertikalnimi premiki mareografske postaje oziroma mareografa. Če je sprejemnik GNSS nameščen v bližini mare-

ografa, moramo referenčno točko GNSS vključiti v nivelmansko mrežo mareografa (slika 7). Ker so v preteklosti stabilnost mareografa spremljali z izmero nivelmanske mreže, je treba na izhodiščnem reperju oziroma reperju mareografa izvesti statično izmero GNSS, ki omogoča določitev absolutne stabilnosti reperja v globalnem koordinatnem sistemu. Izmero izvedemo na tri do pet let, odvisno od stabilnosti lokacije (Australian Government, 2017; Gill, Weston in Smith, 2015).

Preglednica 4: Primerjava terestričnih geodetskih metod izmere z izmero GNSS za določitev vertikalnih premikov

Naloga/operacija	Terestrične metode	GNSS
Monitoring	periodičen/občasen	kontinuiran
Referenčni okvir	lokalni	globalni
Vertikalni premiki	relativni	absolutni
Podatki	interni/obdelani lokalno	deljeni/posredovani/ neodvisna obdelava
Točnost	v splošnem fiksna	izboljšuje se s časom/algoritmi
Natančnost	odvisna od metode izmere	homogena
Arhiviranje podatkov	ročno in centralizirano	avtomatsko in razpršeno
Delovna intenzivnost/izid	intenzivna/določen in omejen	avtomatizirano/več uporabnikov z različnim izidom
Opozorjanje	ni mogoče	skoraj v realnem času



Slika 7: Skica mareografske postaje in povezane geodetske točke, ki so povezane z izmero mareografske postaje (vir: D. Pugh, P. Woodworth, sea-level science, Cambridge University Press, 2014).

Ker želimo ločiti spreminjanje nivoja morja, ki ga spremljamo z mareografi, in vertikalne premike mareografa, so številne mareografske postaje opremljene s stalno delujočimi sprejemniki GNSS, ki so nameščeni

na mareografski postaji ali v njeni bližini (Hannah, 2010). V bližini mareografov so bile prve stalno delujoče postaje GNSS (GPS) postavljene leta 1994. Leta 1997 so v Pasadeni izvedli prvo delavnico na temo povezovanja opazovanj GNSS z vertikalnimi premiki mareografa (Schöne, Schön in Thaller, 2009). Kasneje so ugotovili, da so za kakovostno določitev vertikalnih premikov zelo pomembna jasna navodila v zvezi s postavitvijo stalno delujočih postaj na mareografu ali v njegovi bližini ter enolična obdelava opazovanj GNSS. Tako so v okviru IGS (angl. *International GNSS Service*) in GLOSS-a (*The Global Sea Level Observing System*) leta 2001 začeli izvajati projekt TIGA (angl. IGS – *Tide Gauge Benchmark Monitoring Pilot Project*), v katerega sta vključena 102 mareografa. Osnovni cilj je obdelava opazovanj GNSS, da bi določili vertikalne premike z visoko natančnostjo (Wöppelmann, Zerbini in Marco, 2006; Schöne, Schön in Thaller, 2009; Dawidowicz, 2014).

Seveda je pomembno, da z izmero GNSS določimo višino mareografa z ustrezno natančnostjo. Določitev višine mareografa z natančnostjo enega centimetra glede na dobro določen globalni koordinatni sistem je kar precejšen izziv, ki pa je rešljiv z obdelavo nekajletnega niza neprekinjenih opazovanj GNSS. Velika težava je določitev hitrosti premika mareografa z natančnostjo 1 mm/leto, tudi če imamo na voljo večdesetletni niz opazovanj GNSS. Težava so tudi lokalno nestabilne mareografske postaje, saj je vertikalni premik lahko posledica lokalne nestabilnosti površinskih plasti zemeljske skorje, na katerih je postavljen/zgrajen mareograf. Znano je, da se pomoli posedajo, in ti lokalni premiki običajno niso povezani z nestabilnostjo litosfere. Takrat je smiselno stalno delujoče postaje GNSS postaviti v bližini mareografov, na območja, kjer so vertikalni premiki povezani s premiki litosfere (Bevis, Scherer in Merrifield, 2002; Wöppelmann, Zerbini in Marcos et al., 2006; Buble, Bennett in Hreisdóttir, 2010; Deo, Govind in El-Mowafy, 2013; Dawidowicz, 2014). Pomembno je tudi, da je referenčna točka GNSS povezana z nivelmansko mrežo mareografa z ustrezno natančno geodetsko izmero (Bevis, Scherer in Merrifield, 2002).

### 3.1 Vertikalni premiki mareografov, določeni na podlagi opazovanj GNSS

Z GNSS-določitvijo vertikalnih premikov mareografov so se ukvarjali številni avtorji. Tako so Santamaría-Gómez, Bouin in Wöppelmann (2012) obdelali opazovanja od januarja 1996 do decembra 2008 na 316 postajah GNSS, ki so nameščene na mareografskih postajah. Opazovanja GNSS so obdelali s programoma ULR3 in ULR4, ki so ju razvili na Univerzi La Rochelle (ULR). Primerjava izračunanih hitrosti vertikalnih premikov na 170 GNSS-postajah, ki so imele vsaj 4,5-letni niz opazovanj, obdelanih z obema programoma, je pokazala, da so razlike v izračunanih hitrostih vertikalnih premikov večinoma manjše od  $1,0 \pm 0,8$  mm/leto, njihova srednja vrednost pa je  $0,16 \pm 0,06$  mm/leto. Razlike so bile manjše od natančnosti takrat aktualnega globalnega koordinatnega sestava ITRF2005.

### 3.2 Stabilnost MP Koper

Stalno delujoča GNSS-postaja KOPE je bila vzpostavljena leta 2005 in jo upravlja Služba za GNSS Geodetskega inštituta Republike Slovenije (<http://www.gu-signal.si/>, Stopar et al., 2006). Med pisanjem prispevka je opremljena s sprejemnikom GNSS Leica GR25 in anteno Leica AR20 LEIM (<http://www.gu-signal.si/log>). Točka je stabilizirana in opremljena po priporočilih za vzpostavitev stalno delujočih postaj GNSS ter locirana na samem objektu MP Koper (slika 8). Je del slovenskega državnega omrežja stalno delujočih GNSS-postaj SIGNAL in tudi del na novo vzpostavljene državne geodetske mreže 0. reda (Stopar et al., 2015).





Slika 8: Stalna GNSS-postaja KOPE na MP Koper.

Vertikalne premike stalno delujoče GNSS-postaje KOPE smo določili v sklopu obdelave opazovanj postaj omrežja SIGNAL. V obdelavo smo vzeli vse takrat razpoložljive podatke omrežja SIGNAL, in sicer do leta 2010. Za GNSS-postajo KOPE smo imeli na voljo podatke od sredine leta 2006 do začetka 2010, torej za tri leta in pol. Obdelavo smo izvedli na dva načina, s programskim paketom *Bernese GNSS Software*, ki deluje na osnovi dvojnih faznih razlik, in s programskim paketom lastne obdelave gPPP, ki deluje po metodi Precise Point Positioning (PPP). Rezultat so bile časovne vrste prostorskih koordinat vseh postaj, s katerih je bilo mogoče izračunati vektorje hitrosti in tako pridobiti tudi vertikalne premike postaj (Sterle, 2015). Za točko KOPE smo dobili vrednosti  $-1,6$  mm/leto z metodo PPP oziroma  $0,2$  mm/leto s programskim paketom *Bernese GNSS Software*. Za točko SMKP državne geodetske mreže 0. reda Slovenije (slika 1), ki je stabilizirana na mednarodnem pomolu v bližini MP Koper in je bila vključena v posamezne GNSS-izmere, je vektor hitrosti vertikalnega premika  $-0,2$  mm/leto. Pri tem je treba poudariti, da opazovanja GNSS trenutno podajo natančnost višinske komponente vektorja hitrosti z nekaj mm/leto, čemur ustrezajo tudi razpršene vrednosti iz preglednice 5. Vektorji hitrosti vertikalnih premikov, določeni na podlagi opazovanj GNSS, so v primerjavi s pripadajočo natančnostjo relativno majhni, zato jih nikakor ne moremo opredeliti drugače, kot da niso statistično značilni.

Rezultate vertikalne stabilnosti MP Koper smo primerjali z rezultati podobnih analiz, ki so jih na podlagi stalno delujočih postaj GNSS, postavljenih v bližini mareografskih postaj ob jadranski obali ali na njih

pridobili drugi avtorji (preglednica 5). V preglednici 5 lahko vidimo, da izračunane vrednosti hitrosti vertikalnih premikov na vzhodni jadranski obali znašajo od -3,4 mm/leto (Trst 0) do 0,0 mm/leto (Trst), čeprav izračuni med seboj niso povsem enakovredni.

Preglednica 5: Vektorji hitrosti vertikalnih premikov za stalno delujoče postaje na mareografih ali v njihovi bližini vzdolž jadranske obale

GNSS-točka	$V_{\Delta H}$ [mm/leto]	Vir podatkov
Koper (oznaka KOPE)	-1,6	izračun z metodo PPP (obdobje 2006–2010; Sterle, 2015)
	0,2	izračun s programskim paketom <i>Bernese GNSS Software</i> (isti podatki kot PPP; Sterle, 2015)
SMKP	-0,2	izračun s programskim paketom <i>Bernese GNSS Software</i> (Marjanović, 2009)
	0,1	izračun s programskim paketom <i>Bernese GNSS Software</i> (isti podatki kot PPP; Sterle, 2015)
Trst	0,0	ITRF2000 (FReDNet, 2017)
	-2,5	ETRF (FReDNet 2017)
Trst 0	-1,5	ITRF2000 (FReDNet, 2017)
	-3,4	ETRF (FReDNet, 2017)
Poreč	-0,5	ETRF2000 (EPN, 2017)
Zadar	-0,4	ETRF2000 (EPN, 2017)
Zadar	-1,0	izračun s programskim paketom <i>Bernese GNSS Software</i> (Marjanović, 2009)
Dubrovnik 2	-2,0	ETRF2000 (EPN, 2017)
Dubrovnik	-1,8	izračun s programskim paketom <i>Bernese GNSS Software</i> (Marjanović, 2009)
Mareograf Dubrovnik	-1,2	izračun s programskim paketom <i>Bernese GNSS Software</i> (Marjanović, 2009)
Rovinj	-0,4	izračun s programskim paketom <i>Bernese GNSS Software</i> (Marjanović, 2009)
Split	-2,1	izračun s programskim paketom <i>Bernese GNSS Software</i> (Marjanović, 2009)

Buble, Bennett in Hreisdóttir (2010) navajajo, da posamezni izostatični modeli za vzhodno jadransko obalo kažejo na posedanja s hitrostjo 0,3–0,5 mm/leto. Hkrati obstajajo raziskave, ki kažejo na dvig vzhodne jadranske obale od 0,2–0,3 mm/leto. Na podlagi obdelave GNSS-opazovanj v ITRF2005 so določili hitrosti vertikalnih premikov mareografov v Trstu  $1,5 \pm 0,2$  mm/leto, Splitu  $0,4 \pm 0,3$  mm/leto ter Dubrovniku  $0,2 \pm 0,1$  mm/leto (Buble, Bennett in Hreisdóttir, 2010). Razlike so posledica različnih načinov obdelave podatkov in različnih kriterijev pri ocenjevanju kakovosti podatkov, na podlagi katerih so izračunani vertikalni premiki, določeni z GNSS. Vilibić et al. (2005) navajajo, da znaša hitrost vertikalnih premikov ob jadranski obali okoli 1 mm/leto, vendar je odvisna od posamezne lokacije. Na podlagi 3,5-letnega niza neprekinjenih opazovanj GNSS so na mareografu v Benetkah določili vektor premika

-2,77±0,70 mm/leto. Opozoriti je treba, da tako kratek niz opazovanj GNSS ne zadošča za kakovostno in zanesljivo določitev linearnega trenda vertikalnih premikov (Wöppelmann, Zerbini in Marcos, 2006).

#### 4 SKLEP

Z mareografi spremljamo spreminjanje nivoja morja, vendar so v mareografska opazovanja zajeti tudi vertikalni premiki mareografa. To je posledica dejstva, da so mareografi običajno postavljeni na pomolih/obali, ki niso stabilni. Prvi mareograf je bil v Kopru postavljen leta 1957. Leta 2001 je bila na območju starega mareografa Koper vzpostavljena nivelmanska mreža z namenom spremljanja njegove stabilnosti. Leta 2005 je bila v Kopru zgrajena nova mareografska postaja, ki je bila z reperjem MA01 vključena v nivelmansko mrežo MP Koper. Nivelmanska mreža MP Koper je bila prvič izmerjena leta 2001, dvakrat leta 2006, enkrat leta 2011, enkrat leta 2013 in dvakrat leta 2015. Stabilnost reperjev smo določili na podlagi merjenih višinskih razlik in višin reperjev, izračunanih s prosto izravnavo nivelmanske mreže. Z analizo smo ugotovili, da so reperji 9000, 9001, 9002 in 9003, ki so stabilizirani na območju primarnega otoka, na katerem stoji staro mestno jedro Kopra, stabilni. Reperji ob obali 5486, 9004 in MA01 so nestabilni, saj so stabilizirani na objektih, temeljenih na nasutem delu obale, ki ni stabilen. Vektorji vertikalnih premikov so določeni relativno glede na reper MP Koper z oznako 9000.

MP Koper je opremljena tudi s stalno GNSS-postajo KOPE, ki je del slovenskega državnega omrežja stalno delujočih GNSS-postaj SIGNAL. Z vzpostavitvijo mreže 0. reda je postaja KOPE tudi del te mreže, enako velja za točko SMK P državne geodetske mreže 0. reda Slovenije, ki je stabilizirana na mednarodnem pomolu v bližini MP Koper. Z mareografskimi opazovanji in določeno hitrostjo vertikalnega premikanja na podlagi opazovanj GNSS v globalnem referenčnem sistemu lahko določimo tudi absolutno spreminjanje nivoja morja, vendar potrebujemo daljši niz opazovanj, zato naša rezultata nista statistično značilna, saj opazovanja GNSS trenutno omogočajo določitev vertikalne komponente hitrosti s stopnjo natančnosti nekaj milimetrov na leto.

#### Zahvala

Del prispevka je nastal na podlagi rezultatov projektov *Vzpostavljanje evropskega referenčnega sistema v Sloveniji* ter *Posodobitev prostorske podatkovne infrastrukture za zmanjšanje tveganj in posledic poplav*, ki sta bila podprta s finančnim mehanizmom EGP, sredstvi Geodetske uprave Republike Slovenije ter raziskovalnega programa ARRS P2-0227 *Geoinformacijska infrastruktura in trajnostni prostorski razvoj Slovenije*.

#### Literatura in viri:

- Australian Government (2017). Geoscience Australia, Levelling connections between GNSS sites and tide gauges. <http://www.ga.gov.au/scientific-topics/positioning-navigation/geodesy/gnss-networks/levelling-connections-between-gnss-sites-and-tide-gauges>, pridobljeno 12. 4. 2017.
- Bevis, M., Scherer, W., Merrifield, M. (2002). Technical issues and recommendations related to the installation of continuous GPS stations at tide gauges. *Marine Geodesy*, 25, 87–99. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/014904102753516750>
- Blewitt, G., Altamimi, Z., Davis, J., Gross, R., Kuo, C., Lemoine, F., Neilan, R., Plag, H. P., Rothacher, M., Shum, C. K., Sideris, M. G., Schöne, T., Tregoning, P., Zerbini, S. (2010). Geodetic observations and global reference frame contributions to understanding sea-level rise and variability. V: J. A. Church, P. L. Woodworth, T. Aarup, W. S. Wilson (ur.). *Understanding sea-level rise and variability*, str. 256–284. London, UK: Wiley-Blackwell. [http://www.mari-odu.org/people/hpplag/pubs/2006\\_blewitt\\_etal\\_WCRP\\_Paris.pdf](http://www.mari-odu.org/people/hpplag/pubs/2006_blewitt_etal_WCRP_Paris.pdf), pridobljeno 11. 5. 2017.
- Bradshaw, E., Woodworth, P. L., Hibbert, A., Bradley, L. J., Pugh, D. T., Fane, C., Bingley, R. M. (2016). A Century of Sea Level Measurements at Newlyn, Southwest England. *Marine Geodesy*, 39 (2), 115–140. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/01490419.2015.1121175>



- Buble, G., Bennett, R. A., Hreisdóttir, S. (2010). Tide gauge and GPS measurements of crustal motion and sea level rise along the eastern margin of Adria. *Journal of Geophysical research*, 115, 1–13. DOI: <http://dx.doi.org/10.1029/2008JB006155>
- Dawidowicz, K. (2014). Sea level changes monitoring using GNSS technology – a review of recent efforts. *Acta Adriatica*, 55 (2), 145–162. <http://hrcak.srce.hr/file/199292>, pridobljeno 17. 4. 2017.
- Deo, M. N., Govind, R., El-Mowafy, A. (2013). The Stability of Tide Gauges in the South Pacific Determined from Multiepoch Geodetic Levelling, 1992 to 2010. *Marine Geodesy*, 36, 261–284. DOI: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01490419.2013.786003>
- EPN 2017. Spletna stran: [http://www.epncb.oma.be/\\_productsservices/coordinates/](http://www.epncb.oma.be/_productsservices/coordinates/), pridobljeno 7. 8. 2017.
- FReDNet 2017. Spletna stran: <http://frednet.crs.inogs.it/EnglishSite/XFReDNetHomeENG.htm>, pridobljeno 7. 8. 2017.
- Gill, S., Weston, N., Smith, D. (2015). NOAA Guidance Document for Determination of Vertical Land Motion at Water Level Stations Using GPS Technology. NOAA Technical Report NOS 139, Silver Spring, Maryland. [https://tidesandcurrents.noaa.gov/publications/NOS\\_Tech\\_report\\_139.pdf](https://tidesandcurrents.noaa.gov/publications/NOS_Tech_report_139.pdf), pridobljeno 23. 5. 2017.
- Han, G., Ma, Z., Chen, N., Yang, J., Chen, N. (2015). Coastal sea level projections with improved accounting for vertical land motion. *Scientific Reports*, 5, 1–5. <https://www.nature.com/articles/srep16085>, pridobljeno: 16. 5. 2017.
- Hannah, J. (2010). The Difficulties in Using Tide Gauges to Monitor Long-Term Sea Level Change. [https://www.fig.net/resources/monthly\\_articles/2010/july\\_2010/july\\_2010\\_hannah.pdf](https://www.fig.net/resources/monthly_articles/2010/july_2010/july_2010_hannah.pdf), pridobljeno 10. 12. 2016.
- Janssen, V., Commins, R., Watson, P., McElroy, S. (2013). Using GNSS CORS to Augment Long-Term Tide Gauge Observations in NSW. Proceedings of the Surveying and Spatial Sciences Conference, 15–19 April, Canberra, Australia. [http://eprints.utas.edu.au/16394/1/2013\\_Janssen\\_et\\_al\\_SSSC2013\\_proceedings\\_version.pdf](http://eprints.utas.edu.au/16394/1/2013_Janssen_et_al_SSSC2013_proceedings_version.pdf), pridobljeno 10. 5. 2017.
- UNESCO (2002). UNESCO, IOC-Intergovernmental Oceanographic Commission (2002): Manuals and Guides 14: Manual on Sea level Measurement and Interpretation – Volume III – Reappraisals and Recommendations as of the year 2000. <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001251/125129e.pdf>, pridobljeno 25. 5. 2017.
- Marjanović, M. (2009). Primjena GPS mjerenja za određivanje horizontalnih i vertikalnih pomaka Jadranske mikroplače. Doktorska disertacija. Zagreb, Hrvatska, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet.
- Meysignac, B., Cazenave, A. (2012) Sea level: a review of present-day and recent-past changes and variability. *Journal of Geodynamics*, 58, 96–109. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jog.2012.03.005>
- Republiška geodetska uprava (RGU) (1981). Pravilnik o tehničnih normativih za mreže temeljnih geodetskih točk.
- Santamaría-Gómez, A., Bouin, M.-N., Wöppelmann, G. (2012). Improved GPS Data Analysis Strategy for Tide Gauge Benchmark Monitoring. V: S. Kenyon et al. (ur.), *Geodesy for Planet Earth* (str. 11–18), International Association of Geodesy Symposia 136. DOI: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-20338-1\\_2](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-20338-1_2)
- Savšek-Safić, S., Ambrožič, T., Stopar, B., Kogoj, D. (2008). Local stability monitoring of the Koper tide gauge Station. *AVN*, 115 (6), 210–216.
- Schöne, T., Schön, N., Thaller, D. (2009). IGS Tide Gauge Benchmark Monitoring Pilot Project (TIGA): scientific benefits. *Journal of Geodesy*, 83, 249–261. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00190-008-0269-y>
- Sterle, O. (2015). Časovno odvisne geodetske mreže in koordinatni sistemi. Doktorska disertacija, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- Stopar, B., Koler, B., Kogoj, D., Sterle, O., Ambrožič, T., Savšek-Safić, S., Kuhar, M., Radovan, D. (2006). Geodetska dela na novi mareografski postaji Koper. *Geodetski vestnik*, 50 (4), 609–619. [http://www.geodetski-vestnik.com/50/4/gv50-4\\_609-619.pdf](http://www.geodetski-vestnik.com/50/4/gv50-4_609-619.pdf), pridobljeno 25. 5. 2015.
- Stopar, B., Koler, B., Kogoj, D., Ambrožič, T., Pavlovčič Prešeren, P., Kuhar, M., Sterle, O., Kregar, K., Štebe, G., Urbančič, T., Goršič, J., Mencin, A., Berk, S., Bajec, K., Mesner, N., Fabiani, N., Caserman, M., Bric, V., Triglav Čekada, M., Karničnik, I., Janežič, M., Oven, K. (2015). Razvoj geodetskega referenčnega sistema 2015 – Zaključni elaborat, Univerza v Ljubljani fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Geodetski inštitut Slovenije.
- Tamisiea, M. E., Hughes, C. W., Williams, S. D. P., Bingley, R. M. (2014). Sea level: measuring the bounding surfaces of the ocean. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 372, 1–26. DOI: <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2013.0336>
- Tervo, M., Poutanen, M., Koivula, H. (2007). Tide gauge monitoring using GPS. V: P. Tregoning (ur.), C. Rios (ur.), *Dynamic Planet-Monitoring and Understanding a Dynamic Planet with Geodetic and Oceanographic Tools*. IAG Symposium-Volume 130 (str. 75–79). Springer. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-49350-1\\_13#page-3](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-49350-1_13#page-3), pridobljeno 26. 5. 2017.
- Vilibić, I., Orlić, M., Čupić, S., Domijan, N., Leder, N., Mihanović, H., Pasarić, M., Pasarić, Z., Srdelić, M., Strinić, G. (2005). A new approach to sea level observations in Croatia. *Geofizika*, 22, 21–57. [http://hrcak.srce.hr/index.php?id\\_clanak\\_jezik=256&show=clanak](http://hrcak.srce.hr/index.php?id_clanak_jezik=256&show=clanak), pridobljeno 25. 5. 2017.
- Wöppelmann, G., Zerbini, S., Marcos, M. (2006). Tide gauges and Geodesy: a secular synergy illustrated by three present-day case studies. *C. R. Geoscience*, 338, 980–991. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crte.2006.07.006>
- Zervas, C., Gill, S., Sweet, W. (2013). Estimating Vertical Land Motion from Long-Term Tide Gauge Records. Technical Report NOS CO-OPS 065. noaa National Oceanic and Atmospheric Administration, U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE, National Ocean Service, Center for Operational Oceanographic Products and Services. [https://tidesandcurrents.noaa.gov/publications/Technical\\_Report\\_NOS\\_CO-OPS\\_065.pdf](https://tidesandcurrents.noaa.gov/publications/Technical_Report_NOS_CO-OPS_065.pdf), pridobljeno 3. 3. 2017.



Sterle O., Kuhar M., Stopar B., Pavlovčič Prešeren P., Urbančič T., Koler B. (2017). Ocena vertikalne stabilnosti mareografske postaje Koper. Geodetski vestnik, 61 (4), 527-540. DOI: 10.15292//geodetski-vestnik.2017.04.527-540

**Asist. dr. Oskar Sterle, univ. dipl. inž. geod.**

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

**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

**Prof. dr. Bojan Stopar, univ. dipl. inž. geod.**

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

**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@fgg.uni-lj.si

**Asist. dr. Tilen Urbančič, univ. dipl. inž. geod.**

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

**Doc. dr. Božo Koler, univ. dipl. inž. geod.**

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

# UPORABA NENADZOROVANE KLASIFIKACIJE ZA DOLOČANJE TIPOLOGIJE PRETEŽNE RABE PROSTORA

## USE OF UNSUPERVISED CLASSIFICATION FOR THE DETERMINATION OF PREVAILING LAND USE TOPOLOGY

*Miha Konjar, Alma Zavodnik Lamovšek, Dejan Grigillo*

UDK: 025.4:711.4(497.4)  
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01  
Prispelo: 26. 7. 2017  
Sprejeto: 7.11.2017

DOI: 10.15292//geodetski-vestnik.2017.04.541-581  
SCIENTIFIC ARTICLE  
Received: 26. 7. 2017  
Accepted: 7. 11. 2017

### IZVLEČEK

V prispevku so prikazane metode za klasifikacijo prostorskih enot, s katerimi je prostor mogoče členiti na homogena območja, ki združujejo lastnosti prostora z vplivom na stanje in spremembe rabe prostora. Pri tem je bilo ugotovljeno, da obstoječe tovrstne metode največkrat ne vključujejo dovolj celovitih kriterijev za združevanje prostorskih enot v homogene skupine. Rezultati analize so pokazali, da na njihovi podlagi ne moremo v celoti prikazati kompleksnosti in raznolikosti prostora, ki sta pomembna pri analizi in interpretaciji sprememb njegove rabe. V prispevku zato predstavljamo nov pristop h klasifikaciji prostora na homogene skupine prostorskih enot, ki temelji na nenadzorovani klasifikaciji digitalnih podob. Predlagan je izbor ustreznega algoritma za razvrščanje prostorskih enot v skupine in uporaba večjega števila kazalnikov, ki rabo prostora obravnavajo celoviteje in s tem omogočajo boljše rezultate klasifikacije. Uporaba nenadzorovane klasifikacije za določanje tipologije pretežne rabe prostora je bila preizkušena na primeru Slovenije. Na ravni občin je bilo določenih sedem tipov pretežne rabe prostora.

### ABSTRACT

*This paper presents classification methods that enable the division of space into homogeneous areas that combine the spatial characteristics with influence on land use and changes thereof. It was determined that the existing methods do not always include the criteria needed for the aggregation of spatial units into homogeneous groups. The results of the analysis showed that the identified homogenous groups do not fully capture the spatial complexity and diversity important for land use change analyses. For this reason, a new approach to the classification of spatial units based on the unsupervised classification of digital images was proposed. The methodology includes the selection of appropriate indicators, that consider land use more comprehensively and thus enable better classification results. The use of the unsupervised classification method for prevailing land use typology has been tested in Slovenia. At the municipal level, seven types of prevailing land use were identified.*

### KLJUČNE BESEDE

nenadzorovana klasifikacija, prostorska enota, pretežna raba prostora, tipologija, Slovenija

### KEY WORDS

unsupervised classification, spatial unit, prevailing land use, typology, Slovenia

## 1 INTRODUCTION

Back in 1973 Anderberg wrote down one of the basic principles of processing and classifying data, which is still relevant today: “Only careful and intelligent use of clustering methods can reveal an unknown structure in data, thus opening new vistas in investigation of the phenomena” (Anderberg, 1973). Spatial analyses in land use development are gaining in importance, allowing for an insight into spatial development as part of the dynamic processes transforming space according to economic, social, and environmental factors over a significant period of time. The multitude and scope of the factors influencing changes in land use make it impossible to fully forecast spatial changes, as the overall impact of these factors is too complex for us to fully understand (Mlakar, 2009).

Spatial planning endeavours to achieve coherent, balanced, and sustainable spatial development, which requires spatial development policies to accommodate the differences in the level of development, spatial potentials, and spatial challenges. Spatial development is also reflected in the actual land use and changes thereof. Land use is a good indicator of the situation, while changes in land use are the result of both current and long-term spatial trends and conditions. When studying land use development, we mostly focus on the factors that we can link to a location. In this way we divide the area in question into groups of similar spatial units (SU) according to their prevailing land use or homogeneous areas, which can be described using common spatial characteristics. In doing so, we address SUs as the basic elements (raster cells, settlements, municipalities, regions, etc.) that make up space at a specific level, and which are aggregated into homogeneous SU groups based on the classification used. The identification of homogeneous SU groups improves both the understanding of spatial development and the decision making concerning future spatial development at all levels. To successfully address the specific spatial challenges and exploit the recognised spatial potentials for achieving sustainable spatial development, improving development and competitiveness of specific areas, and territorial cohesion it is necessary to put in place spatial policies, strategies, and other development documents, which take into account the characteristics of individual SU groups (Green Paper, 2008), i.e., at the European level and the level of states, regions and municipalities.

The aim of this paper is to propose a method for determining the typology of prevailing land use for the needs of spatial delimitation in future analyses of land use and changes thereof. In classifying spatial units as an alternative to statistical programs, an image processing software was used, allowing for both supervised and unsupervised multi-band image classification. Supervised and unsupervised classification are tested for the case of Slovenia. In this paper, unsupervised SU classification is proposed, which does not require any previous knowledge about the area addressed prior to the procedure taking place. With a view of developing a widely applied approach allowing for classification of SUs into groups using selected spatial characteristics, it was assumed when developing the method that the conditions in the area in question are not known.

The proposed methodology is based on the unsupervised classification used in remote sensing for clustering pixels in images (usually multi-band, satellite) into classes or groups. In the literature we found no studies to date demonstrating the use of this classification to classify SUs into groups. The method proposal combines the selection of an algorithm for SU classification into groups and the selection of indicators used to describe, in detail, the spatial characteristics influencing the situation and land use changes, based on which space can be divided into homogeneous groups of SUs. By appropriately preparing input data

(indicators), the classification method can be used at various spatial levels, i.e. various SU types can be classified, as addressed in this paper for the needs of this study. It is necessary to transform each indicator providing values for the selected SU type into an individual “band”, while the combined multi-band image of indicators is then classified into homogeneous SU groups with equal spatial characteristics. Finally, the typology of SU groups is identified according to the spatial phenomena observed. In terms of prevailing land use typology, this refers to identifying types of homogeneous SU groups according to their characteristic, mostly also prevailing land use (e.g. agricultural, forest, urban).

Over 50 unsupervised classifications of Slovenian municipalities were done, which tested various combinations of types and the number of indicators, various algorithms for SU clustering, and various settings of parameter classification, from selecting the number of classes, limiting the number of iterations, to setting the threshold of minimum changes in iterations. The possibility of immediate depiction of results was one of the advantages of using remote sensing classification software, allowing for visual monitoring of the impacts of changes in the various parameters on the classification results. The most appropriate classification method for determining the typology of prevailing land use was selected based on the analysis of the results obtained.

Chapter 2 of this paper provides a general overview of the characteristics of the SU classification into homogeneous groups and of the existing commonly used methods of SU classification. Three selected methods were studied in detail and tested for the case of Slovenia (Chapter 3). Based on the analysis of the test results, Chapter 4 puts forward a proposal of authors’ own classification method, based on the use of unsupervised classification for identifying the prevailing land use typology. The application of this method for the case of Slovenia is presented in Chapter 5, followed by the Conclusions and Discussion in Chapter 6.

## 2 OVERVIEW OF EXISTING METHODS FOR DETERMINING HOMOGENEOUS AREAS

For identifying homogeneous groups of SUs that are similar in selected spatial characteristics, mathematical and statistical methods of classifying units into groups are most commonly used (Carvalho et al., 2009). Experts both from abroad (Fukada, 1980, Dijkstra and Poelman, 2013, Rembowska et al., 2014) and Slovenia (Ferligoj, 1989, Rebernik, 1995, Kušar, 2004) have addressed the merging of similar SUs into homogeneous groups using various criteria.

In spatial analyses, the use of classification methods of similar SUs into homogeneous groups allows for recognition of various SU types and their spatial distribution. Overall, the classification procedure can be presented using five basic steps (Košmelj and Breskvar Žaucer, 2006), which also apply generally, not only in SU classification:

1. Selection of units and their characteristics.
2. Selection and normalisation of classification indicators that are used to make groups similar.
3. Calculation of similarities and differences among units. Selection of the appropriate spacing between units, depending on the type of data and the similarity criterion.
4. Selection and application of the appropriate method for classification into groups.
5. Analysis of the results, solution assessment, and determination of types of homogeneous groups of units.

The first two classification steps refer to the selection of the spatial level, i.e. the SU type, and the definition of the indicators used to analyse and classify the SUs addressed. Mathematically, the set of indicator values or the set of indicators  $X$  describing the individual  $i$ -th SU is written as (1), where  $X_i$  is the  $i$ -th SU,  $m$  is the number of indicators,  $x$  is their value.

$$X_i = (x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, \dots, x_{im}) \quad (1)$$

SUs identified in this way provide the starting point for further SU classification to create homogenous groups. Graphical distribution of SUs determined with the value of one or more numerical variables can be demonstrated with points in a one- or multi-dimensional space, where each dimension is determined by one variable (Kranjc, 2005). The selection of indicators as well as their suitable preparation importantly impact the SU classification efficiency in terms of the problem at hand. Generally, a larger number of indicators makes the division of SUs easier, and thus also their classification into homogeneous groups. Indiscriminate adding of input data does not always improve results, as this increases the classification's complexity and decreases its legibility. Ferligoj (1989) finds that prior to applying clustering methods it is sensible to reduce the number of indicators, by leaving only those that had been previously identified as having a sufficient explanatory power. Numerical indicators of various measuring values must be normalized prior to their application to give values equal weight. An extensive overview of various approaches to standardization in cluster analysis was given by Milligan and Cooper (1988).

In the next step it is important to establish which of the SU classification methods (EEA, 2004, EU-LUPA, 2012, Dijkstra and Poelman, 2013, Rembowska et al., 2014) is the most effective to solve the problem stated. In general, most methods are divided into: hierarchical, non-hierarchical, and geometrical (Ferligoj, 1989), where it is important to realise that each method imposes its own inherent structure in its search for the rules in the data. The choice of the clustering method depends on the need and purpose of using the results. Even though classifications can vary greatly, they all have one thing in common, i.e. classification into as homogeneous groups as possible. Here the similarity principle applies, i.e. that SUs within a group are, according to the predetermined criteria, as similar as possible, while the units in different groups are, according to this criterion, as different as possible (Košmelj and Breskvar Žaucer, 2006). By analysing the solutions obtained, the classification procedure is completed by determining and naming the types of the homogeneous SU groups obtained.

Classification procedures are also used in remote sensing, where digital image classification provides one of the most important procedures in remote sensing data processing (Oštir, 2006). Indeed, satellite imagery classification is not much different than the statistical procedures of classifying data into groups. The only difference is that input data for image classification are prepared in raster rather than tabular format. The basic classification procedures of multi-band images are supervised and unsupervised classification. Prior to running an unsupervised classification, we must apply our own knowledge about the area investigated, to create learning patterns based on which the entire image is then classified into individual classes. In unsupervised classification, which does not require any previous knowledge about the area addressed prior to the procedure taking place, pixels are clustered into classes according to their "natural" aggregation in spectral space, based on the values of the selected indicators (ENVI EX, 2009).

## 2.1 Overview of existing classifications of space into homogeneous groups of spatial units

There are not many classifications that are based only on indicators of natural features or surface features. Nevertheless, the study under the EU-LUPA, “European Land Use Pattern”, ESPON, is worth mentioning. The SU classification methodology proposed in the project is based on European CORINE Land Cover (CLC) data, allowing for classification to take place only based on land cover data. The classification at the European level assumes regions at the NUTS2/3 level for their basic SUs (EU-LUPA, 2012).

In Slovenia, previous studies have classified the state territory according to its natural geographic features (e.g. Marušič et al., 1996). Perko (1998) provided an overview of existing regionalisations in Slovenia, which testified to Slovenia’s rich history of territorial divisions. The divisions by Melik, published in four books on regional geography in 1954, 1957, 1959, and 1960, by Ilešič in 1958, and by Gams in 1983 are particularly relevant. Additionally, Perko suggests his own natural geographic delimitation of Slovenia, which he elaborated between 1993 and 1995 in collaboration with two Slovenian research institutions: Anton Melik Geographical Institute of the Scientific Research Centre of the Slovenian Academy of Sciences and Arts and The Geography Institute. The classification is based on merging SUs with similar natural geographic features, including bedrock composition, climate, vegetation, and land use (Perko, 1998). The works by Kovačič et al. (2000) and Perpar and Kovačič (2002) are devoted to the topic of the so-called developmental and topological division of Slovenia, which classifies and identifies various types of areas according to their developmental characteristics and potentials, thus dividing Slovenian territory into developmentally homogeneous groups of SUs. Furthermore, Gabrijelčič and Fikfak (2002) divide rural areas according to their degree of responsiveness, emerging phenomena, and the type of development measures necessary. In their study *Členitev slovenskega podeželja* (Division of Slovenian Rural Areas), Kladnik and Ravbar (2003) describe two ways of identifying rural areas in Slovenia, both based on the use of a combination of indicators, which show the degree of development, most relevant natural conditions, and spatial development processes.

The typology of urban and rural areas is among the most important spatial divisions classifying space in terms of development. Even though over the last few decades the border between urban and rural areas has been increasingly disappearing (Ravbar, 2005) due to urbanisation and suburbanisation, the differences between urban and rural areas remain relevant in the spatial and development sense. In the territory of EU member states, the relations between urban and rural areas were addressed by the ESPON project, entitled “Urban-Rural Relations in Europe” (Urban-rural, 2005). The importance of dividing space into urban and rural areas is also highlighted by the Statistical Office of the European Union (Eurostat) and the Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). Both have the goal of defining urban and rural areas as well as the criteria based on which it would be possible to identify comparable areas, in order to create more appropriate rural and urban development policies at the European level. To that end, back in 1991 (DG REGIO, 2011) and 1994 (OECD, 1994) Eurostat and OECD, respectively, developed methods for identifying urban and rural areas based on population density. The early concepts of the SU classification methods have been amended several times in response to the deficiencies and to improve the methodology (Dijkstra and Poelman, 2008, 2013, Regional Statistics Team, 2013, Statistics Explained, 2013, Dijkstra and Poelman, 2014).



The Eurostat and OECD methodologies were introduced in Slovenia by the European project Rural Development Statistics, whose purpose was to establish a set of indicators necessary for planning the development and monitoring the situation in rural areas (Merc, 2006). Figures 1 and 2 show the SU classification carried out in 2006 at the level of statistical regions and municipalities in Slovenia. While these two typologies of homogeneous groups of SUs are based on the population numbers and density in local administrative units (municipalities), recent classifications have used the population grid, which provides the information about population distribution in space, thus providing a more accurate basis for determining the settlement characteristics of areas and regions (SORS, 2017).



Figure 1: Urban-rural OECD typology at the level of statistical regions, Slovenia (Merc, 2006).

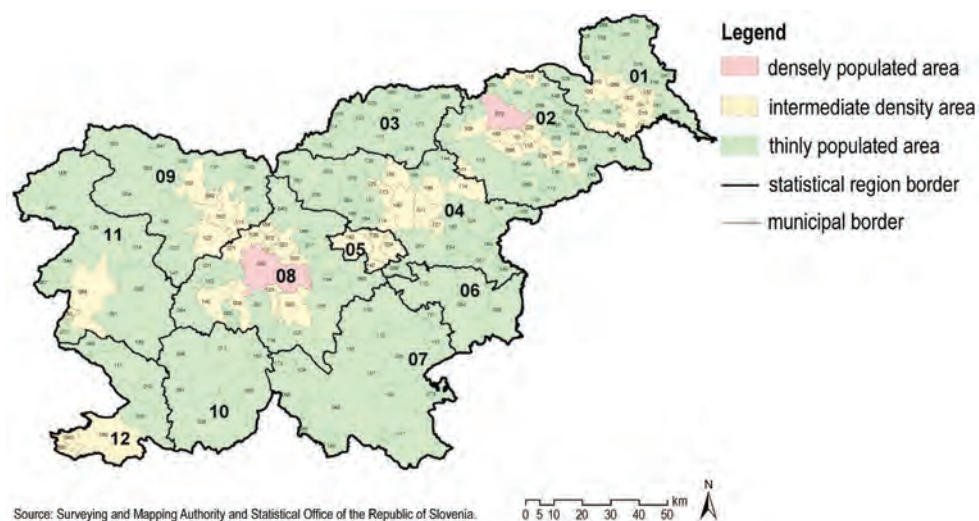


Figure 2: Eurostat typology (according to the degree of urbanisation) at the municipal level, Slovenia, 2006 (Merc, 2006).



Even though OECD's definition of rural areas classifies all Slovenian statistical regions as moderately and predominantly rural areas, there are considerable differences in economic and development performance between rural areas in Slovenia (PRP RS 2014–2020, 2013). These differences become even more obvious at lower spatial levels, where the level of detail necessitates the development of a new, or at least improved SU classification methodology.

## 2.2 Conclusions on the overview of classification methods of spatial units into homogeneous groups

The overview of the existing classification typologies and methods shows the need for recognising homogeneous groups of SUs with similar spatial characteristics, based on which it is possible to monitor the spatial situation and development, while supporting decision-making and creation of spatial development policies. These classifications are most often linked to a certain observation level or to specific data, and are thus not widely applicable. The identification of the types of homogeneous SU groups mostly depends on the choice of classification indicators, based on which it is possible to describe spatial conditions as far as possible and determine the borders that divide space both in terms of similarities and differences between the SUs addressed. A single indicator is used only rarely, as space and conditions therein cannot be described in such a simple way. Usually groups of indicators or composite indicators are used, which can appropriately describe space and its characteristics.

## 3 TESTING OF SELECTED METHODS ON THE CASE OF SLOVENIA

In order to create a suitable method for SU classification and determine the types of homogeneous SU groups according to the prevailing land use, three classification methods were tested on the case of Slovenia:

- SU classification methodology according to Eurostat, which divides urban and rural areas based on the degree of urbanisation (DG REGIO, 2011, Regional Statistics Team, 2013),
- methodology of SU classification according to OECD (Statistics Explained, 2013), and
- SU classification methodology according to the prevailing land cover (EU-LUPA, 2012).

Based on the availability of data, Eurostat and OECD SU classifications were done for 2012, while the SU classification according to the prevailing land cover was done for 2006. The strengths and weaknesses of these methods were analysed as well as the applicability of the various indicators for determining homogeneous SU groups for the needs of spatial divisions in analysing the situation and land use changes. The methods' testing provided the starting points for creating our own methodological approach to classifying SUs and identifying the types of homogeneous SU groups. Below we show only the most relevant steps and results for the three methods tested.

### 3.1 Classification method of spatial units according to Eurostat

Eurostat's methodology (DG REGIO, 2011, Regional Statistics Team, 2013) is based on the data on population density and two additional criteria: (1) the criterion of geographical contiguity and (2) the minimum population threshold. Based on the proposal of Dijkstra and Poelmana (2013) another criterion, i.e. accessibility, was added to the methodology, which was used to classify Slovenian municipalities into three groups of SUs with a significant degree of urbanisation. For accessibility calculations, the

advanced accessibility model was used, as described and upgraded by Drobne (2003, 2014), Drobne et al. (2004) and Drobne and Paliska (2015). SU classification, in the first stage of raster cells and then of municipalities, was done in software package ESRI ArcGIS using the population grid or raster of population density in Slovenia of  $1 \times 1$  km from 2012.

This method is based on the raster cell aggregation into clusters concerning population density (Figure 3):

- A high-density cluster: cluster of contiguous grid cells with a population density of at least 1500 inhabitants/km<sup>2</sup>, covering an area with a minimum of 50,000 inhabitants. In raster cell clustering two rules should be applied: the raster cells should not be clustered diagonally, and the rule of cluster contiguity specifying that when there are at least 5 neighbouring raster cells in a cluster then the empty cells should be filled in.
- Urban cluster: an integrated group of raster cells with a population density of at least 300 inhabitants/km<sup>2</sup>, covering an area with a minimum of 5,000 inhabitants. The geographical contiguity criterion specifies that the clustering takes place among all neighbouring raster cells, including the diagonal ones.
- Rural cluster: other rural cells besides high-density clusters and urban clusters.

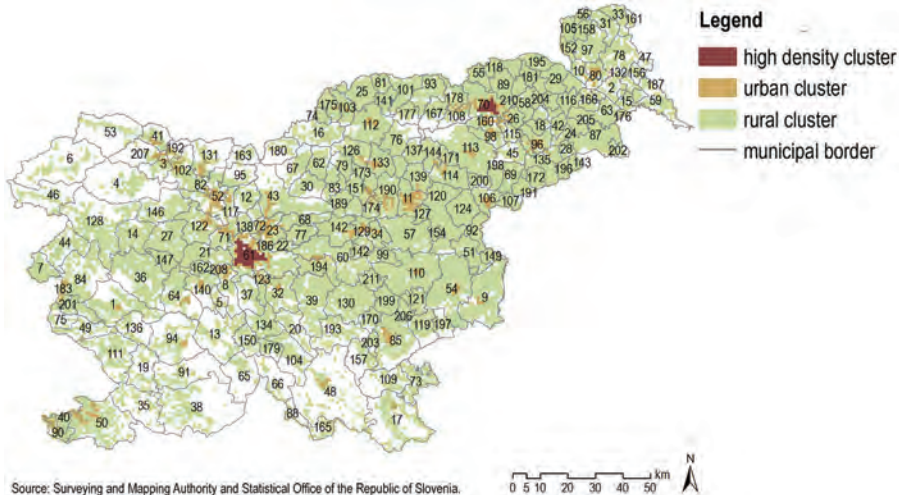


Figure 3: Raster cell clusters of population density using the Eurostat method, Slovenia, 2012.

The classification of municipalities then takes place according to the share of population living in the identified clusters (Figure 4):

- Densely populated areas or cities or larger urban areas are municipalities where at least 50% of their population lives in high density clusters.
- Thinly populated areas or rural areas make up municipalities where at least 50% of population lives outside urban clusters or high-density clusters.
- Intermediate density areas or areas of small towns and suburban areas make up the municipalities that do not meet the conditions of densely populated or thinly populated areas.

The additional accessibility criterion allows for determination of two more types of areas: remote thinly populated areas and remote intermediate density areas (Figure 4). Areas are considered remote when more

than 50% population lives outside the 45-minute accessibility to the urban centres that were recognised as significant for development of rural areas under the project Significance of Small and Medium-Sized Towns (Prosen et al., 2008).

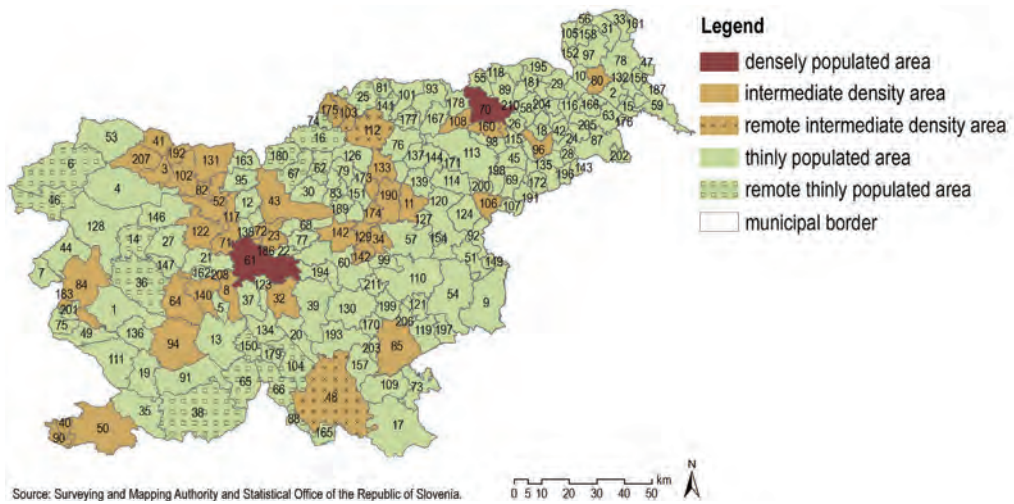


Figure 4: Municipality classification using the Eurostat method with the additional accessibility criterion, Slovenia, 2012.

The analysis of the SU classification showed that the use of raster data eliminates the impact of SU size on the classification, which was found to be a strength of the method tested. Its shortcoming, however, is the use of a single criterion, i.e. population density, as it does not allow for identifying all urban centres in Slovenia. The shortcomings are particularly evident in identifying smaller, but nevertheless important centres in the Slovenian urban system, which play an important role at the regional or even state level. At the same time, among intermediate density areas, municipalities such as Gorje (207), Prevalje (175), Kočevje (48), and Rogaška Slatina (106) stand out, as they have smaller centres but most population of the particular municipality lives there; this additionally points to the deficiency of using population density as a single criterion.

### 3.2 Classification method of spatial units according to OECD

The SU classification is done at two spatial levels, where population density is the only criterion for identifying urban and rural areas (OECD, 2011, Statistics Explained, 2013). The original methodology distinguishes between two hierarchical levels, municipal and regional, which were, in land use development analyses, found to be inappropriate, as the classification results at the regional level are too general. The methodology was then tested for lower spatial levels. Administrative units of settlements and municipalities were used as SUs (Figure 5). Urban settlements were determined based on the data on population density from 2012, with a minimum population density of 150 inhabitants/km<sup>2</sup>, while others were considered rural settlements. This was followed by the classification of municipalities according to the share of the population living in rural settlements:

- predominantly rural municipalities with more than 50% of population living in rural settlements,
- moderately rural municipalities with 15–50% of population living in rural settlements, and

— predominantly urban municipalities with below 15% of population living in rural settlements. The third criterion, i.e. the presence of a larger city, is according to the OECD methodology considered in the case of cities with a minimum of 200,000 or 500,000 inhabitants. Only Ljubljana belongs to this category, which however does not affect this classification as the City of Ljubljana (61) had been earlier, according to previous criteria, identified as a predominantly urban municipality.

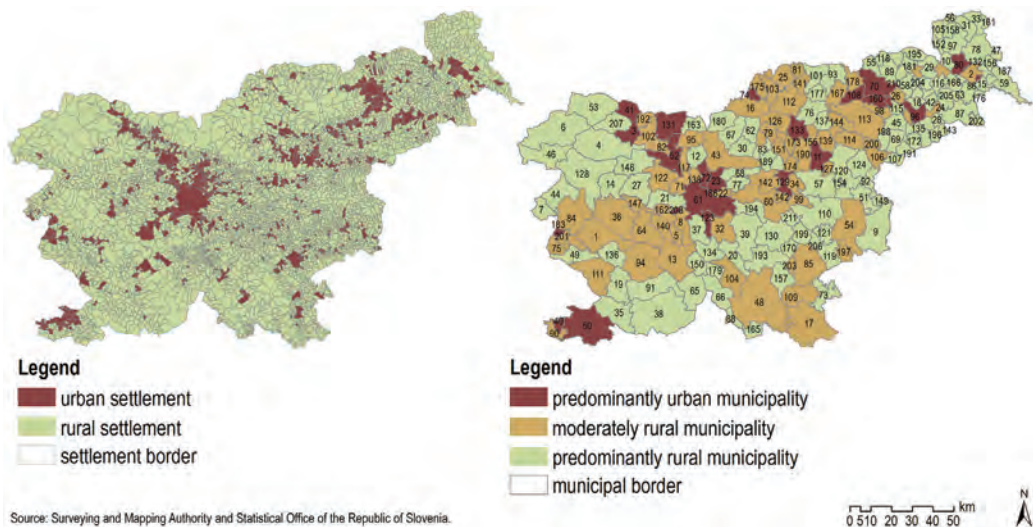


Figure 5: Classification of rural and urban settlements (left) and rural and urban municipalities (right) according to the OECD methodology, Slovenia, 2012.

The analysis of the results showed the dependence of the OECD methodology on the spatial level of consideration. The lowering of the initial spatial level of investigation from the level of municipalities to the level of settlements and the SU classification without adjusting the limit values of population density means that a growing number of albeit smaller units meets the conditions to be classified as urban settlements. This increases the number of predominantly urban and moderately rural municipalities in the further classification of SUs into homogeneous groups. Along with lowering the spatial level it is also necessary to adjust the limit values concerning population density. The results indicated some other specificities of the methodology. The size of a SU significantly affects the results of the classification due to the population density criterion. In terms of their surface area, smaller settlements show a higher population density due to the smaller rural hinterland, and are as a rule classified as urban areas. This means that smaller municipalities, having only a few settlements, such as Mežica (designation on Figure 4 right: 74), Odranci (86), Log-Dragomer (208), etc., are defined as predominantly urban. The SU size impact is observed across all categories. Results also show that this method classifies the municipalities whose population is less fragmented as predominantly urban or at least moderately rural municipalities, regardless of the number of inhabitants and the size of their rural hinterland. This applies to the municipalities of Bled (3), Tržič (131), Ruše (108), Kočevje (48), etc. Again, it was shown that in order to obtain more accurate results in SU classification, the use of a larger number of complementing indicators is necessary.

### 3.3 Classification method of spatial units according to the prevailing land cover

This method was developed with a view of identifying the characteristic, i.e. prevailing, land cover types in the territory of Europe (EU-LUPA, 2012). The method is based on CORINE Land Cover (CLC) raster data on land cover, of a grid of  $100 \times 100$  m, which are the only data of this kind available for the entire European territory. The CLC nomenclature distinguishes 44 land cover classes at the third level. The 2006 CLC data were used, which were obtained from the European Environment Agency's web portal (EEA, 2014). The first part of the methodology was tested on the case of Slovenia, which classifies CLC land cover data according to the prevailing land cover in 6 urban and 7 rural homogeneous groups of SUs, in this case raster cells of a size of  $1 \text{ km}^2$ .

The basic classification is a procedure of combining CLC data given in a grid of raster cells of  $100 \times 100$  m into raster cells of  $1 \times 1$  km. For each SU, i.e. a raster cell of  $1 \text{ km}^2$ , four basic statistics should be calculated (minimum, maximum, median, and mode) according to the CLC nomenclature (44 classes) and the presence of land cover classes inside the  $1 \text{ km}^2$  area of an individual raster. According to the CLC nomenclature, the classes assume values between 1 and 44, which are used to calculate the four statistics. Here, the minimum and maximum show the range of land cover types in an individual cell, while the median and mode provide information on the prevailing land cover type. The values of the four calculated basic statistics for the entire grid of raster cells  $1 \times 1$  km, which covers the area in question, are the input data for further SU classification. The first part of the classification procedure enables the partitioning of urban and rural raster cells, i.e. SUs:

- urban cells: values of at least two basic statistics between 1 and 11, which according to the CLC nomenclature belong to the class of Artificial Surfaces, and
- rural cells: all other cells that do not meet the criterion for urban cells.

The second part of the classification separately addresses the recognised urban and rural cells. The classification into homogeneous groups of prevailing land cover is done based on the four previously calculated statistics using Ward's clustering algorithm, which clusters raster cell in a way that cells with as similar as possible values fall within a certain group, while the different groups are as different as possible (Košmelj and Breskvar Žaucer, 2006). The result is 6 urban types and 7 rural types of raster cell clusters.

Despite the methodology's several advantages, e.g. the use of a larger number of indicators and the information on land cover in the classification, its shortcomings or limitations outweigh its advantages. The biggest shortcoming is the methodology's dependence on the CLC land cover data, i.e., the predefined nomenclature of 44 land cover classes. Due to the lower level of detail and lower accuracy, the use of CLC data does not allow for more detailed analyses at the local level. Data allow for mapping at a scale of  $1 : 100,000$ , meaning a predetermined level of spatial and content generalisation of land cover data (the smallest mapping surface is 25 ha, the smallest polygon width is 100 m, and the smallest detected change in land cover is 5 ha), which thus limits the depiction accuracy and the locations of the identified land cover classes at lower levels. Due to its dependence on CLC data, this methodology could not be tested on other, more accurate spatial data layers, which prevented its use in more detailed analyses of land use changes.



### 3.4 Syntheses about testing the selected methods of SU classification into homogeneous groups in Slovenia

The analysis of the selected methods and their results at the level of Slovenia revealed some shortcomings of the tested and otherwise high-quality methods. Their use at lower spatial levels is particularly limited (municipality or settlement level), as they do not allow for a detailed enough SU classification necessary for studying land use changes. The need to use additional indicators was revealed, which could describe SUs and spatial characteristics influencing land use and changes thereof in a detailed way. Despite the identified shortcomings of the analysed method, this provided a good enough basis for upgrading and developing our own adjusted SU classification method for the needs of observing land use changes.

## 4 UNSUPERVISED CLASSIFICATION FOR IDENTIFYING THE TYPES OF HOMOGENEOUS GROUPS OF SPATIAL UNITS OF PREVAILING LAND USE

We propose a new approach, i.e. a SU classification method, for identifying homogeneous group types of prevailing land use, based on unsupervised image classification. This method was developed with a view of its wider applicability, without any extensive previous analyses necessary. The unsupervised classification procedure is, in general, divided into SU classification into homogeneous groups or classes and identification thereof (Oštir, 2006). SU classification into homogeneous classes consists of selecting the number and type of indicators describing SU characteristics as well as selecting the unsupervised classification algorithm laying down the rules for merging SUs. The classes created using this kind of SU classification make up a homogeneous whole. The identification procedure of homogeneous classes helps to identify groups of SUs with appropriate IDs assigned. The procedure of identifying SU groups is done based on the actual values that the indicators assume by groups. SU groups can be determined and their characteristics identified based on the actual value of the indicators and the calculated characteristic variables (minimum, maximum, mean value, and standard deviation) according to SU groups.

### 4.1 Selection and preparation of indicators for unsupervised classification

The test of the existing SU classification methods showed that the indicators influencing land use changes cannot rely on a single indicator only but rather on a combination of several indicators. A separate indicator about the maximum share of land use can reveal much about the natural characteristics of a place, the prevailing agricultural branch, and similar, but it does not allow for the necessary partitioning of SUs in the spatial classification. In order to provide a detailed identification of the characteristics influencing the location of land use changes and to identify the similarities and differences between SUs concerning land use development, the initial set of 22 indicators was proposed (Table 1) on the basis of testing the selected existing methodologies (Eurostat, OECD, prevailing land cover).

The relatively quick carrying-out of unsupervised SU classification and the possibility of immediate illustration of results allowed for visual monitoring of the impact of the type selection, number, and indicator combination. Thus, the initial SU classifications were primarily intended to test the individual indicators according to their explanatory power and impact on the classification. The data from publicly available Slovenian databases were used for calculating the variables (databases of the Statistical Office of the Republic of Slovenia, the Ministry of Agriculture, Forestry, and Food, and the Ministry of Finance). The calculation of indicator values according to the proposed SU classification method is not linked to

a certain data pool, but specifies only the type of indicators used in the classification. The choice of data depends on both the area in question and the spatial level of investigation. Thus, the calculation of values of the individual indicator is based on the available data for the area in question or the SUs classified.

Table 1: The initial set of 22 indicators in SU classification for identifying the types of prevailing land use.

SPATIAL CHARACTERISTICS		
URBANITY	ACTUAL USE	ACCESSIBILITY
number of inhabitants	arable land per capita	average accessibility of SUs to urban centres
population density	permanent crop area per capita	average accessibility of SU population to urban centres
number of inhabitants per built-up area	meadows per capita	
share of urban population	forest areas per capita	
municipality revenue and other income per capita	built-up areas per capita	
investment expenditure of a municipality per capita	other areas per capita	
	share of arable land	
	share of permanent crops	
	share of meadows	
	share of forests	
	share of built-up land	
	share of other areas	
	share of intensive farming areas	
	share of total agricultural areas	

Additionally, the Pearson correlation coefficient was calculated, which made it possible to avoid the multiple use of very similar or even mutually exclusive indicators. The analysis of SU classification results was done based on calculated representative values and actual indicator values by SU groups. The final set of eight indicators was produced (Table 2).

Table 2: Set of selected indicators for SU classification in identifying prevailing land use types.

INDICATOR ID	INDICATOR NAME
GP	population density
DUP	share of urban population
D11	share of arable land
D12	share of permanent crops
D13	share of meadows
D20	share of forests
D30	share of built-up land
D100	share of other areas

Indicators population density (GP), share of urban population (DUP), and share of built-up land (D30) describe the urbanity of a place, which was recognised as an important characteristic separating space according to the level of development (Kokole, 1978) and significantly impacting land use changes. Spatial urbanity combines the spatial aspects of various economic, social, environmental as well as cultural factors. This spatial characteristic is thus linked to various identified trends, such as overgrowth in rural areas, developments of agricultural land near urban centres, etc. Here, the indicator “the share of built-up land” (D30) complements the indicator “the share of population density” (GP), as the latter does not take into account urban areas without inhabitants, e.g. stores, sports facilities, industries, and others. However, the third indicator, i.e. “the share of urban population” (DUP), stemming from Eurostat’s methodology of degree of urbanisation, at least partially removes the impact of size of the SUs in question, which both previously addressed indicators depend on (GP and D30). The DUP indicator is calculated as the share of SU population living in high density clusters and urban clusters (Figure 3). Cluster types are determined using the Eurostat methodology (Regional statistics team, 2013), which is explained in detail in Chapter 3.1. The combination of all three indicators allows for a more detailed classification, while these indicators, if used together, are able to describe urbanity in more detail.

Other selected indicators in Table 2 (D11, D12, D13, D20, D30, and D100) describe the existing land use. Both the natural conditions of an area (relief, geological composition, climate, etc.) as well as previous land use development trends are reflected in it. Actual land use is the second significant spatial characteristic, which combines information both on natural and social elements and factors characteristic for a certain area (Petek, 2005). It can be described using selected indicators of shares of most significant actual land use categories (D11, D12, D13, D20, D30), describing the main characteristics and differences in land use. We adhered to the principle of selecting a smaller number of indicators with a sufficient explanatory power (Ferligoj, 1989). The set of indicators of significant land use categories, i.e. categories with the highest shares on average, is complemented by the indicator of “the share of other surfaces” (D100). This indicator combines other land use categories, which are generally evenly distributed across an area and thus do not allow for distinguishing between SUs in the classification (e.g. aquatic areas). Nevertheless, the D100 indicator should be included in the classification as it allows us to identify exceptions, cases of a single SU or a smaller number of SUs, characterised by the large proportion of special uses, such as extensive unfertile land, land unfit for construction, larger aquatic areas, etc.).

Prior to the SU classification, the indicator values were normalised and translated to whole numbers between 0 and 100 (2). The data normalisation balanced the various ranges of numerical values that the individual indicator could assume. This allowed for the comparability of the impact of the indicators on the classification.  $x_{ij}$  is the actual value of the  $i$ -th indicator of the  $j$ -th SU,  $z_{ij}$  is the “normalised” value of pixels of the associated SU,  $\min X_i$  and  $\max X_i$  are the actual minimum or maximum value of the  $i$ -th indicator of all SUs.

$$z_{ij} = \left[ \frac{x_{ij} - \min X_i}{\max X_i - \min X_i} \right]. \quad (2)$$



A raster band was produced for each indicator. All cells of a single SU on the raster image of Slovenia were assigned the appropriate indicator value. The case of indicator population density (PD), as one of the input image bands in the classification, is shown in Figure 6.

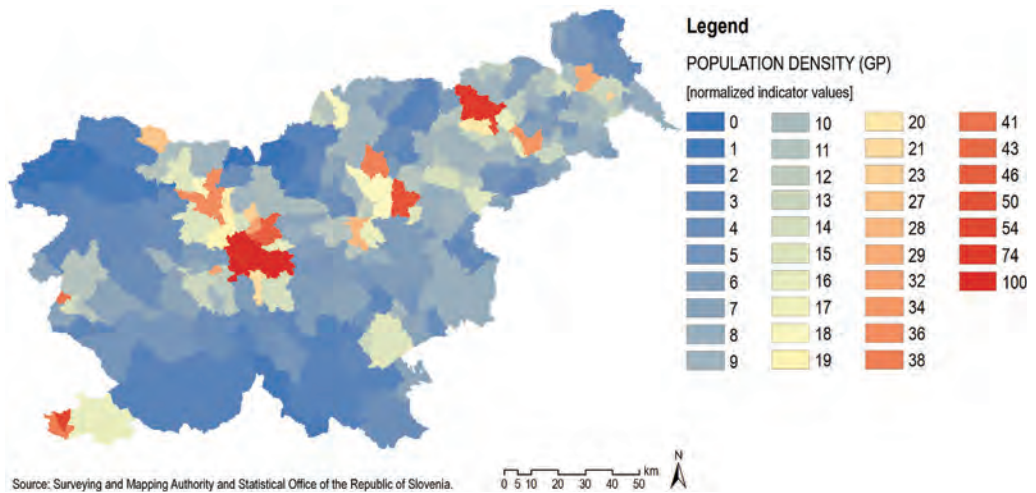


Figure 6: Indicator population density (PD) organised as an input image band for unsupervised classification, Slovenia, 2012.

The bands created from the indicators were combined in a multi-band raster image, which was analysed using the per-pixel unsupervised classification. As the cell values are homogeneous for the entire SU in a band, the results of the per-pixel classification are the same as if the object-based classification at the SU level had been done (the per-pixel classification did not divide SUs into smaller classes).

#### 4.2 Selection of an algorithm for unsupervised classification of spatial units

Various mathematical algorithms are used to classify multidimensional data into classes, which are mostly demanding to calculate (Oštir, 2006). One of the simplest algorithms is the k-means algorithm, in statistics also known as the leader clustering method (Košmelj and Breskvar Žaucer, 2006). This is an iterative method, which belongs to the group of local optimisation methods and is based on the maximum similarity principle. The Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique (ISODATA) algorithm is a slightly improved K-means algorithm. ISODATA works dynamically, which means that it can merge related clusters, erase smaller clusters, and split larger clusters into several parts.

The classification using ISODATA is primarily affected by the selection of the number of classes. Increasing the number of classes improves the degree of similarity inside the classes as well as the differences among them, while the transparency of the classification procedure is lost. The advantage of a larger number of classes (12 classes were selected) is the possibility of the subsequent class merging when identifying SU types or homogeneous groups of SUs. The procedure starts with a random choice of initial centres, also referred to as initial leaders, for the selected number of classes or groups evenly distributed in the space of data (ENVI EX, 2009). The classification of units is then iterative, where the procedure is limited by the choice of the number of iterations and the minimum change threshold. To prevent additional impact of this selection on the classification, the number of iterations is not limited or a high limitation

of iterations is selected (we chose 100 iterations). The share of the unit surfaces that can switch classes in the iteration is set to the value that corresponds to the area of the smallest investigated SU in relation to the total area concerned (in the classification of Slovenian municipalities it was set to 0.015%). Thus we allow for the smallest changes to occur and additionally impose no restrictions on the classification procedure.

## 5 TESTING THE SELECTED METHODS ON THE CASE OF SLOVENIA

SU classification was done using ENVI (Harris, 2017). The proposed method was used to classify 210 Slovenian municipalities from 2011. Along with the use of eight normalised indicators (Table 2), the SUs at the level of municipalities were classified into 12 groups (Figure 7), which allows for a more detailed spatial division of Slovenia and, if appropriate, allows for the later aggregation of groups when identifying the typology of homogeneous SU groups. The initial values of the selected indicators by municipalities (Table 2) were calculated based on the data about the number of inhabitants per municipality from the Statistical Office of the RS and the data by the Ministry of Agriculture, Forestry and Food (MKGP). Population density relates to the information about the number of inhabitants per municipality in 2012, the share of urban population was calculated as the share of the inhabitants with permanent residence inside urban areas, determined according to Eurostar's methodology of the degree of urbanisation and based on the raster of population density in Slovenia in 2012. The shares of actual land use are calculated from the layer of actual land use of the Ministry of Agriculture, Forestry and Food from 2012.

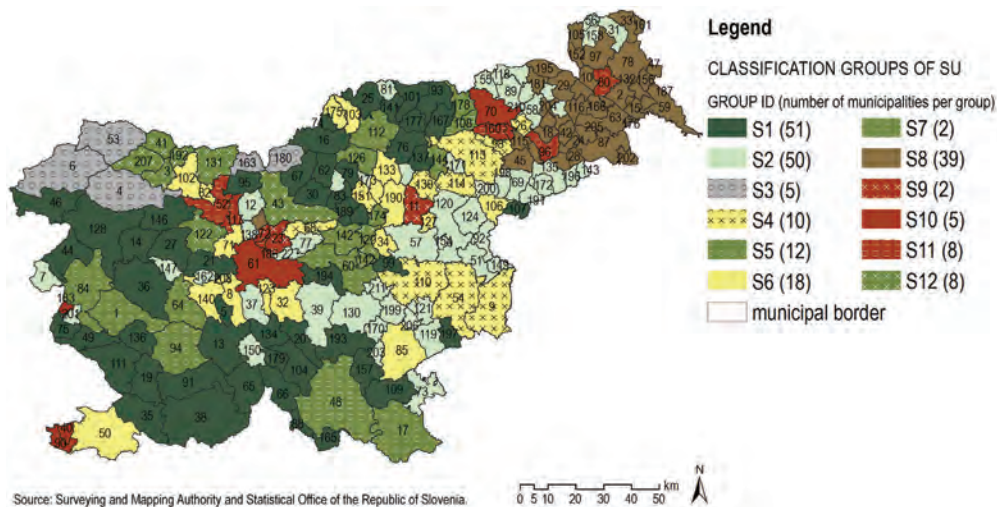


Figure 7: The results of unsupervised classification of Slovenian municipalities according to eight selected indicators, Slovenia, 2012.

The results of classifying all 210 Slovenian municipalities into 12 groups are also captured in a table, which gives the characteristic values of the created groups. Due to the size of the entire table, this paper shows the characteristic group values for only two, rather than eight indicators selected (GP and D30). The groups are numbered randomly according to the classification procedure (Table 3).

Given the characteristic values in Table 3, it is worth mentioning that “normalised” input data with values from 1 to 100 (Equation 2) were used for calculating the minimum, maximum, mean value, and standard deviation. The calculated statistics do not correspond to the actual values. The latter can be calculated for the individual groups from the initial indicator values.

Table 3: Statistical values of groups after the completion of the unsupervised classification.

	GROUP ID											
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
<b>INDICATOR GP (population density)</b>												
minimum	1	2	0	6	4	11	2	2	2	38	20	2
maximum	13	17	2	16	12	38	11	23	50	100	50	28
mean value	3.4	7.0	0.7	8.7	7.3	16.7	2.9	8.1	48.3	82.8	31.4	12.2
standard deviation	1.7	2.8	0.8	2.4	2.5	5.4	2.7	3.8	2.0	21.3	7.2	7.1
<b>INDICATOR D30 (share of built-up land)</b>												
minimum	2	6	0	15	8	17	3	5	5	53	35	1
maximum	16	33	2	32	20	45	16	56	66	100	69	31
mean value	7.0	16.9	1.1	21.3	12.5	27.0	4.3	21.3	63.4	82.7	46.8	15.0
standard deviation	3.7	5.3	0.9	4.3	3.0	5.5	3.9	8.5	3.0	10.0	8.8	8.1

The classification results were assessed subjectively, based on our knowledge of the conditions in spatial planning and land use in Slovenia. Analytical classification assessment was not done. A comparison of three existing methods that were tested was made. Assessment, comparison, and further analysis of the results based on the actual values of indicators in groups have shown that the classification gave sufficient results and thus provides a detailed division of Slovenian municipalities into homogeneous groups of SUs according to prevailing land use.

According to the selected parameters, the number of classes, and the number and type of indicators, the proposed method identified 3 large groups (S1, S2, and S8 with 51, 50, and 39 municipalities, respectively), 5 medium groups (S4, S5, S6, S11, and S12 with 10, 12, 18, 8, and 8 municipalities, respectively), and 4 small groups (S3, S7, S9, and S10 with 5, 2, 2, and 5 municipalities, respectively). Based on the size of the groups we can draw conclusions about the fragmentation of the area in question. Large groups, combining a large number of municipalities, show large similarities in space while small groups mostly highlight potential spatial dimensions, which are shown as strengths or challenges of spatial development, and can importantly influence potential land use changes. The case in point is combining various alpine municipalities (Bohinj (designation in Figure 6: 4), Bovec (6), Kranjska Gora (53), Jezersko (163), and Solčava (180)), which are characterised by certain limiting development factors, particularly larger areas of unfertile land and land less suitable for construction, into group S3. The spatial component of the identified groups is observed. It is possible to distinguish groups with SUs dispersed across the entire area in question (e.g. S5, S6) and those whose SUs are aggregated (e.g. S8 and S12) only in a part of the area in question (e.g. S8 and S12), which is mostly influenced by an area’s natural geographical conditions.

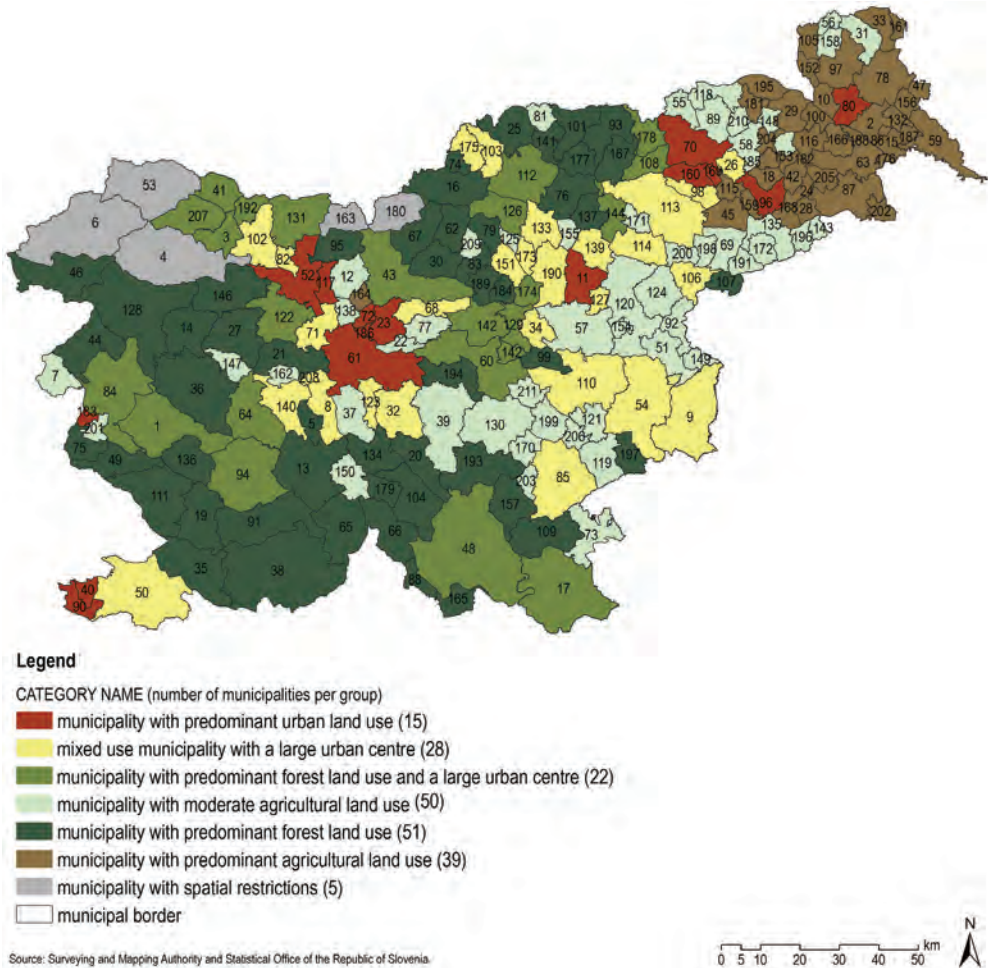


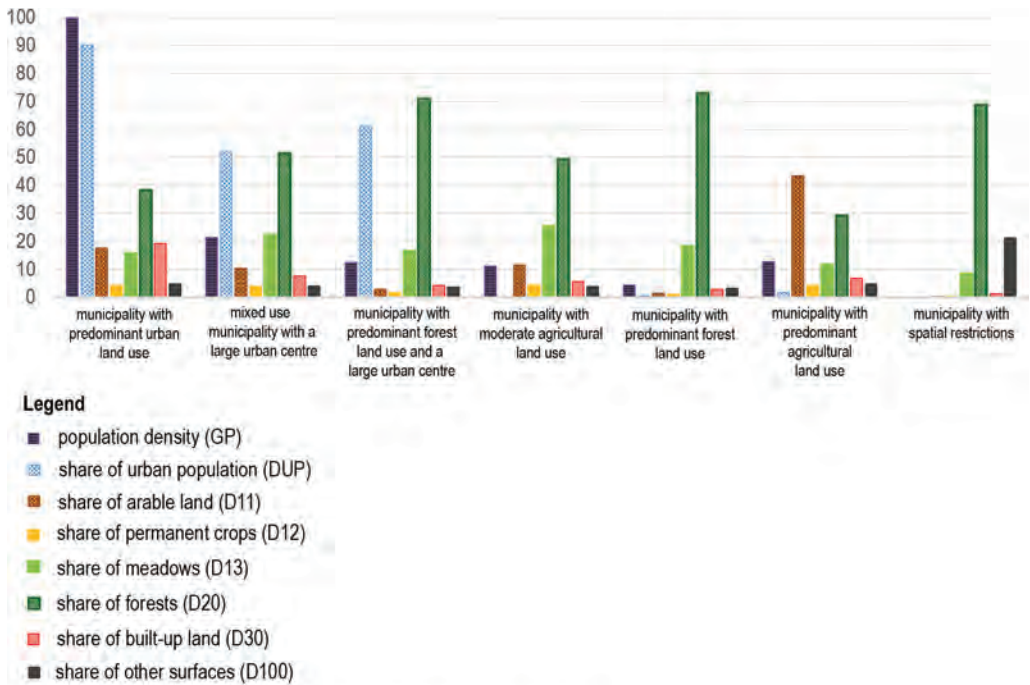
Figure 8: Municipalities according to the prevailing land use typology, Slovenia, 2012.

The homogeneous groups obtained can be assessed according to the number of SUs that the group combines as well as according to the characteristic group values (Table 3). Since the group values are calculated from “normalized” indicators it is sensible to upgrade the analysis by calculating the statistics from the actual values of the indicators (Figure 9). Only based on these data will it be possible to make realistic assessments to identify the main characteristics of the individual groups and thus determine the typology of the SUs investigated. The procedure of group identification was run based on the actual values assumed by the indicators in the groups and the characteristic statistics (minimum, maximum, mean value, and standard deviation) by groups. Out of 12 groups, 7 types of municipalities or prevailing land use types (Figure 8) were identified for spatial delimitation in analyses of land use changes: municipality with predominant urban land use, mixed use municipality with a large urban centre, municipality with predominant forest land use and a large urban centre, municipality with moderate agricultural land use, municipality with predominant forest land use, municipality with predominant agricultural land use,



and municipalities with spatial restrictions, which mostly relate to the high share of other, less suitable land for construction or infertile land. It was shown that it is possible to merge some of the smaller groups, as they have some similarities, while the differences are not large enough to significantly affect land use changes. This is the case in groups S9, S10, and S11, which can be merged into a common type of urban municipalities, as the municipalities in these groups are connected by common characteristics having an impact on land use changes.

The characteristics and differences between the identified prevailing land use types are shown on Figure 9 with graphical representation of the calculated mean values of the eight indicators used. The average value of the individual indicator is calculated according to the actual values of the indicator in all SUs of the same type of prevailing land use. Due to the common illustration of indicators by prevailing land use types and to make the indicator values comparable, “normalised” values between 0 and 100 are used for the indicator of population density.



Source: Ministry of Agriculture, Forestry and Food and Statistical Office of the Republic of Slovenia.

Figure 9: Average values of the indicators used, by types of prevailing land use, Slovenia, 2012.

## 6 CONCLUSIONS AND DISCUSSION

This paper first provides an overview of the selected existing methods (classifications using the Eurostat method, OECD method, and the prevailing land cover method from EU-LUPA ESPON project) for identifying homogeneous SU groups. The analysis of the existing methods’ strengths and weaknesses revealed that none of the analysed methods allows for an appropriate spatial division, which is necessary

to study land use and changes thereof. Due to the choice of indicators and the classification based on a single indicator, the existing methods do not allow for determination of the typology suitable for further analyses of land use changes. The indicators used are often subject of the SU size, while the use of a single indicator fails to allow for a detailed description of the spatial characteristics having an impact on land use changes. Some methods are conditioned by the use of certain data, which prevents the adjustment of the method to the selected spatial level of the study.

We propose our own classification method for identifying the prevailing land use typology, based on unsupervised classification of multi-band images. Eight indicators were selected for the SU classification (Table 2), which provide a detailed description of the spatial characteristics having a bearing on the situation and changes in land use, based on which it is possible to divide space into homogeneous groups of SUs, which are connected by common spatial characteristics affecting land use. The indicators were designed as individual bands of the raster image, which was then classified using ISODATA, an unsupervised classification algorithm. The proposed SU classification method was successfully tested on the case of determining types of prevailing land use in Slovenia. The result of unsupervised classification of Slovenian municipalities is 12 homogeneous groups of municipalities with the highest level of contiguity of the municipalities inside the groups and the lowest level of contiguity between the municipalities of different groups. Using the group identification procedure, 7 characteristic types of predominant land use were defined out of 12 groups.

The proposed methodology eliminates most of the weaknesses of the existing methods. The choice of combining eight indicators allows for a detailed SU description in terms of the prevailing land use. The use of the indicator that is not linked to the SU size (share of urban population) removes the impact of SU size on the classification, while the ISODATA algorithm, based on searching for the best similarity in SU classification into homogenous groups, provides the optimum spatial division, without the subjective impact of the user. Additionally, the choice of the number of classes allows for adaptation of the classification to the various spatial levels of investigation. The proposed method allows for a simple repeatability and adaptability to the area in question, the selected spatial unit, and the data available. This method is useful at all spatial levels, for various SUs, i.e. raster cells, settlements, municipalities, regions, and states.

In SU classification it was also shown that it would be reasonable to include some further indicators describing land use changes only (shares of changes, changes in land use intensity, etc.), which would without doubt improve the obtained typology of the prevailing land use. The selection of better, even more appropriate and additional indicators, will be the topic of further studies.

## Literature and references:

- Anderberg, M. R. (1973). *Cluster Analysis for Applications*. Probability and Mathematical Statistics: A Series of Monographs and Textbooks. New York: Academic press.
- Carvalho, A. X.Y., Albuquerque, P. H. M., Almeida Junior, G. R., Guimaraes, R. D. (2009). Spatial hierarchical clustering. *Brazilian Journal of Mathematic and Statistics*. Biometric Brazilian Journal 27 (3): 411–442.
- DG REGIO (2011). The New Degree of Urbanisation. Eurostat. [http://ec.europa.eu/eurostat/ramon/miscellaneous/index.cfm?TargetUrl=DSP\\_DEGURBA](http://ec.europa.eu/eurostat/ramon/miscellaneous/index.cfm?TargetUrl=DSP_DEGURBA), accessed 28. 1. 2014.
- Dijkstra, L., Poelman, H. (2008). Remote Rural Regions. How proximity to a city influences the performance of rural regions. European Union. Regional Policy. [http://ec.europa.eu/regional\\_policy/sources/docgener/focus/2008\\_01\\_rural.pdf](http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/focus/2008_01_rural.pdf), accessed 25. 3. 2013.
- Dijkstra, L., Poelman, H. (2013). Regional typologies overview. Eurostat. [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics\\_explained/index.php/Regional\\_typologies\\_overview](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Regional_typologies_overview), accessed 24. 3. 2013.
- Dijkstra, L., Poelman, H. (2014). A harmonised definition of cities and rural areas:

- the new degree of urbanisation. Regional Working Paper 2014. European Commission. [http://ec.europa.eu/regional\\_policy/sources/docgener/work/2014\\_01\\_new\\_urban.pdf](http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/work/2014_01_new_urban.pdf), accessed 18. 3. 2014.
- Drobne, S. (2003). Modelling Accessibility Fields in Slovene Municipalities. In L. Zadnik Stirn (ed.), M. Bastič, (ed.), S. Drobne (ed.), SOR'03 proceedings. 7th International Symposium on Operational Research in Slovenia, Podčetrtek, Slovenia (pp. 89–96). Slovenian Society Informatika, Section for Operational Research.
- Drobne, S. (2014). Izračun povprečne dostopnosti do najbližjega priključka na avtocesto ali hitro cesto po občinah Republike Slovenije v letu 2013. Ljubljana, University of Ljubljana. Faculty of Civil and Geodetic Engineering: 14 p.
- Drobne, S., Paliska, D. (2015). Average transport accessibility of the Slovenian municipalities to the nearest motorway or expressway access point (= Povprečna prometna dostopnost občin Slovenije do najbližjega priključka avtoceste ali hitre ceste). *Geodetski vestnik*, 59 (3): 486–519.  
DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2015.03.486-519>
- Drobne, S., Paliska, D., Fabjan, D. (2004). Rastrski pristop dvostopenjskega modeliranja dostopnosti v GIS-u. In T. Podobnikar (ed.), D. Perko (ed.), M. Krevs (ed.), Z. Stančič (ed.), D. Hladnik (ed.), M. Čeh (ed.): *Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2003–2004* (pp. 265–276). Ljubljana: Založba ZRC.
- EEA (2004). High Nature Value Farmland. Characteristics, Trends and Policy Challenges. In EEA Report No. 1/2004. Luxembourg: European Environment Agency: 31 p.
- EEA (2014). Corine Land Cover Data. European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps>, accessed 12. 5. 2014.
- ENVI EX (2009). ENVI EX User's Guide. [http://www.exelisvis.com/portals/0/pdfs/enviex/ENVI\\_EX\\_User\\_Guide.pdf](http://www.exelisvis.com/portals/0/pdfs/enviex/ENVI_EX_User_Guide.pdf), accessed 20. 10. 2014.
- EU-LUPA (2012). European land use patterns. ESPON Applied Research Project 2013/1/8. VOLUME I – Land use Characterization in Europe: Analysing land use patterns using typologies. Part C Scientific report. Version 20/November/2012, ESPON & TECNALIA Research & Innovation: 96 p.
- Ferligoj, A. (1989). Razvrščanje v skupine: Teorija in uporaba v družboslovju. Zbirka metodološki zvezki, št. 4. Ljubljana: Jugoslovansko združenje za sociologijo, Raziskovalni inštitut FDV: 182 p.
- Fukada, Y. (1980). Spatial clustering procedures for region analysis. *Pattern Recognition*, 12 (6): 395–403. DOI: [https://doi.org/10.1016/0031-3203\(80\)90015-1](https://doi.org/10.1016/0031-3203(80)90015-1)
- Gabrijelčič, P., Fikfak, A. (2002). Rurizem in ruralna arhitektura: univerzitetni učbenik. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of Architecture: 163 p.
- Green Paper (2008). Green Paper on Territorial Cohesion. Turning territorial diversity into strength. Brussels, Commission of the European Communities: 13 p. [http://ec.europa.eu/regional\\_policy/archive/consultation/terco/paper\\_terco\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/regional_policy/archive/consultation/terco/paper_terco_en.pdf), accessed 22. 4. 2015.
- Harris (2017). Web Page ENVI: Image Analysis, Spectral Analysis, ENVI Products. Harris. Geospatial Solutions. <http://www.harrisgeospatial.com/ProductsandTechnology/Software/ENVI.aspx>, accessed 2. 6. 2017.
- Kladnik, D., Ravbar, M. (2003). Členitev slovenskega podeželja. Prispevek k usmerjanju skladnega regionalnega razvoja. Ljubljana: Anton Melik Geographical Institute ZRC SAZU: 196 p.
- Kokole, V. (1978). Problemi urbanizacije v manj razvitih območjih SR Slovenije. In M. Pak (ed.), *Sociogeographical aspects of the border regions of Slovenia* : geographical symposium at the fifteenth anniversary of the Geographical institute of the University of Ljubljana. Ljubljana: Geographica Slovenica.; 5 p.
- Košmelj, K., Breskvar Žaucer, L. (2006). Metode za razvrščanje enot v skupine: osnove in primer. *Acta agriculturae Slovenica*, 87 (2): 299–310.
- Kovačič, M., Gosar, L., Fabjan, R., Perpar, A., Gabrovce, M., Jakoš, A. (2000). Razvojno-tipološka členitev podeželja v Republiki Sloveniji (= Typologische Gliederung des ländlichen Raumes in Republik Slowenien). Ljubljana, University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy: 129 p.
- Kranjc, M. (2005). Razvrščanje slovenskih občin v skupine glede na ekonomske in demografske spremenljivke. Maribor, University of Maribor, Faculty of Economics and Business: 158 p.
- Kušar, S. (2004). Razvrščanje v skupine z omejitvami kot metoda regionalizacije. Na primeru določanja problemskih regij v Sloveniji. *Metode in tehnike*, 15 (2): 87–92.
- Marušič, J., Ogrin, D., Maligoj, T., Japelj-Mužič, M. (1996). Značilni krajinski vzorci Slovenije: po projektu Regionalna razdelitev krajinskih tipov Slovenije. Ljubljana, Ministry of the Environment and Spatial Planning: 26 p.
- Merc, M. 2006. Statistični posvet za regionalne statistike, 12. 10. 2006. Statistike razvoja podeželja. Statistical Office of the Republic of Slovenia. PowerPoint Slides. [www.stat.si/doc/sosvet/Sosvet\\_18/Sos18\\_s638-2006.ppt](http://www.stat.si/doc/sosvet/Sosvet_18/Sos18_s638-2006.ppt), accessed 18. 9. 2017.
- Milligan, G. W., Cooper, M. C. (1988). A study of standardization of variables in cluster analysis. *Journal of Classification*, 5 (2): 181–204.  
DOI: <https://doi.org/10.1007/bf01897163>
- Mlakar, A. (2009). Negotovost v prostorsko načrtovalnih postopkih. *Urbani izziv*, 20 (2): 22–35. DOI: <https://doi.org/10.5379/urbani-izziv-2009-20-02-003>
- OECD (1994). Creating rural indicators for shaping territorial policy. OECD publications. Organisation for Economic Co-operation and Development: 93 p.
- OECD (2011). OECD Regional Typology, Directorate for Public Governance and Territorial Development: 16 p.
- Oštir, K. (2006). Daljinsko zaznavanje. Ljubljana, Institute of Anthropological and Spatial Studies ZRC SAZU: 250 p.
- Perko, D. (1998). The Regionalization of Slovenia (= Regionalizacija Slovenije). *Geografski zbornik*, 38: 11–57.
- Perpar, A., Kovačič, M. (2002). Typology and development characteristics of rural areas in Slovenia (= Tipologija in razvojne značilnosti podeželskih območij v Sloveniji). In M. Klemenčič (ed.), *Podeželje na prelomu tisočletja: problemi in izzivi: challenges and problems* (pp. 85–99). Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of Arts, The Department of Geography.
- Petek, F. (2005). Typology of Slovenia's Alpine region with emphasis on land use and changes in land use. *Acta Geographica Slovenica*, 45 (1): 33–45.  
DOI: <https://doi.org/10.3986/ags45102>
- Prosen, A., Zavodnik Lamovšek, A., Žaucer, T., Drobne, S., Soss, K. (2008). Pomen majhnih in srednje velikih mest za razvoj urbanih območij: zaključno poročilo s predlogom meril za razmejitev mest in odprtega prostora. CRP "Konkurenčnost Slovenije 2006–2013". Ljubljana, University of Ljubljana. Faculty of Civil and Geodetic Engineering: 119 p.



- PRP RS 2014–2020 (2013). Program razvoja podeželja Republike Slovenije za obdobje 2014–2020 (= Rural Development Programme 2014–2020). Ljubljana: Ministry of agriculture and environment: 227 p.
- Ravbar, M. (2005). "Urban sprawl": Popačena slika (sub) urbanizacije v Sloveniji? *Geografski vestnik*, 77 (1): 27–36.
- Rebernik, D. (1995). Tipologija stanovanjskih območij ob uporabi metode razvrščanja v skupine na primeru Celja, Kopra in Novega mesta. *Dela*, 11, 131–149.
- Regional statistics team (2013). Urban-rural typology update. Updated urban-rural typology: integration of NUTS 2010 and the latest population grid. Eurostat. [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics\\_explained/index.php/Urban-rural\\_typology\\_update](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Urban-rural_typology_update), accessed 18. 5. 2014.
- Rembowska, D. S., Cieslak, I., Szuniewicz, K., Bednarczyk, M. (2014). Identification of homogeneous spatial planning zones with the use of statistical clustering methods. *Conference Proceedings vol 3. 14th SGEM GeoConference on Informatics*,

Konjar M., Zavodnik Lamovšek A., Grigillo D. (2017). Use of unsupervised classification for the determination of prevailing land use topology. *Geodetski vestnik*, 61 (4), 541–581. DOI: 10.15292//geodetski-vestnik.2017.04.541-581

Miha Konjar, Alma Zavodnik Lamovšek, Dejan Grigillo | UPORABA NENADZOROVANE KLASIFIKACIJE ZA DOLOČANJE TIPOLOGIJE POTEŽNE RABE PROSTORA | USE OF UNSUPERVISED CLASSIFICATION FOR THE DETERMINATION OF PREVAILING LAND USE TOPOLOGY | 541-581 |

# UPORABA NENADZOROVANE KLASIFIKACIJE ZA DOLOČANJE TIPOLOGIJE PRETEŽNE RABE PROSTORA

OSNOVNE INFORMACIJE O ČLANKU

GLEJ STRAN 541

## 1 UVOD

Že leta 1973 je Anderberg zapisal eno osnovnih načel o obdelavi in razvrščanju podatkov, ki velja še danes: »Le skrbna in inteligentna uporaba metod razvrščanja v skupine lahko razkrije neznano strukturo v podatkih in s tem odpre nove poglede na proučevane pojave.« (Anderberg, 1973) Prostorske analize razvoja rabe prostora vse bolj pridobivajo na pomenu, saj omogočajo poglobljen vpogled v prostorski razvoj v okviru dinamičnih procesov, ki prostor preoblikujejo glede na gospodarske, družbene in okoljske dejavnike v daljšem časovnem obdobju. Zaradi številčnosti in razsežnosti dejavnikov, ki vplivajo na spreminjanje rabe prostora, kljub temu velja, da sprememb v prostoru ne moremo napovedati v celoti, saj je skupni vpliv dejavnikov preveč kompleksen, da bi ga bilo mogoče v celoti razumeti (Mlakar, 2009).

Prostorsko načrtovanje teži k skladnemu, uravnoteženemu in trajnostnemu prostorskemu razvoju, ki zahteva prilagajene politike razvoja prostora glede na razlike v stopnji razvitosti, prostorske potenciale in prostorske izzive. Razvitost prostora pa se odraža tudi v dejanski rabi in njenem spreminjanju. Raba prostora je dober pokazatelj stanja, njeno spreminjanje pa je posledica tako sedanjih kot dolgoročnih teženj in razmer v prostoru. Pri raziskovanju razvoja rabe prostora se tako večinoma osredotočamo na dejavnike, ki jih lahko povežemo z lokacijo v prostoru. Tako obravnavano območje razčlenimo na skupine podobnih prostorskih enot (PE) glede na pretežno rabo prostora oziroma na homogena območja, ki jih je mogoče opisati s skupnimi prostorskimi značilnostmi. Pri tem PE obravnavamo kot osnovne gradnike (rastrske celice, naselja, občine, regije idr.), na katere prostor delimo na posamezni prostorski ravni ter jih na podlagi izvedene klasifikacije združujemo v homogene skupine PE. Določitev homogenih skupin PE prispeva k boljšemu razumevanju razvitosti prostora in tudi k sprejemanju smotrnejših odločitev o nadaljnjem prostorskem razvoju na vseh ravneh. Le s prostorskimi politikami, strategijami in drugimi razvojnimi dokumenti, v katerih se upoštevajo lastnosti posameznih homogenih skupin PE, je mogoče tudi uspešno reševanje specifičnih prostorskih izzivov in izkoriščanje prepoznanih prostorskih potencialov za doseganje trajnostnega prostorskega razvoja, izboljšanje razvitosti in konkurenčnosti posameznih območij ter teritorialne kohezije (Green Paper, 2008) na evropski ravni, pa tudi na ravni držav, regij in občin.

Namen članka je predlagati metodo za določanje tipologije pretežne rabe prostora za potrebe členitve prostora pri nadaljnjih analizah rabe prostora in njenih sprememb. Pri klasifikaciji prostorskih enot je bil kot alternativa statističnim programom uporabljen program za obdelavo podob, ki omogoča nadzorovano in tudi nenadzorovano klasifikacijo večkanalnih podob. Na primeru Slovenije sta bili preizkušeni nadzorovana in nenadzorovana klasifikacija. V prispevku za klasifikacijo PE predlagamo uporabo nenadzorovane klasifikacije, za katero pred izvedbo postopka ne potrebujemo nikakršnega

védenja o obravnavanem prostoru. S ciljem razviti širše uporaben pristop, ki omogoča razvrščanje PE v skupine po izbranih prostorskih značilnostih, je bilo pri razvoju metode predpostavljeno, da razmer v obravnavanem prostoru ne poznamo.

Predlagana metoda temelji na nenadzorovani klasifikaciji, ki se v daljinskem zaznavanju uporablja za razvrščanje pikslov (običajno večkanalnih satelitskih) posnetkov v razrede oziroma skupine. V znanstveni literaturi še ni zaslediti takšnega razvrščanja PE v skupine. Predlog metode združuje izbiro algoritma za razvrščanje PE v skupine in izbiro kazalnikov, s katerimi podrobneje opišemo prostorske značilnosti, ki vplivajo na stanje in spreminjanje rabe prostora ter na podlagi katerih je prostor mogoče členiti v homogene skupine PE. Z ustrezno pripravo vhodnih podatkov (kazalnikov) lahko metodo klasifikacije uporabimo na različnih prostorskih ravneh oziroma klasificiramo različne tipe PE, kot jih obravnavamo v tem članku za potrebe izvedene raziskave. Vsak kazalnik, s katerim so podane vrednosti za izbrani tip PE, je treba preoblikovati v posamezen 'kanal', združena večkanalna podoba kazalnikov pa je nato klasificirana v homogene skupine PE z enakimi prostorskimi značilnostmi. Skupinam PE je nazadnje določena še tipologija glede na opazovani prostorski pojav. Pri tipologiji pretežne rabe prostora gre torej za določanje tipov homogenih skupin PE glede na njihovo značilno, največkrat tudi prevladujočo rabo prostora (na primer kmetijsko, gozdno, urbano idr.).

Izvedenih je bilo več kot petdeset različnih nenadzorovanih klasifikacij slovenskih občin, pri čemer so bile preizkušene različne kombinacije tipov in števila kazalnikov, različni algoritmi za razvrščanje PE v skupine in različne nastavitve parametrov klasifikacije, od izbire števila skupin, omejitve števila iteracij do določitve praga velikosti najmanjše možne spremembe pri iteraciji. Pri tem se je kot prednost uporabe programskih paketov daljinskega zaznavanja za klasifikacijo izkazala tudi možnost takojšnje upodobitve rezultatov, ki je omogočila vizualno spremljanje vpliva sprememb naštetih parametrov na rezultate klasifikacije. Na podlagi analize pridobljenih rezultatov je bila izbrana najprimernejša metoda klasifikacije za določitev tipologije pretežne rabe prostora.

V prispevku je v drugem poglavju predstavljen splošen pregled značilnosti metod klasifikacije PE v homogene skupine in podan pregled obstoječih *širše uporabljenih* metod klasifikacije PE. Podrobneje so bile raziskane tri izbrane metode ter izveden njihov preizkus na primeru Slovenije (poglavje 3). Na podlagi analize rezultatov preizkusa je v poglavju 4 podan predlog lastne metode klasifikacije, ki temelji na uporabi nenadzorovane klasifikacije za določanje tipologije pretežne rabe prostora. Aplikacija metode na primeru Slovenije je predstavljena v poglavju 5, ki mu sledita še sklep in razprava v poglavju 6.

## 2 PREGLED OBSTOJEČIH METOD ZA DOLOČANJE HOMOGENIH OBMOČIJ

Za opredeljevanje homogenih, po izbranih prostorskih značilnostih podobnih skupin PE se največkrat uporabljajo matematično-statistične metode klasifikacije enot v skupine (Carvalho et al., 2009). Z združevanjem podobnih PE v homogene skupine po različnih kriterijih na različnih prostorskih ravneh se ukvarjajo strokovnjaki v tujini (Fukada, 1980; Dijkstra in Poelman, 2013; Rembowska et al., 2014) in pri nas (Ferligoj, 1989; Rebernik, 1995; Kušar, 2004).

V prostorskih analizah uporaba metod klasifikacije podobnih PE v homogene skupine omogoča prepoznanje različnih tipov PE in njihovo prostorsko razporeditev. Celoten postopek klasifikacije lahko

predstavimo s petimi osnovnimi koraki (Košmelj in Breskvar Žaucer, 2006), ki veljajo tudi v splošnem, ne le za klasifikacijo PE:

1. Izbira enot in njihovih lastnosti.
2. Izbira in normalizacija kazalnikov za klasifikacijo, glede na katere želimo, da so si skupine podobne.
3. Računanje podobnosti in različnosti med enotami. Izbira ustrezne razdalje med enotami, ki je odvisna od vrste podatkov in od kriterija podobnosti.
4. Izbira in uporaba ustrezne metode razvrščanja v skupine.
5. Analiza rezultatov, ocena rešitve in določitev tipov homogenih skupin enot.

Prva dva koraka klasifikacije predstavljata izbiro prostorske ravni ter s tem tipa PE in opredelitev kazalnikov, na podlagi katerih želimo analizirati ter klasificirati obravnavane PE. Matematično nabor vrednosti kazalnikov oziroma množico spremenljivk  $X$ , ki opisujejo posamezno  $i$ -to PE, zapišemo kot (1). Pri tem je  $X_i$ ,  $i$ -ta PE,  $m$  število kazalnikov,  $x$  pa njihova vrednost.

$$X_i = (x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, \dots, x_{im}) \quad (1)$$

Tako opredeljene PE so izhodišče za nadaljnjo klasifikacijo PE v homogene skupine. Grafično razvrstitev PE, določenih z vrednostjo ene ali več številskih spremenljivk, lahko ponazorimo s točkami v eno- ali večrazsežnem prostoru, kjer je vsaka izmed razsežnosti določena z eno spremenljivko (Kranjc, 2005). Pri tem izbor kazalnikov in tudi njihova primerna priprava odločilno vplivata na učinkovitost klasifikacije PE glede na zastavljeni problem. V splošnem velja, da večje število kazalnikov olajša ločevanje PE in s tem tudi njihovo klasifikacijo v homogene skupine. Seveda z nekritičnim dodajanjem vhodnih podatkov rezultatov ne izboljšamo vedno, saj se ob tem lahko znatno poveča kompleksnost in poslabša razumljivost izvedene klasifikacije. Kot ugotavlja Ferligoj (1989), je pred uporabo metod razvrščanja v skupine koristno, da število kazalnikov zmanjšamo in v analizo vključimo le tiste, za katere smo v predhodni analizi dognali, da imajo zadostno pojasnjevalno moč. Številске kazalnike različnih merskih vrednosti je pri metodah razvrščanja pred uporabo treba normalizirati zaradi enake obtežbe vrednosti. Obsežen pregled različnih možnosti normalizacij pri razvrščanju v skupine podajata Milligan in Cooper (1988).

V naslednjem koraku se je treba odločiti, katera od metod klasifikacije PE (EEA, 2004; EU-LUPA, 2012; Dijkstra in Poelman, 2013; Rembowska et al., 2014) je najprimernejša za reševanje postavljenega problema. Večino metod lahko delimo na: hierarhične, nehierarhične in geometrijske (Ferligoj, 1989), pri čemer se je treba zavedati, da vsaka pri iskanju zakonitosti v podatkih vsiljuje strukturo, ki je vgrajena vanjo. Izbira metode razvrščanja je odvisna predvsem od potrebe in namena uporabe rezultatov. Čeprav so klasifikacije lahko zelo različne, je vsem skupen cilj PE razvrstiti v čim bolj homogene skupine. Pri tem velja načelo podobnosti, da so v skupini PE, ki so si glede na vnaprej določene kriterije čim bolj podobne, v različnih skupinah pa enote, ki so si glede na ta kriterij čim bolj različne (Košmelj in Breskvar Žaucer, 2006). Z analizo dobljenih rešitev postopek klasifikacije končamo z določitvijo in poimenovanjem tipov dobljenih homogenih skupin PE.

Postopke razvrščanja oziroma klasifikacije poznamo tudi na področju daljinskega zaznavanja, kjer je klasifikacija digitalnih podob eden najpomembnejših postopkov pri obdelavi daljinsko zaznanih podatkov (Oštir, 2006). Postopek klasifikacije satelitskih posnetkov se dejansko ne razlikuje veliko od statističnih postopkov razvrščanja podatkov v skupine. Razlika je le pri vhodnih podatkih, ki so pri klasifikaciji

podob pripravljeni v rastrski in ne tabelarični obliki. Osnovna postopka klasifikacije večkanalnih podob sta nadzorovana in nenadzorovana klasifikacija. Pred izvedbo nadzorovane klasifikacije moramo uporabiti lastno znanje o obravnavanem območju, da ustvarimo učne vzorce, na podlagi katerih se v nadaljevanju celotna podoba klasificira v posamezne razrede. Pri nenadzorovani klasifikaciji, za katero pred izvedbo postopka ne potrebujemo nikakršnega védenja o obravnavanem prostoru, so piksli razporejeni v razrede glede na njihovo ‚naravno‘ združevanje v spektralnem prostoru na podlagi vrednosti izbranih kazalnikov (ENVI EX, 2009).

## 2.1 Pregled dosedanjih klasifikacij prostora v homogene skupine PE

Klasifikacij, ki temeljijo le na kazalnikih naravnih danosti in značilnosti površja, je malo. Kljub temu velja izpostaviti raziskavo, izvedeno v projektu LUPA – *European Land Use Patterns* (2012) v okviru programa ESPON. V projektu predlagana metodologija klasifikacije PE temelji na evropskih podatkih pokrovnosti Corin Land Cover (CLC), kar omogoča izvedbo klasifikacije le na podlagi podatka o pokrovnosti prostora. Klasifikacija, izvedena na evropski ravni, za osnovno PE določa regije na ravni NUTS2/3 (EU-LUPA, 2012).

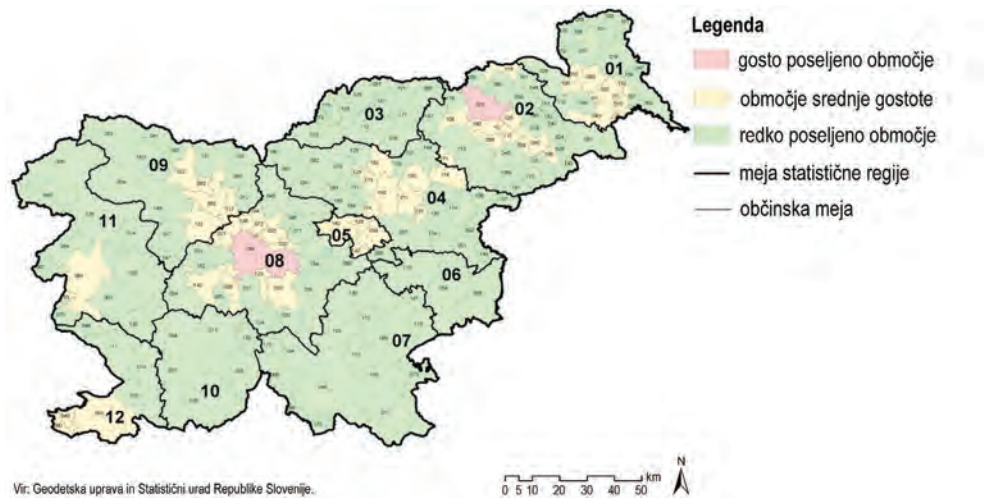
Tudi v Sloveniji so že bile izvedene študije, s katerimi je bilo ozemlje celotne države klasificirano po značilnih naravnogeografskih lastnostih (na primer Marušič et al., 1996). Perko (1998) podaja pregled obstoječih regionalizacij Slovenije, ki kaže na bogato zgodovino členitve države. Izpostavljene so predvsem Melikove členitve, objavljene v štirih regionalno-geografskih knjigah v letih 1954, 1957, 1959 ter 1960, Ilesičeve iz leta 1958 in Gamsove iz leta 1983. Dodatno Perko predlaga svojo naravnogeografsko členitev, ki jo je med letoma 1993 in 1995 pripravljala v sodelovanju z dvema slovenskima geografskima raziskovalnima ustanovama: Geografskim inštitutom Antona Melika ZRC SAZU in Inštitutom za geografijo. Klasifikacija temelji na združevanju PE s podobnimi naravnogeografskimi lastnostnimi, od kamninske sestave površja, podnebja, rastja do rabe tal (Perko, 1998). Deli Kovačič et al. (2000) ter Perpar in Kovačič (2002) predstavljata tako imenovano razvojno-topološko členitev Slovenije, s katero se klasificirajo in določajo različni tipi območij glede na njihove razvojne značilnosti ter potencialne, in tako členi slovenski prostor na razvojno homogene skupine PE. Nadalje Gabrijelčič in Fikfak (2002) podeželje delita po stopnji odzivnosti, po obliki pojavov in vrsti potrebnih razvojnih ukrepov. V raziskavi Členitev slovenskega podeželja Kladnik in Ravbar (2003) opisujeta dva načina določevanja podeželskih območij Slovenije, temelječa na uporabi kombinacije kazalnikov, ki ponazarjajo stanje razvitosti, ključne naravne razmere ter razvojne procese v prostoru.

Med pomembnejše členitve, ki klasificirajo prostor po razvitosti, štejemo tudi tipologije mestnih in podeželskih območij. Čeprav v zadnjih desetletjih zaradi urbanizacije in spremljajoče suburbanizacije meja med mestom in podeželjem čedalje bolj izginja (Ravbar, 2005), so v prostorskem in razvojnem smislu razlike med mestnimi in podeželskimi območji še vedno pomembne. Na območju članic EU so se z raziskovanjem odnosov med mestnimi in podeželskimi območji ukvarjali v projektu ESPON z naslovom *Urban-Rural relations in Europe* (Urban-rural, 2005). Pomen razmejitev prostora na mestna in podeželska območja poudarjajo tudi pri organizaciji Eurostat (Statistical office of the European Union) in OECD (Organizaton for Economic Cooperation and Development). Cilj enih in drugih je poiskati opredelitev mestnih in podeželskih območij ter določiti kriterije, na podlagi katerih bi lahko določali

primerljiva območja, namenjena oblikovanju ustrežnejših politik razvoja podeželja ter mest na evropski ravni. Zato so pri Eurostatu že leta 1991 (DG REGIO, 2011) in pri OECD leta 1994 (OECD, 1994) razvili metodi za določanje mestnih in podeželskih območij na podlagi gostote prebivalstva. Metodi klasifikacij PE sta bili od začetnih konceptov že večkrat dopolnjeni zaradi odprave pomanjkljivosti in izboljšanja metodologije (Dijkstra in Poelman, 2008, 2013; Regional statistics team, 2013; Statistics Explained, 2013; Dijkstra in Poelman, 2014).



Slika 1: Urbano-ruralna tipologija OECD na ravni statističnih regij, Slovenija, 2006 (Merc, 2006).



Slika 2: Tipologija Eurostat (glede na stopnjo urbanizacije) na ravni občin, Slovenija, 2006 (Merc, 2006).

Eurostat in OECD metodologiji sta bili v slovenski prostor vpeljani z evropskim projektom Statistike razvoja podeželja, z namenom, da se vzpostavi nabor kazalnikov, potrebnih za načrtovanje razvoja in spremljanja stanja na podeželju (Merc, 2006). Sliki 1 in 2 prikazujeta leta 2006 izvedeno klasifikacijo



PE na ravni slovenskih statističnih regij in občin. Medtem ko prikazani tipologiji homogenih skupin PE temeljita na številu in gostoti prebivalcev v lokalnih administrativnih enotah (občinah), se v novejših klasifikacijah uporablja prebivalstvena mreža, ki podaja podatek o razporeditvi prebivalcev v prostoru in tako zagotavlja natančnejšo podlago za določitev poselitvenih značilnosti območij in regij (SORS, 2017).

Čeprav se po OECD-jevi opredelitvi podeželskih območij vse slovenske statistične regije uvrščajo med zmerno in pretežno podeželske, lahko med posameznimi podeželskimi območji v Sloveniji vendarle opazimo velike razlike v gospodarski in razvojni uspešnosti (PRP RS 2014–2020, 2013). Tovrstne razlike postajajo še očitnejše pri obravnavi na nižjih prostorskih ravneh, vendar se je za tako podrobno obravnavo pokazala potreba po razvoju nove ali vsaj izboljšanje metodologije klasifikacije PE.

## 2.2 Sklepne ugotovitve o pregledu metod klasifikacije prostorskih enot v homogene skupine

Pregled obstoječih tipologij in metod za klasifikacijo kaže na potrebo po prepoznavanju homogenih skupin PE s podobnimi prostorskimi značilnostmi, na podlagi katerih je mogoče spremljati stanje in razvoj v prostoru, hkrati pa pomenijo podporo odločanju in oblikovanju prostorskih razvojnih politik. Največkrat so klasifikacije vezane na posamezno raven opazovanja ali na specifične podatke in tako ne omogočajo širše uporabnosti. Določitev tipov homogenih skupin PE je odvisna predvsem od izbire kazalnikov za klasifikacijo, na podlagi katerih je mogoče kar najbolje opisati razmere v prostoru in določiti meje, ki prostor členijo tako po podobnostih kot po razlikah med obravnavanimi PE. Pri tem gre le redko za posamezen kazalnik, saj prostora in razmer v njem ni mogoče opisati tako preprosto. Najpogosteje so zato uporabljene skupine kazalnikov ali sestavljeni kazalniki, s katerimi je mogoče prostor in njegove značilnosti ustrezno opisati.

## 3 PREIZKUS IZBRANIH METOD NA PRIMERU SLOVENIJE

Z namenom oblikovanja primerne metode za izvedbo klasifikacije PE in določitev tipov homogenih skupin PE glede na pretežno rabo prostora so bile na primeru Slovenije preverjene tri izmed predstavljenih metod klasifikacije:

- metodologija klasifikacije PE po Eurostatu, s katero razmejujemo mestna in podeželska območja na podlagi stopnje urbanizacije (DG REGIO, 2011; Regional statistics team, 2013);
- metodologija klasifikacije PE po OECD (Statistics Explained, 2013) ter
- metodologija klasifikacije PE po prevladujoči pokrovnosti prostora (EU-LUPA, 2012).

Glede na razpoložljivost podatkov sta bili klasifikaciji PE Eurostat in OECD izvedeni za leto 2012, klasifikacija PE po prevladujoči pokrovnosti prostora pa za leto 2006. Pri tem so bile analizirane prednosti in pomanjkljivosti posamezne metode ter uporabnost različnih kazalnikov za določitev homogenih skupin PE za potrebe členitve prostora pri analizah stanja in spreminjanja rabe prostora. Na podlagi preizkusa metod so bila pripravljena izhodišča za oblikovanje lastnega metodološkega pristopa za klasifikacijo PE in določanje tipov homogenih skupin PE. V nadaljevanju so prikazani le najpomembnejši koraki in rezultati za vse tri preverjene metode.

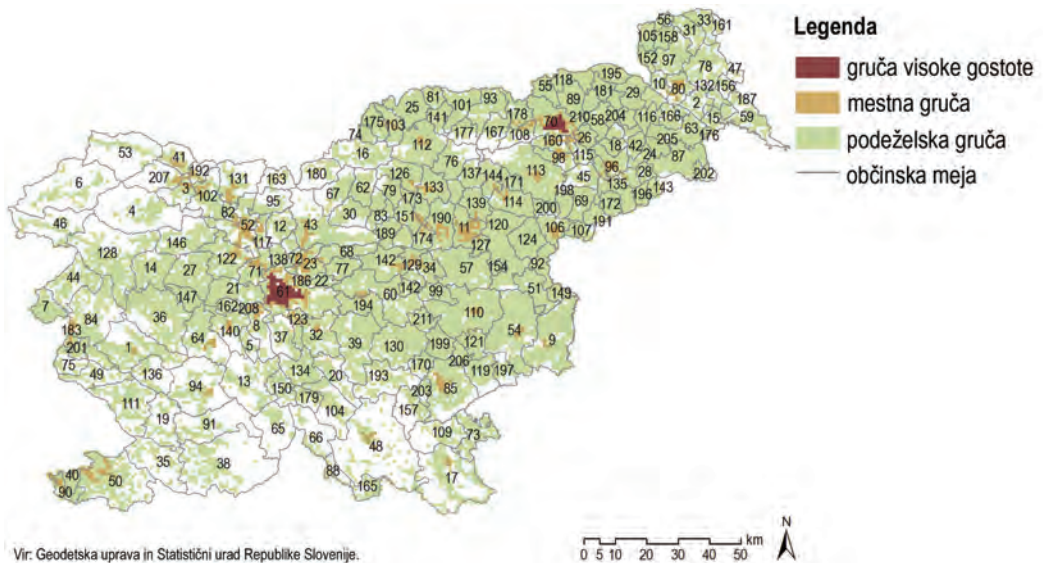


### 3.1 Metoda klasifikacije prostorskih enot po Eurostatu

Eurostatova metodologija (DG REGIO, 2011; Regional statistics team, 2013) temelji na podatkih o gostoti prebivalstva ter dveh dodatnih kriterijih: (1) prostorski povezanosti ter (2) kriteriju številčnosti, ki določa najmanjše število prebivalstva. Po predlogu Dijkstra in Poelmana (2013) je metodi, s katero je bila izvedena klasifikacija slovenskih občin v tri skupine PE z značilno stopnjo urbanizacije, dodan še kriterij dostopnosti. Za izračun dostopnosti je bil uporabljen napreden model dostopnosti, opisan in nadgrajevan v Drobne (2003, 2014), Drobne et al. (2004) ter Drobne in Paliska (2015). Klasifikacija PE, v prvi fazi rastrskih celic, nato občin, je bila izvedena v programskem paketu ESRI ArcGIS ob uporabi prebivalstvene mreže oziroma rastra gostote prebivalstva Slovenije velikosti 1 x 1 km iz leta 2012.

Metoda temelji na postopku združevanja rastrskih celic gostote prebivalstva v skupine oziroma gruče (slika 3):

- gruče visoke gostote: sklenjena skupina rastrskih celic z gostoto prebivalstva vsaj 1500 preb./km<sup>2</sup>, ki zajema območje z najmanj 50.000 prebivalci. Pri gručenju rastrskih celic sta pomembni dve pravili: 1. rastrske celice se v gruče ne združujejo po diagonalah in 2. Pravilo sklenjenosti gruč, ki določa, da je treba v primeru vsaj petih okoliških rastrskih celic iste gruče, prazna polja zapolniti;
- mestne gruče: povezana skupina rastrskih celic z gostoto prebivalstva vsaj 300 preb./km<sup>2</sup>, ki zajema območje z najmanj 5000 prebivalci. Kriterij prostorske povezanosti ob tem določa, da združevanje poteka med vsemi sosednjimi rastrskimi celicami, tudi diagonalnimi;
- podeželske gruče: preostale rastrske celice zunaj gruč visoke gostote in urbanih gruč.



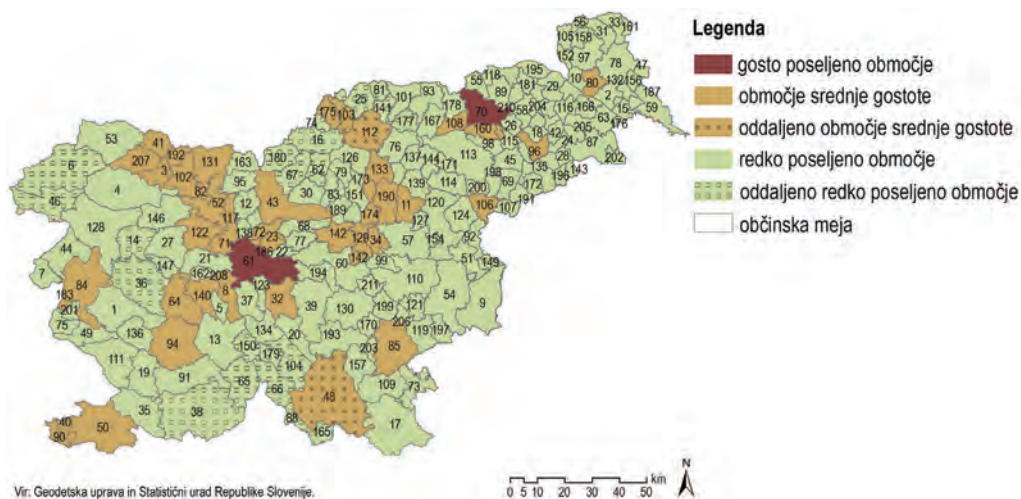
Slika 3: Gruče rastrskih celic gostote prebivalstva po Eurostatovi metodi, Slovenija, 2012.

Klasifikacija občin se nato izvede glede na delež prebivalstva, ki živi v prepoznanih gručah (slika 4):

- gosto poseljena območja oziroma mesta ter večja mestna območja predstavljajo občine, v katerih vsaj 50 % prebivalcev živi v gručah visoke gostote;

- redko poseljena območja oziroma podeželska območja tvorijo občine, kjer vsaj 50 % prebivalcev živi zunaj območij urbanih gruč in gruč visoke gostote;
- območja srednje gostote oziroma območja manjših mest ter primestna območja sestavljajo občine, ki ne izpolnjujejo pogoja za gosto ali redko poseljena območja.

Dodaten kriterij dostopnosti omogoča določitev še dveh dodatnih tipov območij: oddaljena redko poseljena območja in oddaljena območja srednje gostote (slika 4). Za oddaljena veljajo območja, v katerih več kot 50 % prebivalstva živi zunaj 45-minutne dostopnosti do urbanih središč, ki so bila v projektu Pomen majhnih in srednje velikih mest (Prosen et al., 2008) prepoznana kot pomembna za razvoj podeželskih območij.



Slika 4: Klasifikacija občin po Eurostatovi metodi z dodatnim kriterijem dostopnosti, Slovenija, 2012.

Analiza izvedene klasifikacije PE je pokazala, da uporaba rastrskih podatkov odpravlja vpliv velikosti PE na klasifikacijo, kar se je izkazalo kot prednost preizkušene metode. Njena slabost pa je uporaba le kriterija gostote prebivalstva, saj ne omogoča prepoznavanja vseh urbanih središč v Sloveniji. Pomanjkljivosti se kažejo predvsem pri prepoznavanju manjših, vendar za slovenski urbani sistem pomembnih središč s pomembno vlogo na regionalni ali celo državni ravni. Hkrati pa med območji srednje gostote izstopajo občine, kot so Gorje (207), Prevalje (175), Kočevje (48), Rogaška Slatina (106), z manjšim središčem, v katerem pa živi večina prebivalstva posamezne občine, kar dodatno kaže na pomanjkljivost uporabe gostote prebivalstva kot edinega kriterija.

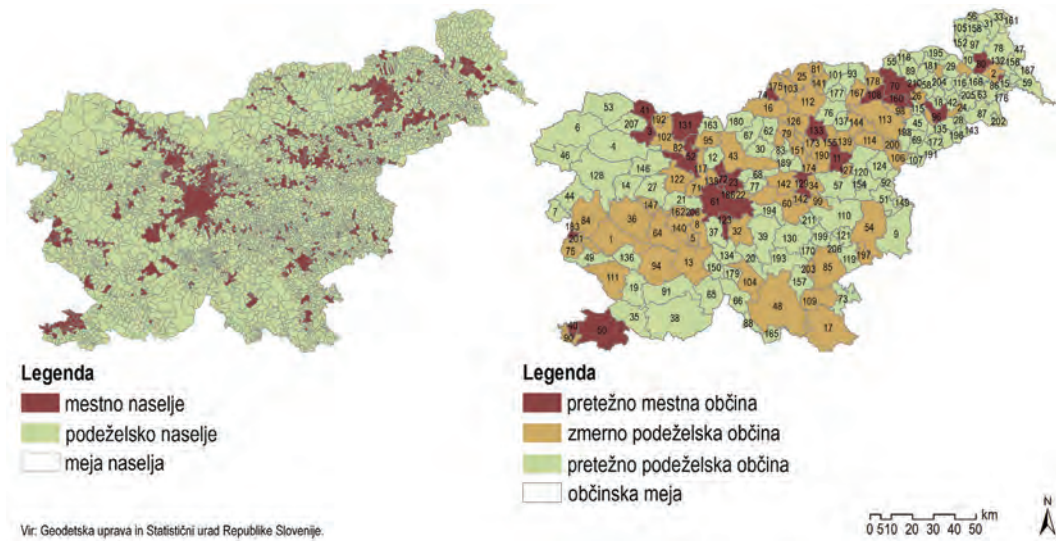
### 3.2 Metoda klasifikacije prostorskih enot po OECD

Postopek klasifikacije PE se izvede na dveh prostorskih ravneh, ob tem pa je edini kriterij za določitev mestnih in podeželskih območij gostota prebivalstva (OECD, 2011; Statistics Explained, 2013). Po izvorni metodologiji obstajata dve ločeni hierarhični stopnji, občinska in regionalna, ki pa sta se pri analizah razvoja rabe prostora v Sloveniji pokazali kot neprimerni, saj so rezultati klasifikacije na ravni regij presplošni. Metodologija je bila zato preizkušena na nižjih prostorskih ravneh. Kot PE so se uporabile administrativne enote naselij in občin (slika 5). Na podlagi podatka o gostoti prebivalstva iz leta 2012

so bila določena mestna naselja z najmanjšo gostoto prebivalstva 150 preb./km<sup>2</sup> ter preostala podeželska naselja. Temu je sledila klasifikacija občin glede na delež prebivalstva, ki živi v podeželskih naseljih:

- pretežno podeželske občine, kjer več kot 50 % prebivalcev živi v podeželskih naseljih,
- zmerno podeželske občine s 15 %–50 % deležem prebivalcev, ki živijo v podeželskih naseljih, in
- pretežno mestne občine z manj kot 15 % prebivalcev, ki živijo v podeželskih naseljih.

Tretji kriterij, prisotnost večjega mesta, se po metodologiji OECD upošteva pri mestih z najmanj 200.000 oziroma 500.000 prebivalci. V to kategorijo spada le naselje Ljubljana, kar pa nima dodatnega vpliva na klasifikacijo, saj je Mestna občina Ljubljana (61) že po predhodnih kriterijih opredeljena kot pretežno mestna občina.



Slika 5: Klasifikacija podeželskih in mestnih naselij (levo) ter podeželskih in mestnih občin (desno) po metodologiji OECD, Slovenija, 2012.

Analiza rezultatov je pokazala na odvisnost metodologije OECD od prostorske ravni obravnave. Zaradi nižanja začetne prostorske ravni obravnave z občin na raven naselij in klasifikacije PE brez prilagoditve mejnih vrednosti gostote prebivalstva vse več sicer manjših enot izpolnjuje pogoje za uvrstitev med mestna naselja. Posledično se povečuje tudi število pretežno mestnih ter zmerno podeželskih občin pri nadaljnji klasifikaciji PE v homogene skupine. Tako je ob nižanju prostorske ravni obravnave nujna tudi prilagoditev mejnih vrednosti gostote prebivalstva. Rezultati so pokazali na še nekatere posebnosti metodologije. Zaradi kriterija gostote prebivalstva na rezultate klasifikacije močno vpliva tudi sama velikost PE. Po površini manjša naselja namreč izkazujejo višjo gostoto prebivalstva zaradi manjšega podeželskega zaledja, zato se praviloma uvrščajo med mestna naselja. To pomeni, da so tudi manjše občine, v katerih je le nekaj naselij, kot so Mežica (oznaka na sliki 4 desno: 74), Odranci (86), Log-Dragomer (208) itd., opredeljene kot pretežno mestne. Vpliv velikosti PE je zaznati po vseh kategorijah. Dodatno rezultati kažejo, da obravnavana metoda občine, katerih prebivalstvo je manj razpršeno, razvršča v pretežno mestne ali vsaj zmerno podeželske občine, ne glede na število prebivalcev ali velikost podeželskega zaledja. Primer so občine Bled (3), Tržič (131), Ruše (108), Kočevje (48) idr. Ponovno se je pokazalo, da je za natančnejše rezultate klasifikacije PE nujna uporaba večjega števila dopolnjujočih se kazalnikov.

### 3.3 Metoda klasifikacije prostorskih enot po prevladujoči pokrovnosti prostora

Metodo so razvili za prepoznavanje značilnih oziroma prevladujočih tipov pokrovnosti prostora na ozemlju Evrope (EU-LUPA, 2012). Temelji na rastrskih podatkih CLC (Corine Land Cover) o pokrovnosti zemeljskega površja z mrežo 100 x 100 m, ki so edini tovrstni razpoložljivi podatki za celotno ozemlje Evrope. Nomenklatura CLC na tretji ravni ločuje 44 kategorij pokrovnosti prostora. Uporabljeni so bili podatki CLC iz leta 2006, pridobljeni s spletnega portala evropske okoljske agencije (EEA, 2014). Na primeru Slovenije je bil preizkušen prvi del metodologije, ki podatke o pokrovnosti CLC klasificira po prevladujoči pokrovnosti prostora v šest mestnih in sedem podeželskih homogenih skupin PE, ki so v tem primeru rastrske celice velikosti 1 km<sup>2</sup>.

Klasifikacija temelji na postopku združevanja podatkov CLC, podanih v mreži rastrskih celic 100 x 100 m, v rastrske celice velikosti 1 x 1 km. Za posamezno PE, rastrsko celico velikosti 1 km<sup>2</sup>, je treba izračunati štiri osnovne statistike (minimum, maksimum, mediana in modus) glede na nomenklaturu CLC (44 kategorij) in pojavnost kategorij pokrovnosti na območju 1 km<sup>2</sup> posamezne rastrske celice. Po nomenklaturi CLC kategorije zavzamejo vrednostmi od 1 do 44 in se uporabljajo za izračun štirih statistik. Pri tem minimum in maksimum prikazujeta razpon tipov pokrovnosti v posamezni celici, mediana in modus pa podajata informacijo o prevladujočem tipu pokrovnosti. Vrednosti izračunanih štirih osnovnih statistik za celotno mrežo rastrskih celic 1 x 1 km, ki prekriva obravnavano območje, so vhodni podatek za nadaljnjo klasifikacijo PE. Prvi del postopka klasifikacije omogoča ločevanje mestnih in podeželskih rastrskih celic oziroma PE:

- mestne celice: vrednost vsaj dveh osnovnih statistik med 1 in 11, ki po nomenklaturi CLC pripadajo kategoriji grajenih površin, in
- podeželske celice: vse preostale celice, ki ne izpolnjujejo pogoja za mestne.

Drugi del klasifikacije nato ločeno obravnava prepoznane mestne in podeželske celice. Klasifikacija v homogene skupine prevladujoče pokrovnosti prostora se izvede na podlagi štirih predhodno izračunanih statistik z Wardovim algoritmom, ki rastrske celice gruči tako, da so v posameznih skupinah celice s čim bolj podobnimi vrednostmi, med skupinami pa so čim večje razlike (Košmelj in Breskvar Žaucer, 2006). Rezultat je šest mestnih tipov in sedem podeželskih tipov gruč rastrskih celic.

Kljub nekaterim prednostim metodologije, kot je uporaba večjega števila kazalnikov ter podatka o pokrovnosti prostora pri klasifikaciji, so pomembnejše njene pomanjkljivosti oziroma omejitve. Največja pomanjkljivost je predvsem odvisnost od podatkov pokrovnosti CLC oziroma od vnaprej podane nomenklature 44 kategorij pokrovnosti. Ob tem uporaba podatkov CLC zaradi manjše podrobnosti ter slabše natančnosti ne omogoča podrobnejših analiz na lokalni ravni. Podatki omogočajo le kartiranje v merilu 1 : 100.000, kar pomeni vnaprej določeno stopnjo prostorske in vsebinske generalizacije podatkov pokrovnosti (najmanjša površina kartiranja 25 hektarov, najmanjša širina poligona 100 metrov in najmanjša zaznana sprememba v pokrovnosti 5 hektarov), ki tako omejuje natančnost prikaza in lokacije prepoznanih kategorij pokrovnosti prostora na nižjih ravneh. Zaradi odvisnosti od podatkov CLC metodologije ni mogoče preizkusiti na drugih, prostorsko natančnejših podatkovnih slojih, kar onemogoča njeno uporabo za potrebe podrobnejših analiz spreminjanja rabe prostora.

### 3.4 Sintezne ugotovitve preizkusa izbranih metod klasifikacije PE v homogene skupine v Sloveniji

Analiza izbranih metod in njihovih rezultatov na ravni Slovenije je pokazala, da imajo sicer preizkušene



in kakovostne metode tudi pomanjkljivosti. Predvsem je omejena njihova uporaba na nižjih prostorskih ravneh (raven občine ali celo naselja), saj ne omogočajo podrobnega klasificiranja PE, ki je potrebno za proučevanje sprememb rabe prostora. Pokazala se je tudi potreba po uporabi dodatnih kazalnikov, s katerimi lahko PE in prostorske značilnosti, ki vplivajo na rabo in spreminjanje rabe prostora, podrobneje opišemo. Kljub prepoznani pomanjkljivostim so analizirane metode dobra podlaga za nadgradnjo in razvoj prilagojene lastne metode klasifikacije PE za potrebe členitve prostora za opazovanje spreminjanja rabe prostora.

#### 4 NENADZOROVANA KLASIFIKACIJA ZA DOLOČANJE TIPOV HOMOGENIH SKUPIN PROSTORSKIH ENOT PRETEŽNE RABE PROSTORA

Predlagamo nov pristop oziroma metodo klasifikacije PE za določanje tipov homogenih skupin pretežne rabe prostora, ki temelji na nenadzorovani klasifikaciji podob. Metoda je bila razvita, da bi omogočala širšo uporabnost brez obsežnih predhodnih analiz. Postopek nenadzorovane klasifikacije v osnovi razdelimo na razvrščanje PE v homogene skupine in prepoznavanje teh skupin (Oštir, 2006). Razvrščanje PE v homogene skupine obsega izbiro števila in vrste kazalnikov, ki opisujejo značilnosti PE, in izbiro algoritma nenadzorovane klasifikacije, ki določa pravila, po katerih se PE združujejo. Skupine, ki nastanejo s takšnim razvrščanjem PE, so homogene sklenjene celote. S postopkom prepoznavanja homogenih skupin se določijo tipi PE, ki se jim nato dodelijo še ustrezne oznake. Postopek prepoznavanja skupin PE se izvede na podlagi dejanskih vrednosti, ki jih kazalniki zavzemajo po skupinah. Na podlagi dejanske vrednosti kazalnikov in izračunanih značilnih spremenljivk (minimum, maksimum, srednja vrednost in standardni odklon) po skupinah PE je skupine PE mogoče prepoznati in jim določiti značilnosti, ki jih zaznamujejo.

##### 4.1 Izbira in priprava kazalnikov za nenadzorovano klasifikacijo

Preizkus obstoječih metod klasifikacije PE je pokazal, da dejavnikov, ki vplivajo na spremembe prostora, ni mogoče opisati le na podlagi enega kazalnika, temveč je treba uporabiti kombinacijo več kazalnikov. Ločen kazalnik o maksimalnem deležu rabe prostora nam lahko pove veliko o naravnih danostih v prostoru, prevladujoči kmetijski panogi in drugem, ne omogoča pa ustreznega ločevanja PE pri klasifikaciji prostora. Za podrobno določitev lastnosti, ki vplivajo na lokacijo sprememb rabe prostora ter prepoznavanje podobnosti in razlik med PE glede razvoja rabe prostora je bil na podlagi preizkusa izbranih obstoječih metodologij (Eurostat, OECD, prevladujoča pokrovnosti prostora) pripravljen začetni nabor 22 kazalnikov (preglednica 1).

Relativno hitra izvedba nenadzorovane klasifikacije PE in možnost takojšnje upodobitve rezultatov je omogočila vizualno spremljanje vpliva izbire tipa, števila in kombinacije kazalnikov. Tako je bila izvedba začetnih klasifikacij PE namenjena predvsem preizkusu posameznih kazalnikov glede na njihovo pojasnjevalno moč in preizkusu njihovega vpliva na klasifikacijo. Za izračun vrednosti kazalnikov so bili pri preizkusu uporabljeni podatki iz javno dostopnih slovenskih podatkovnih baz (baza Statističnega urada RS, podatki ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano ter podatki ministrstva za finance). Izračun vrednosti kazalnikov pri predlagani metodi klasifikacije PE ni vezan na posamezen vir podatkov, temveč določa le tipe kazalnikov za klasifikacijo. Izbira podatkov je odvisna predvsem od obravnavanega območja pa tudi od prostorske ravni obravnave. Tako izračun vrednosti posameznega kazalnika temelji na razpoložljivih podatkih za obravnavano območje oziroma PE, ki jih klasificiramo.

Preglednica 1: Začetni nabor 22 kazalnikov pri klasifikaciji PE za določanje tipov pretežne rabe prostora

PROSTORSKE ZNAČILNOSTI		
URBANOST	DEJANSKA RABA	DOSTOPNOST
število prebivalcev	njivske površine na prebivalca	povprečna dostopnost PE do urbanih središč
gostota prebivalstva	površine trajnih nasadov na prebivalca	povprečna dostopnost prebivalstva PE do urbanih središč
št. prebivalcev na pozidane površine	travniške površine na prebivalca	
delež urbanega prebivalstva	gozdne površine na prebivalca	
prihodki in drugi prejemki občine na prebivalca	pozidane površine na prebivalca	
investicijski odhodki občine na prebivalca	ostale površine na prebivalca	
	delež njivskih površin	
	delež površin trajnih nasadov	
	delež travniških površin	
	delež gozdnih površin	
	delež pozidanih površin	
	delež ostalih površin	
	delež površin intenzivnega kmetijstva	
	delež vseh kmetijskih površin	

Dotatno je bil izračunan Pearsonov koeficient korelacije, s čimer se je bilo mogoče izogniti večkratni uporabi zelo podobnih ali izključujočih se kazalnikov. Izvedena je bila analiza rezultatov klasifikacij PE na podlagi izračunanih reprezentativnih vrednosti in dejanskih vrednosti kazalnikov po skupinah PE. Oblikovan je bil končni nabor osmih kazalnikov (preglednica 2).

Preglednica 2: Nabor izbranih kazalnikov za klasifikacijo PE pri določanju tipov pretežne rabe prostora

OZNAKA KAZALNIKA	IME KAZALNIKA
GP	gostota prebivalstva
DUP	delež urbanega prebivalstva
D11	delež njivskih površin
D12	delež površin trajnih nasadov
D13	delež travniških površin
D20	delež gozdnih površin
D30	delež pozidanih površin
D100	delež ostalih površin

Kazalniki gostota prebivalstva (GP), delež urbanega prebivalstva (DUP) ter delež pozidanih površin (D30) opisujejo urbanost prostora, prepoznano kot pomembno značilnost, ki prostor ločuje glede na stopnjo razvitosti (Kokole, 1978) in značilno vpliva na spreminjanje njegove rabe. Urbanost prostora združuje

prostorski vidik različnih gospodarskih, družbenih, okoljskih, pa tudi kulturoloških dejavnikov. Tako s to prostorsko značilnostjo povežemo tudi različne prepoznane trende, kot so zaraščanje na podeželskih območjih, pozidava kmetijskih zemljišč v bližini urbanih središč idr. Pri tem kazalnik delež pozidanih površin (D30) dopolnjuje kazalnik gostote prebivalstva (GP), saj slednji ne upošteva urbanih površin brez prebivalcev, kot so območja trgovine, športnih objektov, industrije in druga. Tretji kazalnik, delež urbanega prebivalstva (DUP), ki izhaja iz Eurostatove metodologije stopnje urbanizacije, pa vsaj delno odpravlja vpliv velikosti obravnavanih PE, od česar sta odvisna oba predhodno obravnavana kazalnika (GP in D030). Kazalnik DUP se izračuna kot delež prebivalstva PE, ki živi v gručah visoke gostote in urbanih gručah (slika 3). Tipi gruč so določeni po Eurostatovi metodologiji (Regional statistics team, 2013), ki je podrobneje razložena v poglavju 3.1. Kombinacija vseh treh kazalnikov omogoča podrobnejšo klasifikacijo, hkrati pa kazalniki skupaj podrobneje opišejo urbanost.

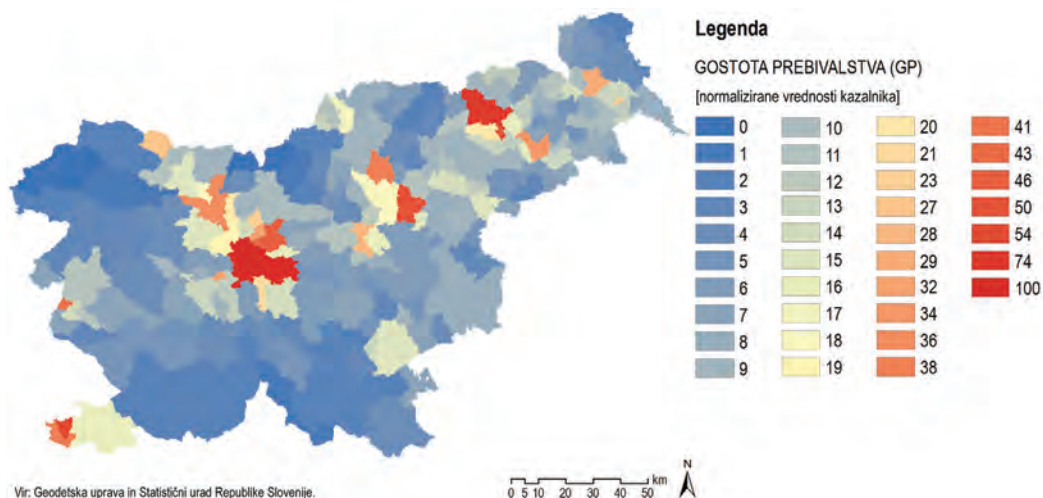
Ostali izbrani kazalniki v preglednici 2 (D11, D12, D13, D20, D30 ter D100) opisujejo obstoječo rabo prostora. Odražajo tako naravne danosti območja (relief, geološko zgradbo, podnebje itd.) kot tudi dosedanje trende razvoja rabe prostora. Dejanska raba prostora je tako druga pomembna prostorska značilnost, ki združuje podatek o naravnih ter tudi družbenih prvinah in dejavnikih, značilnih za posamezno območje (Petek, 2005). Opišemo jo z izbranimi kazalniki deležev pomembnejših kategorij dejanske rabe prostora (D11, D12, D13, D20, D30), ki zajemajo pogloblitve značilnosti in razlike v rabi prostora. Pri tem smo upoštevali načelo, da je treba izbrati le manjše število kazalnikov, ki imajo zadostno pojasnjevalno moč (Ferligoj, 1989). Nabor kazalnikov pomembnejših kategorij rabe prostora, kategorij s povprečno najvišjimi deleži, dopolnjuje kazalnik deleža ostalih površin (D100). Kazalnik združuje preostale kategorije rabe prostora, ki so praviloma enakomerno porazdeljene po celotnem obravnavanem območju in tako ne omogočajo ločevanja med PE pri klasifikaciji (na primer vodne površine). Kljub temu je kazalnik D100 treba vključiti v klasifikacijo, saj omogoča prepoznavanje izjem, primere ene ali manjšega števila PE, ki jih zaznamuje velik delež posebnih rab, kot so večje površine nerodovitnih in za gradnjo manj primernih površin, večje vodne površine idr.

Vrednosti kazalnikov so bile pred klasifikacijo PE normalizirane in preračunane na cela števila med 0 in 100 (2). Z normalizacijo podatkov so bili uravnoteženi različni razponi številčnih vrednosti, ki jih lahko zavzame posamezen kazalnik. S tem je bila zagotovljena primerljivost vpliva kazalnikov na klasifikacijo.  $x_{ij}$  je dejanska vrednost  $i$ -tega kazalnika  $j$ -te PE,  $z_{ij}$  je 'normalizirana' vrednost pikslov pripadajoče PE,  $\min X_i$  in  $\max X_i$  pa pomenita minimalno oziroma maksimalno dejansko vrednost  $i$ -tega kazalnika vseh PE.

$$z_{ij} = \left[ \frac{x_{ij} - \min X_i}{\max X_i - \min X_i} \cdot 100 \right]. \quad (2)$$

Za vsak kazalnik je bil izdelan rastrski kanal. Vsem celicam posamezne PE na rastrski podobi Slovenije je bila dodeljena ustrezna vrednost kazalnika. Primer kazalnika gostota prebivalstva (GP), enega od kanalov vhodne podobe v klasifikacijo, je prikazan na sliki 6.





Slika 6: Kazalnik gostota prebivalstva (GP), urejen kot kanal vhodne podobe za nenadzorovano klasifikacijo, Slovenija, 2012.

Kanali, izdelani iz kazalnikov, so bili združeni v večkanalno rastrsko podobo, ki smo jo analizirali s pikselno nenadzorovano klasifikacijo. Ker so vrednosti celic homogene za celotno PE na posameznem kanalu, so rezultati pikselne klasifikacije enaki, kot če bi izvedli objektno klasifikacijo na ravni PE (s pikselno klasifikacijo se PE ni razdelila na manjše skupine).

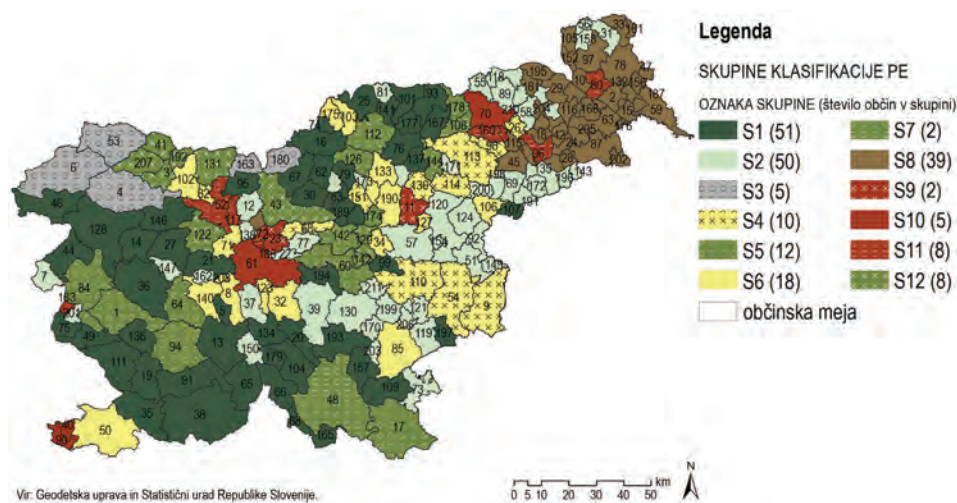
#### 4.2 Izbira algoritma za nenadzorovano klasifikacijo prostorskih enot

Za razvrščanje večrazsežnih podatkov v skupine se uporabljajo različni matematični algoritmi, ki so praviloma računsko precej zahtevni (Oštir, 2006). Eden najpreprostejših je K-means, pri metodah razvrščanja v statistiki poznan tudi kot metoda voditeljev (Košmelj in Breskvar Žaucer, 2006). Metoda je iteracijskega tipa, prištevamo jo med metode lokalne optimizacije in temelji na načelu iskanja največje podobnosti. Algoritem ISODATA (Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique) je nekoliko izboljšan algoritem K-means. ISODATA deluje dinamično, kar pomeni, da lahko po potrebi združuje sorodne skupine, briše majhne skupine in velike razdeli na več delov.

Pri uporabi algoritma ISODATA na postopek razvrščanja vpliva predvsem izbira števila skupin. Kolikor več jih je, toliko bolj se izboljšuje mera podobnosti v posameznih skupinah, povečujejo se tudi razlike med njimi, izgublja pa se preglednost postopka razvrščanja. Prednost večjega števila skupin (izbrali smo jih dvanajst) je možnost naknadnega združevanja v postopku določitve tipov PE oziroma homogenih skupin PE. Postopek klasifikacije se prične z naključno izbiro začetnih centrov, imenovanih tudi začetni voditelji, za izbrano število skupin, ki so enakomerno porazdeljeni po prostoru podatkov (ENVI EX, 2009). Razvrščanje enot nato poteka iterativno, pri čemer postopek omejuje izbira števila iteracij in določitev praga velikosti najmanjše spremembe. Da izbira dodatno ne vpliva na postopek razvrščanja, števila iteracij ne omejujemo oziroma izberemo visoko omejitev (izbrali smo jih sto). Odstotek površine enot, ki v iteraciji lahko spremenijo skupino, pa nastavimo na vrednost, ki ustreza površini najmanjše obravnavane PE v razmerju s površino celotnega območja obdelave (pri izvedeni klasifikaciji slovenskih občin je bil nastavljen na 0,015 %). Tako omogočimo tudi najmanjše spremembe in dodatno ne omejimo postopka razvrščanja.

## 5 PREIZKUS PREDLAGANE METODE NA PRIMERU SLOVENIJE

Klasifikacija PE je bila izvedena s programom ENVI (Harris, 2017). S predlagano metodo je bilo klasificiranih 210 slovenskih občin iz leta 2011. Z uporabo osmih normaliziranih kazalnikov (preglednica 2) je bila izvedena klasifikacija PE na ravni občin na dvanajst skupin oziroma razredov (slika 7), ki omogoča podrobnejšo prostorsko členitev Slovenije, hkrati pa po potrebi dopušča naknadno združevanje skupin pri določanju tipologije homogenih skupin PE. Začetne vrednosti izbranih kazalnikov po občinah (preglednica 2) so bile izračunane na podlagi podatkov o številu prebivalcev po občinah iz Statističnega urada RS ter podatkov ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano (MKGP). Gostota prebivalstva se nanaša na podatek o številu prebivalstva po občinah v letu 2012, delež urbanega prebivalstva je izračunan kot delež prebivalstva s stalnim prebivališčem na mestnih območjih, določenih po Eurostatovi metodologiji stopnje urbanizacije, in temelji na rastru gostote prebivalstva Slovenije iz leta 2012. Deleži dejanske rabe prostora pa so izračunani iz sloja dejanske rabe MKGP iz leta 2012.



Slika 7: Rezultat nenadzorovane klasifikacije slovenskih občin po izbranih osmih kazalnikih, Slovenija, 2012.

Rezultati klasifikacije vseh 210 slovenskih občin na dvanajst skupin so zajeti tudi v preglednici, v kateri so podane značilne vrednosti ustvarjenih skupin. V prispevku so zaradi obsega celotne preglednice prikazane le značilne vrednosti skupin za dva izmed izbranih osmih kazalnikov (GP in D30). Skupine so pri tem oštevilčene naključno glede na postopek razvrščanja (preglednica 3).

Glede značilnih vrednosti v preglednici 3 velja opozoriti, da so bili pri izračunu rezultatov za minimalno, maksimalno, srednjo vrednost in standardni odklon uporabljeni ,normalizirani' vhodni podatki z vrednostmi od 1 do 100 (enačba 2). Izračunane statistike tako ne ustrezajo dejanskim vrednostim. Slednje lahko za posamezno skupino izračunamo iz izvornih vrednosti kazalnikov.

Rezultati klasifikacije so bili ocenjeni subjektivno na podlagi poznavanja razmer na področju prostorskega načrtovanja in rabe prostora v Sloveniji. Analitična ocena klasifikacije ni bila izvedena, je pa bila opravljena primerjava z rezultati treh preizkušenih obstoječih metod. Ocena, primerjava in dodatna analiza rezultatov na podlagi dejanskih vrednosti kazalnikov po skupinah so pokazali, da je klasifikacija

dala zadovoljive rezultate in tako podaja podrobno členitev slovenskih občin po homogenih skupinah PE glede na prevladujočo rabo prostora.

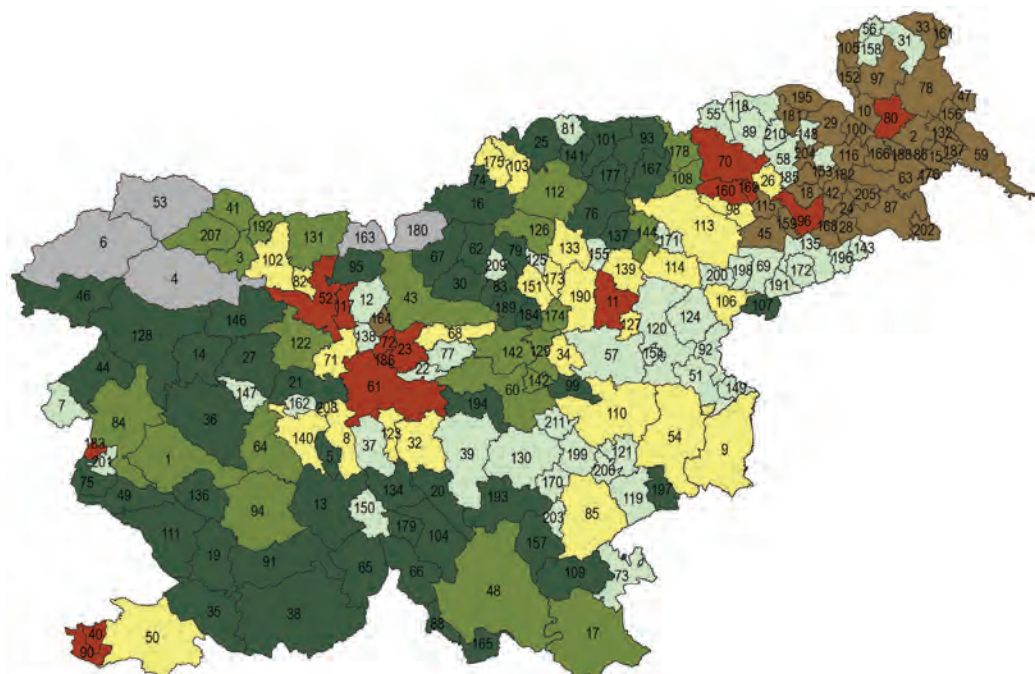
Preglednica 3: Statistične vrednosti skupin po izvedeni nenadzorovani klasifikaciji

	<i>ID SKUPINE</i>											
	<i>S1</i>	<i>S2</i>	<i>S3</i>	<i>S4</i>	<i>S5</i>	<i>S6</i>	<i>S7</i>	<i>S8</i>	<i>S9</i>	<i>S10</i>	<i>S11</i>	<i>S12</i>
<b>KAZALNIK GP (gostota prebivalstva)</b>												
minimum	1	2	0	6	4	11	2	2	2	38	20	2
maksimum	13	17	2	16	12	38	11	23	50	100	50	28
srednja vrednost	3,4	7,0	0,7	8,7	7,3	16,7	2,9	8,1	48,3	82,8	31,4	12,2
standardni odklon	1,7	2,8	0,8	2,4	2,5	5,4	2,7	3,8	2,0	21,3	7,2	7,1
<b>KAZALNIK D30 (delež pozidanih površin)</b>												
minimum	2	6	0	15	8	17	3	5	5	53	35	1
maksimum	16	33	2	32	20	45	16	56	66	100	69	31
srednja vrednost	7,0	16,9	1,1	21,3	12,5	27,0	4,3	21,3	63,4	82,7	46,8	15,0
standardni odklon	3,7	5,3	0,9	4,3	3,0	5,5	3,9	8,5	3,0	10,0	8,8	8,1

Predlagana metoda glede na izbrane parametre, število skupin in število ter tip kazalnikov v slovenskem prostoru prepozna tri velike skupine (S1, S2 in S8 z 51, 50 in 39 občinami), pet srednje velikih skupin (S4, S5, S6, S11 in S12 z 10, 12, 18, 8 in 8 občinami) ter štiri male skupine (S3, S7, S9 in S10 s 5, 2, 2 in 5 občinami). Iz velikosti dobljenih skupin lahko sklepamo o razdrobljenosti obravnavanega prostora. Velike skupine, ki združujejo veliko občin, kažejo na velike podobnosti v prostoru, medtem ko male skupine največkrat izpostavljajo morebitne prostorske posebnosti, ki se kažejo kot prednosti ali izzivi prostorskega razvoja in lahko pomembno vplivajo na morebitne spremembe rabe prostora. Primer je povezovanje nekaterih alpskih občin (Bohinj (oznaka na sliki 6: 4), Bovec (6), Kranjska Gora (53), Jezerško (163) in Solčava (180)), za katere so značilni nekateri omejitveni dejavniki razvoja, predvsem večje površine nerodovitnih in za gradnjo manj primernih površin, v skupino S3. Opaziti je tudi prostorsko sestavino prepoznanih skupin. Med skupinami lahko ločimo tiste s PE, razpršenimi po celotnem obravnavanem območju (na primer S5, S6), ter tiste, katerih PE so strnjene le na delu obravnavanega območja (na primer S8 in S12), na kar vplivajo predvsem naravnogeografske danosti prostora.

Dobljene homogene skupine je mogoče oceniti glede na število PE, ki jih skupina združuje, pa tudi glede na značilne vrednosti skupin (preglednica 3). Ker so vrednosti skupin izračunane iz ‚normaliziranih‘ kazalnikov, je analizo skupin smiselno dopolniti še z izračunom statistik iz dejanskih vrednosti kazalnikov (slika 9). Šele na podlagi teh podatkov je mogoče realno ovrednotiti in določiti poglobljene lastnosti posameznih skupin ter s tem določiti tipologijo obravnavanih PE. Na podlagi dejanske vrednosti, ki jih kazalniki zavzemajo po skupinah in izračunanih značilnih statistik (minimum, maksimum, srednja vrednost in standardni odklon) po skupinah, je bil izveden postopek prepoznavanja skupin. Iz dvanajstih skupin je bilo prepoznanih sedem tipov občin oziroma tipov pretežne rabe prostora (slika 8), pomembnih za členitev prostora pri analizi spreminjanja rabe prostora: občina s pretežno urbano rabo prostora, občina mešanih rab prostora z večjim urbanim središčem, občina s pretežno gozdno rabo

prostora in večjim urbanim središčem, občina z zmerno kmetijsko rabo prostora, občina s pretežno gozdno rabo prostora, občina s pretežno kmetijsko rabo prostora in občine s prostorskimi omejitvami, ki se nanašajo predvsem na visok delež ostalih, za gradnjo manj primernih in nerodovitnih površin. Pokazalo se je, da je mogoče nekatere manjše skupine združiti, saj jih povezujejo podobne značilnosti, razlike pa tudi niso dovolj velike, da bi lahko bistveno vplivale na spreminjanje rabe prostora. Primer so skupine S9, S10 in S11, ki se lahko združijo v skupni tip urbanih občin, saj občine teh skupin združujejo podobne lastnosti z vplivom na spremembe rabe prostora.

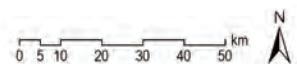


### Legenda

IME KATEGORIJE (število občin v skupini)

- občina s pretežno urbano rabo prostora (15)
- občina mešanih rab prostora z večjim urbanim središčem (28)
- občina s pretežno gozdno rabo prostora in večjim urbanim središčem (22)
- občina z zmerno kmetijsko rabo prostora (50)
- občina s pretežno gozdno rabo prostora (51)
- občina s pretežno kmetijsko rabo prostora (39)
- občina s prostorskimi omejitvami (5)
- občinska meja

Vir: Geodetska uprava in Statistični urad Republike Slovenije.

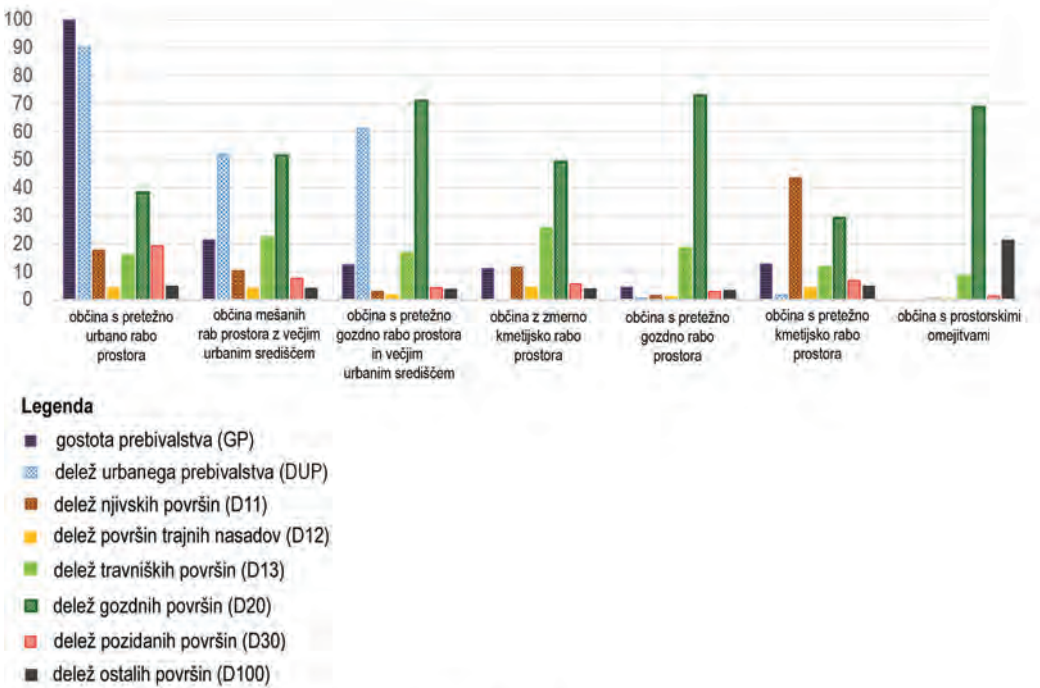


Slika 8: Občine po predlagani tipologiji pretežne rabe prostora, Slovenija, 2012.

Značilnosti prepoznanih tipov pretežne rabe prostora in razlike med njimi so ponazorjene na sliki 9 z grafičnim prikazom izračunanih srednjih vrednosti uporabljenih osmih kazalnikov. Povprečna vrednost posameznega kazalnika je izračunana glede na njegove dejanske vrednosti v vseh PE istega tipa pretežne



rabe prostora. Zaradi skupnega prikaza kazalnikov po tipih pretežne rabe prostora in zato, da so vrednosti kazalnikov primerljive, so za kazalnik gostote prebivalstva prikazane ‚normalizirane‘ vrednosti med 0 in 100.



Vir: Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano in Statistični urad Republike Slovenije.

Slika 9: Prikaz povprečnih vrednosti uporabljenih kazalnikov po tipih pretežne rabe prostora, Slovenija, 2012.

## 6 SKLEP IN RAZPRAVA

V prispevku je najprej izdelan pregled izbranih obstoječih metod (klasifikacija PE po Eurostatovi metodi, metodi OECD in po prevladujoči pokrovnosti prostora iz projekta ESPON EU-LUPA) za določanje homogenih skupin PE. Analiza prednosti in slabosti obstoječih metod je pokazala, da nobena izmed analiziranih metod ne zagotavlja ustrezne členitve prostora, ki je nujna za proučevanje rabe prostora in njegovih sprememb. Zaradi izbire kazalnikov in izvedbe klasifikacije na podlagi le enega kazalnika obstoječe metode ne omogočajo določitve tipologije, ki bi bila primerna za nadaljnje analize sprememb rabe po prostoru. Uporabljeni kazalniki so velikokrat pogojeni z velikostjo PE, hkrati pa uporaba le enega kazalnika ne omogoča natančnega opisa prostorskih značilnosti z vplivom na spremembe rabe prostora. Ob tem so nekatere metode pogojene z uporabo posameznega podatka, kar onemogoča prilagoditev metode izbrani prostorski ravni raziskave.

V nadaljevanju je predlagana lastna metoda klasifikacije za določanje tipologije pretežne rabe prostora, ki temelji na nenadzorovani klasifikaciji večkanalnih digitalnih podob. Za klasifikacijo PE je bilo upo-

rabljenih osem izbranih kazalnikov (preglednica 2), ki podrobno opisujejo lastnosti prostora z vplivom na stanje in spremembe rabe prostora, na podlagi katerih je mogoče prostor členiti v homogene skupine PE, ki jih povezujejo enotne prostorske značilnosti z vplivom na rabo prostora. Kazalniki so bili oblikovani kot posamezni kanali digitalne rastrske podobe, ki je bila v nadaljevanju klasificirana z algoritmom nenadzorovane klasifikacije ISODATA. Predlagana metoda klasifikacije PE je bila uspešno preizkušena na primeru določitve tipov pretežne rabe prostora v Sloveniji. Rezultat nenadzorovane klasifikacije slovenskih občin je dvanajst homogenih skupin občin z najvišjo stopnjo povezanosti občin znotraj skupin in najnižjo stopnjo povezanosti med občinami različnih skupin. Iz dvanajstih skupin je bilo s postopkom prepoznavanja skupin opredeljenih sedem značilnih tipov pretežne rabe prostora.

Predlagana metoda odpravlja večino pomanjkljivosti obstoječih metod. Izbira kombinacije osmih kazalnikov omogoča podroben opis PE glede pretežne rabe prostora. Uporaba kazalnika, ki ni vezan na velikost PE (delež urbanega prebivalstva), odpravlja vpliv velikosti PE na klasifikacijo, algoritem ISODATA pa na podlagi iskanja najboljše podobnosti pri razvrščanju PE v homogene skupine podaja optimalno členitev prostora, brez subjektivnega vpliva uporabnika. Izbira števila skupin ob tem dodatno omogoča prilagoditev klasifikacije različnim prostorskim ravnom obravnave. Predlagana metoda omogoča tudi enostavno ponovljivost ter prilagodljivost obravnavanemu območju, izbrani prostorski enoti in razpoložljivim podatkom. Metoda je uporabna na vseh prostorskih ravneh, za različne PE od rastrskih celic, naselij, občin do regij, držav itd.

Pri izvedbi klasifikacije PE se je dodatno pokazalo, da bi bilo v klasifikacijo smiselno vključiti še nekatere kazalnike, ki opisujejo samo spreminjanje rabe prostora (deleži sprememb, sprememba intenzitete rabe prostora itd.), s čimer bi vsekakor izboljšali dobljeno tipologijo pretežne rabe prostora. Izbira boljših, še primernejših ali dodatnih kazalnikov bo predmet nadaljnjih raziskav.

## Literatura in viri:

Glej literaturo na strani 560.



Konjar M., Zavodnik Lamovšek A., Grigillo D. (2017). Use of unsupervised classification for the determination of prevailing land use topology. Uporaba nenadzorovane klasifikacije za določanje tipologije pretežne rabe prostora. *Geodetski vestnik*, 61 (4), 541–581.

DOI: 10.15292//geodetski-vestnik.2017.04.541-581

**Asist. Miha Konjar, univ. dipl. inž. geod.**

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo  
Zoisova cesta 12, SI-1000 Ljubljana  
e-naslov: miha.konjar@fa.uni-lj.si

**Asist. dr. Dejan Grigillo, univ. dipl. inž. geod.**

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

**Doc. dr. Alma Zavodnik Lamovšek, univ. dipl. arh.**

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

# ANALIZA IN KARTOGRAFSKI PRIKAZ DEJAVNIKOV VPLIVA NA DAVČNI IZPLEN NADOMESTILA ZA UPORABO STAVBNEGA ZEMLJIŠČA

# ANALYSIS AND CARTOGRAPHIC PRESENTATION OF FACTORS IMPACTING TAX YIELD FROM THE CHARGE FOR THE USE OF BUILDING GROUND

Simon Starček, Dušan Petrovič, Andreja Cirman

UDK: 004.65:528.9:336.22:332.21  
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01  
Prispelo: 10. 7. 2017  
Sprejeto: 21.11. 2017

DOI: 10.15292//geodetski-vestnik.2017.04.582-613  
SCIENTIFIC ARTICLE  
Received: 10. 7. 2017  
Accepted: 21.11. 2017

## IZVLEČEK

Prihodki od nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča, kot oblike davka na stavbna zemljišča, so eden najpomembnejših davčnih prihodkov lokalnih skupnosti v Sloveniji. Za sistem nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča velja, da je zelo neenoten med občinami po vseh davčnih elementih. V članku na podlagi analize odlokov o nadomestilu za uporabo stavbnega zemljišča 211 občin identificiramo ter empirično preverjamo zakonsko in od občin arbitrarno določene dejavnike vpliva na davčni izplen nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča. Z metodo multiple regresije in geografske obtežene regresije analiziramo vpliv izbranih dejavnikov na nacionalni ravni oziroma na ravni lokalnih skupnosti. Rezultati prve tovrstne raziskave so v podporo lokalnim skupnostim, načrtovalcem in odločevalcem na področju davčne politike. Rezultate v članku predstavljene raziskave prikazujemo tudi na tematskih kartah, s katerimi analiziramo prostorsko porazdelitev obravnavanih dejavnikov vpliva na davčni izplen nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča. Prav dostop do podatkov ter ustrezne metode prikaza prostorskih in drugih podatkov namreč pomembno vplivajo na učinkovitost in pravilnost odločitev ter komunikacij z deležniki na področju obdavčitve nepremičnin.

## KLJUČNE BESEDE

obdavčitev nepremičnin, nadomestilo za uporabo stavbnega zemljišča, multipla regresija, geografska obtežena regresija, tematske karte

## ABSTRACT

Revenue from the charge for the use of building ground as a type of tax is one of the most important sources of tax revenue for local communities in Slovenia. The system of charge for the use of building ground is greatly lacking in uniformity among municipalities in terms of all tax elements. In this paper, municipal ordinances on charges for the use of building ground in 211 municipalities are analysed to identify and empirically examine statutory factors and factors arbitrarily laid down by municipalities that impact tax yield from the charge for the use of building ground. The methods of multiple regression and geographically weighted regression were used to analyse the impact of the selected factors at the national level or the level of local communities. The results of the first study of this kind provide support to local communities, planners and decision-makers in the sphere of tax policy. The results of the study presented in this paper are also shown on thematic maps, by means of which we analyse the spatial distribution of the factors that impact the tax yield from the charge for the use of building ground. Access to data and a suitable method of representing spatial and other data are two things that greatly influence effective and correct decision-making and communication with stakeholders in the sphere of property taxation.

## KEY WORDS

property taxation, charge for the use of building ground, multiple regression, geographically weighted regression, thematic maps



## 1 INTRODUCTION

The transition from an area-based system of property taxation to an ad-valorem system of property taxation poses a great challenge for most countries in Eastern and Central Europe. Moreover, these countries also face the issues of excessively arbitrary and fragmented tax arrangements. In Slovenia, the existing system of levying property charges is out-dated, inconsistent, non-transparent, lacks uniformity and is ill-adjusted to the new economic conditions (Government of the Republic of Slovenia, 2013). In this regard, Zemljak (2013) argues that the charge for the use of building ground is not an appropriate basis for property taxation and points out that the administration of the charge system is largely at the arbitrary discretion of municipalities. Igličar (2012) emphasizes that the charge for the use of building ground is a typical institution of the collective ownership concept rather than the established system of private ownership. Moreover, the Constitutional Court of the Republic of Slovenia has in several instances found municipal ordinances on charges for the use of building ground to be constitutionally contentious. Given the importance of revenue from charge for the use of building ground, this also poses a significant risk for the fiscal stability of municipalities. In the past two decades, Slovenia has carried out a number of activities to build a contemporary property taxation system based on the market situation and replace the existing system, including the charge for the use of building ground. The Real Property Tax Act (Zakon o davku na nepremičnine, 2013) was the first systemic law to affect comprehensive and uniform regulation of property taxation. However, a decision of the Slovenian Constitutional Court's (Ustavno sodišče RS, 2014) fully repealed the Real Property Tax Act and led to the reintroduction of the charge for the use of building ground.

The charge for the use of building ground is a mandatory charge which has all the elements of a tax on the use of building ground in specified areas. First introduced in the mid-1980s, the charge represents one of the most important sources of fiscal original revenue for local communities in Slovenia. The effective form of the charge for the use of building ground is stipulated in the 1984 Construction Land Act (Zakon o stavbnih zemljiščih, 1984) and the 1986 Agreement on harmonizing the criteria for defining areas subject to charge for the use of building ground and criteria for the assessment of the charge (Dogovor o ..., 1986). The 1997 Construction Land Act (Zakon o stavbnih zemljiščih, 1997) retained the charge for the use of building ground only temporarily; as a transitional arrangement, until a new, updated property taxation has been legislated. The system of charge for the use of building ground is characterized by the lack of uniformity across municipalities. The analysis of municipal ordinances on charges for the use of building ground carried out in 211 municipalities in Slovenia (LAU-2) which levy the charge shows that the approaches of municipalities vary by all tax elements. The level of the charge is calculated with a scoring method where a certain value is attributed to one point. Municipal ordinances determine the number of points by individual criteria depending on the attributes of a property and its advantages or disadvantages. These criteria vary among municipalities due to natural, spatial, population, developmental, demographic and other factors. In accordance with the law, municipalities mostly take into account the minimum range of criteria, which includes the availability of public utilities on the building ground, location of the building ground, intended use and rational exploitation, and exceptional advantages with regard to generating income from economic activities. In addition to this, municipalities take into consideration a number of other factors which vary among municipalities. They also do not share a common approach to determining the number of points according to individual

criteria or the value of one point. Municipalities also have different ways of determining allowances or exemptions from the charge.

According to data of the Ministry of Finance (2017), revenue from the charge for the use of building ground in 2016 averaged at 81 % of total municipal revenues from real property tax or 15.4 % of total municipal tax revenues. Despite the social, economic, legal and tax changes, the system of charges for the use of building ground has not changed much since its establishment to date. The charge for the use of building ground is levied in 211 local communities across Slovenia except in the Municipality of Rogašovci.

This paper identifies and empirically examines the factors impacting tax yield from the charge for the use of building ground at the national level and at the level of local communities. The aim of the study is to examine the impact of statutory factors and factors arbitrarily laid down by municipalities which impact the assessment of the charge for the use of building ground. An empirical analysis is used to test the hypothesis whether the key determinants impacting the level of assessed charge for the use of building ground are the factors laid down by the law or the factors laid down at the arbitrary discretion of municipalities. Thus, the goal of the study is to establish the correlation between the amount of assessed charge for the use of building ground per capita and the abundance of assessed charge for the use of building ground in relation to the total municipal tax revenue with the selected impact factors. The findings of this study should contribute to the debate on whether the charge for the use of building ground is a suitable way of taxing property, by shedding light on factors with the heaviest impact on the selected dependent variables and on whether their impact varies across space.

The scope of the influence factors examined throughout 211 municipalities demands the results be efficiently displayed to ensure qualitatively better comprehension. Our aim is to display the spatial patterns and principles of the examined influence factors through cartographic representations. The latter serve as an aid in analysing the spatial shifting of influence factors, as well as further researching and integrating the obtained results with demographic, environmental, fiscal and other municipal characteristics and their associated variables. The selected cartographic representations also enable the efficient depiction and comprehension of the spatio-temporal changes of the examined phenomena, ensure a more in-depth insight into the spatial relations entertained between the examined phenomena, as well as an analysis of the effects of systemic changes in the area in question. They enable the shaping of new knowledge, influence the increasing of awareness of fiscal policy and strategy makers concerning the most important factors that influence tax revenues on a national, as well as on a local level. This type of cartographic representations enable the strengthening of a dialogue between stakeholders in an area in question, and offer support to decision-makers in matters concerning property taxation. They represent an active response to the challenge of increasing the accessibility and utility of the results of the executed spatial analysis for the professional and lay public. The selected cartographic representations also offer support to the visual analysis and assessment of the hypotheses presented in the present article.

## 2 REVIEW OF RESEARCH TO DATE

Property taxation systems have been studied in numerous scientific studies (Almy, 2001; Bahl, Martinez-Vazquez and Youngman, 2010; Bird and Slack, 2007; Cho, Roberts and Lambert, 2017; Dove, 2017;

Haveman and Sexton, 2008; Hou, Ren and Zhang, 2015; Mirrlees et al., 2011; Salm, 2017; Slack and Bird, 2014). Internationally, many studies have been conducted on factors impacting the tax base and consequently the tax burden related to property taxation. Apart from studies on the effect of property values and rent levels on property tax revenue (Anderson and McMillen, 2010; Bai, Li and Ouyang, 2013; Boyd, 2010; Charlot, Paty and Visalli, 2008; Lutz, 2008), many studies have been carried out dealing with the impact of a number of other factors on property tax revenues, e.g. the impact of employment changes on revenue from property taxation (Liro, Naroff and Fuchs, 1983), the effect of residential investment on nearby property values and revenue from property taxation (Cui, 2017; Ding, Simons and Baku, 2000; Vandegrift, 2016), the impact of brownfield areas on the value of property and tax revenue (Bardos et al., 2016; Haninger, Ma and Timmins, 2012; Mihaescu and vom Hofe, 2013) and the effect of new sports facilities on property values and tax revenue (Ahlfeldt and Kavetsos, 2011; Feng and Humphreys, 2012; Humphreys and Nowak, 2017). In addition to micro factors related to an attribute of a particular property or type of property, a number of studies also focus on macro factors; the impact of various social and economic factors at the state level and local level on revenue from property taxation (Dornfest and Bennett, 2012), for example the effect of population ageing (Das-Gupta, 2017; Felix and Watkins, 2013), the quality of government services (Lightner et al., 2012), the economic crisis (Alm and Leguizamon, 2017; Dadayan, Stenson and Boyd, 2012) and consumer spending (Surico and Trezzi, 2015). So far, most research on the charge for the use of building ground in Slovenia (Hašaj, 2002; Janež, Bogataj and Drobne, 2016; Kobetič, 2015; Malus, 2005; Modrijan, 2005; Polajnar, 2008; Rakar, Černe and Šubic Kovač, 2008; Viler, 2005; Živec, 2010) was focused on the examination of the technical bases for levying the charge, legal aspect of municipal ordinances, historical development of the charge and its implementation, and the comparison of municipal ordinances on the charge and the fiscal and guiding role of the charge for selected municipalities. Numerous studies examining the importance of GIS technology, spatial analyses and the cartographic representation of data in the field of property taxation have been conducted (Eeckhout and Guner, 2014; Franzsen and Youngman, 2009; Hamid et al., 2016; Javed et al., 2018; Morgan, Jensen and McLean, 2005; Payton, 2006; Smith Patterson and Siderelis, 1999; Talen, 1998).

### 3 EMPIRICAL RESEARCH

#### 3.1 Methodology

The system of charge for the use of building ground is a heterogeneous system with various factors impacting its assessment or the revenue it generates. This is why an analysis of such a system should involve a holistic approach that takes into account as many relevant factors as possible (De Cesare and Ruddock, 2003; Famuyiwa and Otegbulu, 2012). The correlation between data on the assessment of the charge for the use of building ground and selected factors is analysed by using multivariate regression analysis at the level of the state. However, as such an approach does not give insight into the characteristics and impacts of individual examined factors at the local level, the analysis is extended to geographically weighted regression. Geographically weighted regression is a local spatial statistical method for the research of spatial heterogeneity or nonstationarity, which can be used to evaluate the predictive power of the regression model for each individual spatial unit and each explanatory variable (Brunsdon, Fotheringham and Charlton,

1996; Charlton and Fotheringham, 2009; Liu, Khattak and Wall, 2017; Verbič and Korenčan, 2017). In the local regression model, the multiple regression equation is estimated for each spatial unit individually.

### 3.2 Data used

The data used in the study is taken from the year 2014 when a new systemic regulation of property taxation came in force. In 2013 numerous municipalities carried out changes in the system of the charge for the use of building ground. Later than that (and until the year 2017) changes of the system of the charge for the use of building ground were not possible due to the Slovenian Constitutional Court order (Ustavno sodišče RS, 2014). The data from the year 2014 represents an actual state of affairs and is as such a comparative starting point for the planned new systemic regulation of property taxation in Slovenia. The study was carried out using data from the reference data sets of the Statistical Office, Surveying and Mapping Authority, Agency for Public Legal Records and Related Services, Ministry of Finance and the Financial Administration of the Republic of Slovenia. All data was collected at the level of individual municipalities.

### 3.3 Model building

Variables were selected on the basis of an examination of the legislative framework which defines certain factors that determine how municipalities develop the method, type and scale of charge assessment, and on the basis of an analysis of all municipal ordinances, including the criteria arbitrarily laid down by the municipalities themselves. The result of this arbitrariness is great heterogeneity of the charge system among municipalities. What also needs to be taken into account is heterogeneous structure of the phenomena observed: municipality surface area, number of inhabitants etc. A relevant selection of explanatory variables is therefore highly important, as they should be representative indicators of impacts on the selected dependent variables, assuming that the latter are impacted by others factors to a lesser degree. For the purposes of the study, two regression models were built. In model A, the dependent variable is the natural logarithm of the amount of assessed charge for the use of building ground per capita in a municipality, and it is used to examine which factors impact on the average level of assessed charge for the use of building ground. Model A takes the following form:

$$\ln(y_1) = \dot{b}_0 + \dot{b}_1 x_1 + \dot{b}_2 x_2 + \dots + \dot{b}_{11} x_{11} + \dot{b}_{12} d_1 + \dot{b}_{13} d_2 + \varepsilon_1. \quad (1)$$

In model B, the dependent variable is the natural logarithm of the efficacy of assessed charge for the use of building ground in relation to the total tax revenue in a municipality, and it is used to examine what factors impact the efficacy of the charge within the structure of municipal financial revenue. Model B has the following form:

$$\ln(y_2) = \ddot{b}_0 + \ddot{b}_1 x_1 + \ddot{b}_2 x_2 + \dots + \ddot{b}_{11} x_{11} + \ddot{b}_{12} d_1 + \ddot{b}_{13} d_2 + \varepsilon_2. \quad (2)$$

Values of dependent variable are not in normal distribution (frequency distribution is asymmetric towards the left), therefore we chose the values' natural logarithm and by doing so ensure a normal distribution of values. The same explanatory variables are used in both models (Table 1).

Buildings and parts of buildings for residential, commercial and industrial use, energy use, bars, restaurants and shops, and offices are classified with regard to their actual use in accordance with the clas-

sification of types of construction (Surveying and Mapping Authority of the RS, 2013). Land for the construction of buildings is building ground specified in the municipal spatial plan, or building ground within areas specified in the spatial elements of long-term and medium-term municipal land use plans, on which the construction of buildings is in fact possible or permissible as specified by the municipality. The development coefficient of municipalities is laid down by the law according to three groups of indicators: indicators of the development, degree of its endangerness and developmental potential of municipalities. The dummy variable  $d_1$ : Municipality status, is used to describe two types of status - the status of a city municipality (value 1; 11 municipalities in total) and other municipalities without this status (value 0). The dummy variable  $d_2$ : Exceptional advantage criterion (value 1: the municipality applies the exceptional advantage criterion; value 0: the municipality does not apply the criterion) refers to exceptional advantages for generating income from economic activities. Municipalities mostly consider the advantages of the location of business premises with regard to its potential for generating income from certain activities (particularly commerce, hospitality, crafts and trades, insurance business, financial services, service stations, gaming and similar) and its potential for intensive use of public utilities and other facilities and infrastructure that may reduce the costs of products and services.

Table 1: Symbols and description of explanatory variables.

Variable	Symbol	Description
$x_1$	LP_dec_all	Number of decisions for legal persons relative to the total number of legal persons in a municipality.
$x_2$	NP_dec_all	Number of decisions for natural persons relatives to the total number of inhabitants in a municipality.
$x_3$	NP_RESID	Average surface area of building for residential use.
$x_4$	LP_area_B	Average surface area of building for commercial use.
$x_5$	Coef_d	Development coefficient of municipality.
$x_6$	IND	Surface area of buildings for industrial use in relation to the surface area of all buildings (in %).
$x_7$	ENERG	Surface area of buildings for energy-supply use in relation to the surface area of all buildings (in %).
$x_8$	BAR_SHOP	Surface area of bars, restaurants and shops in relation to the surface area of all buildings (in %).
$x_9$	OFFICE	Surface area of offices in relation to the surface area of all buildings (in %).
$x_{10}$	LCB	Surface area of land for the construction of buildings in relation to the surface area of the municipality (in %).
$x_{11}$	Revenue_ave	Average revenue of business entities in a municipality (in EUR).
$d_1$	Status_mun	Municipality status.
$d_2$	Advantage	Exceptional advantage criterion.

### 3.4 Cartographic presentation of factors impacting tax yield from the charge for the use of building ground

Cartography, the discipline dealing with the art, science and technology of making and using map, has since the dawn of modern civilisation been closely intertwined with the domain of real property manage-

ment, the right, restriction and responsibility, connected with real property, and real property valuation. The necessity for a user-appropriate representation of spatial data is rooted early in the process of human development and interpersonal communication (Kozmus Trajkovski, Domajnko and Petrovič, 2015; Ward Aber and Ward Aber, 2017). Cartography enables the proper abstraction (coding) of the actual state of the environment into a form that is suitable for transmission to the end user (map), as well as ensuring modes and possibilities for the end user to appropriately and correctly interpret the map (decoding), thereby gaining knowledge about the actual state of the area under examination (Petrovič, 2006). Franzen and Youngman (2009) highlight the significance of ensuring, making available and cartographically depicting data from the domain of property taxation with the aim of better understanding the situation, more effectively understanding the differences between systems in various areas, and providing support to the improvement of the property taxation system. Smith Patterson and Siderelis (1999) highlight the importance of GIS technologies in the process of shaping and executing policies and strategies, as well as the representation of data in the domain of property taxation, with the aim of qualitatively better decision-taking and more effective cooperation with the general public.

When designing thematic maps (classic, electronic) attention to the design of the map's principal elements is necessary (Duka, 2007). Here, cartography utilises cartographic signs to ensure a uniform understanding of geographical diversity or individual real-world phenomena. These signs represent a special graphic language and enable communication between the map maker and its end user (Petrovič, 2006; Vasilev, 2006). We can also utilise them for the depiction of phenomena that are undetectable in real world, we can show their dynamics of changes, and mark the qualitative and quantitative characteristics of the displayed features. Colours, dots (Slocum et al., 2009), or simple geometric shapes (MacEachren, 1994) are, for example, used to that end.

Cartographic representations of the results of the analysis of influence factors (the value of the regression coefficients of particular variables) of the charge's tax yield are intended for specialised, as well as lay, public with the aim of more efficiently understanding the spatial distribution of the examined influence factors. Based on the objective, criterion and type of data that concerns the administrative units (municipalities), and the representation's target public, the cartogram has been selected as the most adequate means of presenting the results of the executed spatial analysis (Forrest, 2015; Hickin, 2014; Slocum et al., 2009). The values of the regression coefficients are here distributed into seven value segments (the municipality that does not dispense any charge is marked with the colour grey). It should be taken in consideration that value segments are of equal width. Each value segment is assigned one colour, namely in the range from dark blue to dark red, wherein the latter represents the value of the observed phenomenon in the highest value segment, which is marked in the key. A cartographic representation in the scale of 1 : 1,200,000 enables the display of the whole examined area (all municipalities). To ensure more efficient orientation, cartograms are equipped with the municipalities' initials (i.e.: LJ - The Municipality of Ljubljana, CE - The Municipality of Celje etc.).

## 4 RESULTS

### 4.1 Results of multiple regression analysis

Table 2 shows the data on regression models. Based on the results given by the regression analysis in both models, it was established that municipalities which assess the charge for the use of building ground to



a higher share of legal persons in the municipality have higher revenue from the charge for the use of building ground per capita, and higher efficacy of the assessed charge in relation to the total tax revenue of the municipality. The fact that legal persons are the predominant contributors of the charge is also confirmed by the insignificance of the coefficient for variable  $x_2$ , given that taxing a higher percentage of natural persons in the municipality has no statistically significant effect on the efficacy of the tax collected. The analysis also reveals that in both models, the impact of the average surface area for residential use per taxpayer - natural person - is negative and statistically highly significant, indicating that municipalities adjust the tax burden regressively according to the size of residences.

Table 2: Values of estimated regression coefficients and value of t-statistics.

	Model A ( $R^2 = 0.634$ )					Model B ( $R^2 = 0.661$ )				
	B	St. error	$\beta$	$t$	Sig.	B	St. error	$\beta$	$t$	Sig.
<b>Constant</b>	2.177	0.360		6.045	0.000	0.269	0.360		0.748	0.455
$x_1$ LP_dec_all	0.014	0.005	0.160	2.861	0.005	0.011	0.005	0.124	2.306	0.022
$x_2$ NP_dec_all	0.002	0.005	0.022	0.340	0.734	-0.004	0.005	-0.056	-0.888	0.376
$x_3$ NP_RESID	-0.005	0.001	-0.246	-4.353	0.000	-0.006	0.001	-0.297	-5.464	0.000
$x_4$ LP_area_B	-7.6210 <sup>-6</sup>	0.000	-0.017	-0.365	0.715	-2.5510 <sup>-6</sup>	0.000	-0.055	-1.223	0.223
$x_5$ Coef_d	1.038	0.248	0.253	4.185	0.000	1.387	0.248	0.362	5.596	0.000
$x_6$ IND	0.025	0.005	0.330	5.424	0.000	0.025	0.005	0.314	5.365	0.000
$x_7$ ENERG	0.142	0.027	0.256	5.194	0.000	0.122	0.027	0.212	4.467	0.000
$x_8$ BAR_SHOP	0.031	0.009	0.187	3.509	0.001	0.025	0.009	0.147	2.873	0.005
$x_9$ OFFICE	0.045	0.022	0.138	2.033	0.043	0.055	0.022	0.160	2.451	0.015
$x_{10}$ LCB	0.016	0.015	0.050	1.102	0.272	0.026	0.015	0.075	1.728	0.086
$x_{11}$ Revenue_ave	-3.0810 <sup>-7</sup>	0.000	-0.114	-1.741	0.083	-3.3310 <sup>-7</sup>	0.000	-0.118	-1.884	0.061
$d_1$ Status_mun	0.455	0.163	0.148	2.790	0.06	0.387	0.163	0.121	2.372	0.019
$d_2$ Advantage	0.075	0.062	0.054	1.200	0.232	0.109	0.62	0.075	1.744	0.083

Note:   The explanatory variable is statistically significant at the 5 % level of significance.

The research results show that more developed municipalities (measured by the development coefficient) collect a higher amount of charge per capita and that their revenue from the charge also accounts for a greater share of municipal tax revenue. Explanatory variables  $x_6$ : IND,  $x_7$ : ENERG,  $x_8$ : BAR\_SHOP and  $x_9$ : OFFICE have an expected statistically significant and relatively strong positive effect on the dependent variable in both models. All four variables above are related to the type of activity conducted by the taxpayers, which is not a criterion with direct grounds in the legislative framework of the charge; it belongs to the set of arbitrary criteria that is very often used at the municipal level. The great significance of their role is shown by the relatively high value of the standardized coefficient  $\beta$ , which is in the top range by absolute value for energy-supply and industrial surface areas and thus one of the most important coefficients that can help explain the volume of charge yield among municipalities. The surface area of land for the construction of buildings in relation to the surface area of the municipality ( $x_{10}$ : LCB) has no statistically significant effect on the dependent variable in either of the

models. This statistically insignificant result may be attributed to the highly unequal treatment of such building ground among municipalities. Even though it is a statutory obligation, 75 municipalities out of 211 do not levy the charge for vacant building ground at all or, in some cases, its level or the value of points for vacant building ground is considerably lower than for built-up building ground (e.g. in the city municipalities of Maribor, Ptuj, Celje and Slovenj Gradec).

In view of the positive and statistically significant effect of the development coefficient of municipalities on both dependent variables, the status of city municipality also has an expected positive and statistically significant effect on the dependent variable in both regression models. The research results show that, in both models, the dummy variable for the presence of the criterion related to advantages for generating income ( $d_2$ ) has no statistically significant effect on the dependent variable. This additionally proves the effect of municipal arbitrariness when assessing the charge for the use of building ground; municipalities more often take into account the activity of business entities, which is not laid down as a criterion by law, rather than its location and advantages for generating income, as could be expected from the legal basis.

## 4.2 Results of geographically weighted regression

Multiple regression analysis was used to analyse the factors impacting tax yield from the charge for the use of building ground at the national level (referred to below as the global regression model). Geographically weighted regression was used to analyse the characteristics of the model and the explanatory variables at the level of individual municipalities (local regression model). Here, the natural logarithm of the efficacy of assessed charge for the use of building ground in relation to the total tax revenue in a municipality was selected as the dependent variable (Model A). The application of geographically weighted regression should be based on the right choice of baseline assumptions associated with the factors considered (particularly the non-homogeneity of the universe of discourse) (Charlton, Fotheringham and Brunson, 2006; Fábíán, 2014; Lin and Wen, 2011; White, 2010). The analysis of the spatial autocorrelation shows that it is most appropriate to take the fixed kernel with bandwidth  $\beta = 30,5$  kilometres. The bandwidth  $\beta$  has been chosen on the basis of the analysis of neighbouring municipalities and the goal, with the view of  $AIC_C$  (corrected Akaike Information Criteria) value being as close to zero as possible (Grineski, Collins and Olvera, 2015). The spatial weights are defined in accordance with the Gaussian kernel method (Yang et al., 2016):

$$w_{i,j} = e^{-\beta d_{ij}^2}, \quad (3)$$

where  $d_{ij}$  is the distance between the centroid of municipality  $i$  and  $j$ . In accordance with recommendations (ESRI, 2016; Scott and Bennett, 2012), the dummy variables  $d_1$  and  $d_2$  were not included in the model. To avoid spatial autocorrelation and local multicollinearity, the variables  $x_2$ : NP\_dec\_all and  $x_3$ : OFFICE were not applied in the local model. An analysis of standard deviations of prediction errors in the local regression model as constructed above shows them to be within acceptable limits for a great majority of municipalities and that the model is reliable. Results of geographically weighted regression analysis are shown in Table 3.

Table 3: Results of geographically weighted regression analysis.

Data	Value	Min.	Max.
$R^2$	0.748	0.523	0.974
<b>Variable</b>	Average value B	Min B	Max B
$x_1$ LP_dec_all	0.0154	-0.0079	0.0447
$x_3$ NP_RESID	-0.0046	-0.0110	0.0003
$x_4$ LP_area_B	$-8.4210^{-6}$	$-3.7610^{-5}$	$3.1510^{-5}$
$x_5$ Coef_d	1.7466	-0.4855	4.0186
$x_6$ IND	0.0309	0.0054	0.0533
$x_7$ ENER	0.1403	-0.6693	0.3489
$x_8$ BAR_SHOP	0.0268	-0.0274	0.0907
$x_{10}$ LCB	0.0351	-0.0554	0.2155
$x_{11}$ Income_ave	$-2.2610^{-7}$	$-1.5410^{-7}$	$9.1910^{-8}$

The values of the determination coefficient for the local regression model show that, on average, it explains the variance of linear correlation between the dependent and selected explanatory variables better than the global model. Most of the unstandardized coefficients of explanatory variables ( $x_1, x_3, x_7, x_8, x_{10}$  and  $x_{11}$ ) take negative as well as positive values. The average values of unstandardized coefficients of explanatory variables in local regression models share the same sign and very similar values, as they do in the case of global models. Next, thematic choropleth maps were used to depict the spatial distribution of the impact of selected explanatory variables at the municipal level which have the strongest statistically significant impact on the dependent variable in the global model, specifically  $x_3$ : NP\_RESID,  $x_5$ : Coef\_d and  $x_6$ : IND.

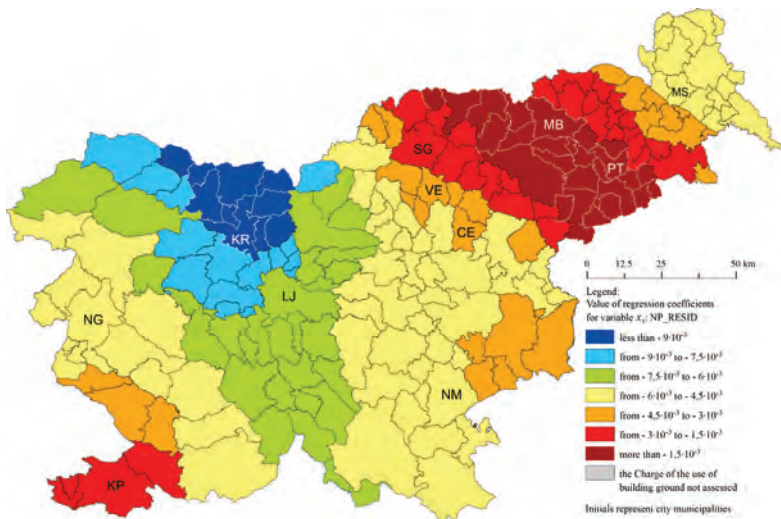


Figure 1: Spatial distribution of the regression coefficients of explanatory variable  $x_3$ : NP\_RESID (number of decisions for natural persons relatives to the total number of inhabitants in a municipality).

Figure 1 shows that the tax burden is adjusted in the most regressive way according to residence size particularly by municipalities in the Gorenjska (blue) and Osrednjeslovenska (green) statistical regions. Municipalities in the Gorenjska statistical region typically have a higher percentage of residences with a larger effective area (above 100 m<sup>2</sup>) than the national average. The opposite can be said about municipalities in the Podravska and Obalno-kraška statistical regions (red), where the tax burden is adjusted to residence size in a slightly less regressive way. In these municipalities, the percentage of residences with an effective area under 100 m<sup>2</sup> is also lower than the national average. In the Podravska statistical region, the percentage of residences in poor condition and the burden of housing costs are even above the national average, whereas for Gorenjska, both indicators are below the national average (Statistical Office of the Republic of Slovenia, 2017). Despite this, the analysis indicates lower regressivity. The cartographic representation in the Figure 1 provide a better understanding of the spatial distribution of values  $B_i$  of explanatory variable  $x_3$ .

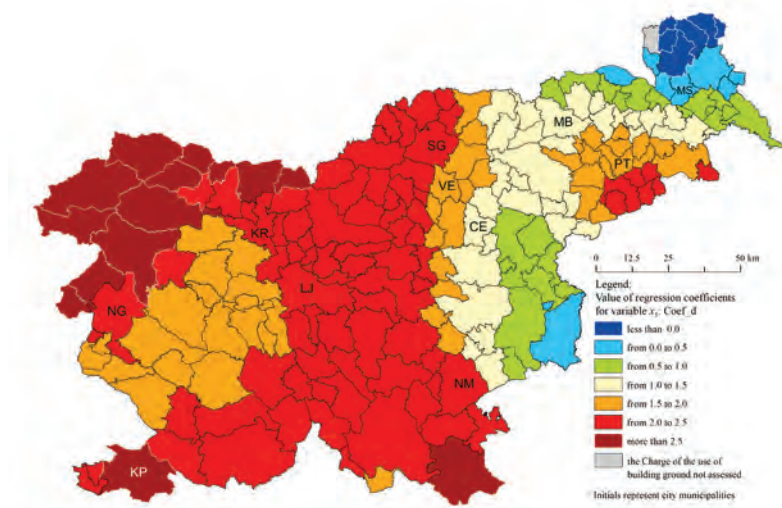


Figure 2: Spatial distribution of the regression coefficients of explanatory variable  $x_3$ : Coef\_d (development coefficient of municipality).

Figure 2 shows that most municipalities in the central and western part of the country strongly link the burden of charge for the use of building ground to their relative development. These municipalities have a typically high percentage of inhabitants with a connection to the public sewerage. The criterion of availability of utilities on the building ground is also the most frequent criterion used by municipalities to assess the level of charge. Areas with a relatively low percentage of inhabitants with a connection to public sewerage (particularly Pomurska, partially Podravska and the eastern end of the Savinjska and Spodnjeposavska statistical regions - blue and green), do not link the burden of charges for the use of building ground to the relative development of the municipality. With the thematic map in Figure 2, we clearly show the change of the impact of the coefficient  $x_3$  in space. There is also possible a more detailed comparative analysis of the factors that influence the development coefficient of municipality (eg. the development level of a public utility infrastructure).

The distribution of regression coefficient values for variable  $x_6$ : IND (Figure 3) indicates the arbitrariness of municipalities as regards the criterion of intended use of building ground, and discrimination by activity. The impact of the explanatory variable  $x_6$ : IND is the strongest in the Podravska, Koroška and Savinjska statistical regions (red), which are characterized by a concentration of metal, metal product and electrical device production and food processing industry. On the other hand, municipalities in central Slovenia (blue) are characterized by the least strong impact of the explanatory variable  $x_6$ : IND. With the proposed colors on a thematic map (Figure 3), we show more clearly the effect of the variable  $x_6$ , such eg. with the data in the table. At the same time, we visual confirm the arbitrariness of municipalities in the selection of criteria.

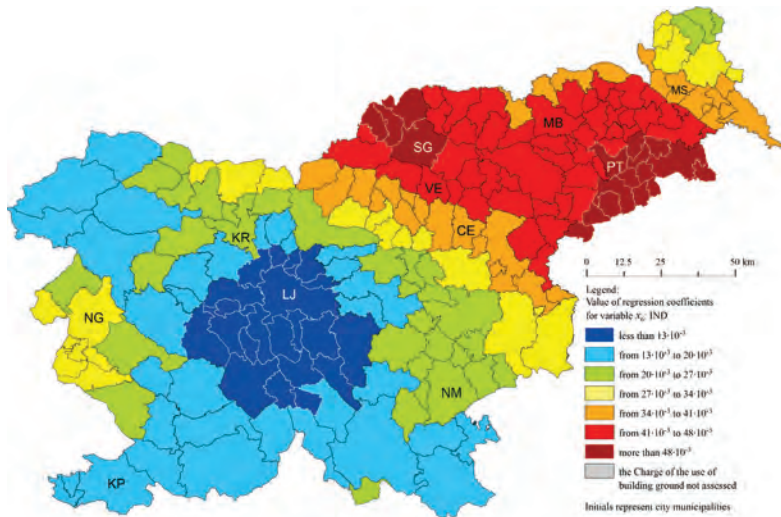


Figure 3: Spatial distribution of the regression coefficients of explanatory variable  $x_6$ : IND (surface area of buildings for industrial use in relation to the surface area of all buildings, in %).

## 5 CONCLUSION AND DISCUSSION

Property taxation systems are subject to constant change, where reforms of property taxation are generally more challenging for political rather than administrative and technical reasons (Brys, 2011; Slack and Bird, 2014). Like many countries in Eastern and Central Europe, Slovenia has for more than a decade been going through the process of changing over from an area-based system of property taxation to a market value-based (ad-valorem) system of property taxation. A major factor of the success of reforming a property taxation system is the quality of the existing system of property taxation. The success of reform also depends on the availability of relevant analyses of the existing and future state of the property taxation system and the presentation of its results.

This paper describes a study of the existing system of property taxation in Slovenia. The study identified and empirically examined the factors impacting tax yield from the charge for the use of building ground at the national and local level. The research results show that, despite the provisions of the Construction



Land Act (1984; 1997) and the Agreement (Dogovor o ..., 1986), municipalities have retained considerable autonomy when it comes to determining the areas eligible for charge payment, the criteria and number of points by individual criteria.

The analysis results confirmed the hypothesis that, in addition to the factors laid down by law, the level of assessed charge for the use of building ground is also significantly impacted by factors laid down at the arbitrary discretion of municipalities. These are mostly factors that take into account criteria related to business activities (industrial activity, bars, restaurants and shops, offices and energy-supply activities). Their impact was furthermore confirmed by the statistically insignificant impact of the factor of exceptional advantage with regard to generating income from economic activities. A great lack of uniformity also marks the treatment of building ground, where plots of building ground with the same surface area within a municipality are usually burdened with different levels of the charge even when enjoying the same or very similar public benefits at a certain location. With this high level of discretion municipalities face potential threats that their charge assessment might be contested by courts due to the lack of legal basis, disproportionate tax burden and unequal treatment of taxpayers. Cartographic representations in the form of a cartogram were created for the representation of the results of the local regression analysis. The chosen approach of cartographic data representation has proven adequate regarding the objective, type of data and end users. The latter is confirmed by the fact that cartographic representations offer a more graphic display of the spatial distribution of the values of the chosen variables' regression coefficients, in contrast with, for example, a tabular representation of data. They enable a qualitatively better interpretation and comprehension of analysis results, as well as the comprehension of examined factors in connection to other spatial phenomena. This is the base upon which the suitability of their future use in the area in question is confirmed. Cartograms represent a starting point for further analyses and serve as support for the fiscal policy and strategy makers on a national, as well as on a local level.

The level of burden varies even more among the municipalities. Levels of the charge for the same type of property can vary by as much as tenfold or even one hundredfold. Attention has frequently been brought to the problem of burden disproportionality, also by the Constitution Court (Decision No. U-I-28/03, No. U-I-286/04, No. U-I-65/04-8, No. U-I-84/05 and others). The Constitutional Court also stated (Decision No. U-I-181/00), that the disproportional burden of the charge could be detrimental to the operations of business entities, which would be difficult to remedy in case of any unlawful section of the ordinance. An unequal burden of the charge can encourage unfair competition, loss of effectiveness and business performance.

Municipalities administer the charge by using their own data sets, which are usually not linked to official data sets and do not meet adequate quality standards. The charge system is managed by means of 211 (or 422 considering natural and legal persons separately) different and unconnected data sets (Grote, Borst and McCluskey, 2015). As a rule, reasons for appeals against decisions on charge assessment relate to incorrect or imperfect assessment of the actual situation. With the number of appeals steadily growing, this entails a major administrative burden and therefore expenses related to appeal processing procedures and the establishment of actual situations. The above risks could also lead to instable revenue from the charge. Inadequate quality of data and possible inconsistency of ordinance provisions with the law or even the Slovenian Constitution could lead to the charge not being levied. Given the importance of



revenue from charges for the use of building ground, this also presents a significant risk for the fiscal situation of municipalities.

The Government of the Republic of Slovenia is attempting to address these risks with a property tax reform, which is also relevant to efforts to improve the structure of individual taxes. Within this framework, Slovenia is planning further reforms of property taxation, in view of the fact that property taxes, as argued by many authors (Arnold, 2008; Arnold et al., 2011, Heady et al., 2009; Johansson et al., 2008), are the least detrimental to economic growth. The aim of reform is to correct the lack of uniformity presented in this paper and establish a modern, value-based tax which can serve municipalities as a both fiscal and spatial instrument. Its introduction could be assisted by the research results presented as support to decision-making processes in the area discussed and the management of challenges involved in introducing a new tax.

The results of this research are usable for all the key stakeholders in the sphere of the charge for the use of building ground. For decision-makers the results are usable in analyses of the actual state of affairs (deviation from the principles of modern taxation system, too strong arbitrariness of municipalities, etc.) and in improving (by standardising the system) the field in consideration. The results are also usable for the supervisory institutions, which can by the use of the results, improve their effectiveness (target orientation of the supervision, integrity and clarity of the system enable quality and right intervention). Municipalities can use the results of the research for the basis of preparation for the change of the charge for the use of building ground. The municipalities can use the results of the research mainly to standardize the system and to eliminate the arbitrariness, which is observed as too great differences in property taxation of similar properties in neighbouring municipalities. By the use of the research results the taxpayers of the charge for the use of building ground get an insight into the area in consideration. The results of the research in this way strengthen taxpayers' active and responsible citizenship, participation and effective social inclusion in the processes of improving the system of the charge for the use of building ground.

## Literature and references:

- Ahlfeldt, G. M., Kavetsos, G. (2011). *Form or Function? The Impact of New Football Stadia on Property Prices in London*. London: London School of Economics, Spatial Economics Research Centre.  
<http://EconPapers.repec.org/RePEc:cep:sercdp:0087> accessed 3. 3. 2016.
- Alm, J., Leguizamón, J. S. (2017). *The Housing Crisis, Foreclosures, and Local Tax Revenues*. *Regional Science and Urban Economics*. In Press.  
 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2017.09.006>
- Almy, R. (2001). *A Survey of Property Tax Systems in Europe*. Ljubljana: Ministry of Finance.
- Anderson, N., McMillen, D. (2010). *Why is the Property Tax so Unpopular? Policy Forum*, 22 (3), 1–5.
- Arnold, J. (2008). *Do Tax Structures Affect Aggregate Economic Growth? Empirical Evidence from a Panel of OECD countries*. OECD Economics Department Working Papers, No. 643. Paris: OECD Publishing.
- Arnold, J. M., Brys, B., Heady, C., Johansson, A., Schwelnuš, C., Vartiā, L. (2011). *Tax policy for economic recovery and growth*. *The Economic Journal*, 121, 59–80.  
 DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1468-0297.2010.02415.x>
- Bahl, R., Martínez-Vázquez, J., Youngman, J. M. (2010). *Whither the property tax: New perspectives on a fiscal mainstay*. In R. Bahl (Ed.), J. Martínez-Vázquez (Ed.), J. M. Youngman (Ed.), *Challenging the Conventional Wisdom of the Property Tax* (pp. 3–14). Cambridge, Massachusetts: Lincoln Institute of Land Policy.
- Bai, C., Li, Q., Ouyang, M. (2013). *Property Taxes and Home Prices: A Tale of Two Cities*. *Journal of Econometrics*, 180 (1), 1–15.  
 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2013.08.039>
- Bardos, R. P., Jones, S., Stephenson, I., Menger, P., Beumer, V., Neonato, F., Maring, L., Ferber, U., Track, T., Wendler, K. 2016. *Optimising value from the soft re-use of brownfield sites*. *Science of The Total Environment*, 563–564, 769–782.  
 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.12.002>
- Bird, R. M., Slack, E. (2007). *Taxing land and property in emerging economies: raising revenue . . . and more?* In G. K. Ingram (Ed.), Y.-H. Hong (Ed.), *Land policies and their Outcomes* (pp. 204–233). Cambridge: Lincoln Institute of Land Policy.
- Boyd, D. J. (2010). *Recession, Recovery, and State and Local Finances*. Conference:

- Effects of the Housing Crisis on State and Local Governments. Washington: Lincoln Institute of Land Policy.
- Brunsdon, C., Fotheringham, A. S., Charlton, M. E. (1996). Geographically weighted regression: A method for exploring spatial nonstationarity. *Geographical Analysis*, 28 (4), 281–298.  
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1996.tb00936.x>
- Brys, B. (2011). Making Fundamental Tax Reform Happen. OECD Taxation Working Papers No. 3. Paris: OECD Publishing.  
DOI: <https://doi.org/10.1787/5kg3h0v54g34-en>
- Charlot, S., Paty, S., Visalji, M. (2008). Assessing the impact of local taxation on property prices: a spatial matching contribution (pp. 1–26). Dijon: Institut National de la Recherche Agronomique - Etablissement National d'Enseignement Supérieur Agronomique de Dijon.
- Charlton, M., Fotheringham, A. S. (2009). Geographically Weighted Regression. White Paper. Maynooth: National University of Ireland Maynooth, National Centre for Geocomputation.
- Charlton, M., Fotheringham, A. S., Brunsdon, C. (2006). Geographically Weighted Regression. Methods Review Papers, NCRM/006. Southampton: University of Southampton, ESRC National Centre for Research Methods.
- Cho, S. H., Roberts, R. K., Lambert, D. M. (2017). A Dual-rate Property Tax: Exploring the Potential for Moderating the Effects of Sprawl on Development. *Applied Spatial Analysis and Policy*, 9 (2), 251–267.  
DOI: <https://doi.org/10.1007/s12061-015-9150-6>
- Cui, H. (2017). Urban Real Estate Tax Reforms in China. In Z. Tang (Ed.), *China's Urbanization and Socioeconomic Impact* (pp. 37–53). Singapore: Springer.  
DOI: [https://doi.org/10.1007/978-981-10-4831-9\\_3](https://doi.org/10.1007/978-981-10-4831-9_3)
- Das-Gupta, A. (2017). Fiscal resources for inclusive growth. In D. Park (Ed.), S.-H. Lee (Ed.), M. Lee (Ed.), *Inequality, Inclusive Growth, and Fiscal Policy in Asia* (pp. 167–201). London: Routledge.
- Dadayan, L., Stenson, B. T., Boyd, D. J. (2012). The Impact of the Great Recession on Local Property Taxes. Albany: University of Albany, The Nelson A. Rockefeller Institute of Government.
- De Cesare, C. M., Ruddock, L. (2003). An Empirical Analysis of a Property Tax System: a Case Study from Brazil. Seminar: Innovations in Local Revenue Mobilization, June 23–24. Washington: World Bank.
- Ding, C., Simons, R., Baku, E. (2000). The effect of residential investment on nearby property values: evidence from Cleveland, Ohio. *The Journal of Real Estate Research*, 19 (1–2), 23–48.
- Dogovor o usklajevanju meril za določanje območij, na katerih se plačuje nadomestilo za uporabo stavbnega zemljišča, in meril za odmero tega nadomestila. Uradni list SRS, št. 19/1986.
- Dornfest, A., Bennett, C. (2012). Factors Affecting the Property Tax: A Media Guide to Property Tax Systems. Kansas City: International Association of Assessing Officers, Fair & Equitable.
- Dove, J. A. (2017). Property Tax Limits, Balanced Budget Rules, and Line-Item Vetoes: A Long-Run View. *Eastern Economic Journal*, 43 (2), 288–317.  
DOI: <https://doi.org/10.1057/s41302-016-0001-1>
- Duka, C. D. (2007). *World Geography*. Maynila: Rex Bookstore, Inc.
- Eeckhout, J., Guner, N. (2014). Optimal Spatial Taxation: Are Big Cities too Small? (pp. 1–41). Bonn: IZA Institute of Labor Economics, IZA Discussion Paper, 8781.
- ESRI (2016). Spatial Autocorrelation (Global Moran's I). <http://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/spatial-statistics/spatial-autocorrelation.htm>, accessed 11. 9. 2016.
- Fabián, Z. (2014). Method of the Geographically Weighted Regression and an Example for its Application. *Regional Statistics*, 4 (1), 61–75.
- Famuyiwa, F., Otegbulu, A. C. (2012). Public water infrastructure in property prices: an environmental valuation approach. *Elixir Infrastructure management*, 51, 11034–11038.
- Felix, A. R., Watkins, K. (2013). The Impact of an Aging U.S. Population on State Tax Revenues. Kansas City, Federal Reserve Bank of Kansas City. *Economic Review*, Fourth Quarter 2013, 95–127.
- Feng, X., Humphreys, B. R. (2012). The impact of professional sports facilities on housing values: Evidence from census block group data. *City, Culture and Society*, 3, 189–200. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ccs.2012.06.017>
- Forrest, D. (2015). Thematic Maps in Geography. *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*, 260–267.
- Franzsen, R. C. D., Youngman, J. M. (2009). Mapping Property Taxes in Africa. Cambridge, Lincoln Institute of Land Policy, Land Lines, July 2009, 8–13.
- Geodetska uprava RS (Surveying and Mapping Authority of the RS) (2013). Metodologija vodenja in vzdrževanja Registra nepremičnin. Ljubljana, Geodetska uprava RS.
- Grineski, S. E., Collins, T. W., Olvera, H. A. (2015). Local variability in the impacts of residential particulate matter and pest exposure on children's wheezing severity: a geographically weighted regression analysis of environmental health justice. *Population and Environment*, 37, 22–43.
- Grote, M., Borst, R., McCluskey, W. (2015). Slovenia. The 2013 Property Tax Act: Evaluation of its Design and the Employed Mass Valuation System. Washington: International Monetary Fund.
- Hamid, Q., Hamid Chauhdry, M., Mahmood, S., Farid, M. S. (2016). Arc GIS and 3D Visualization of Land Records: A Case Study of Urban Areas in Punjab. *National Academy Science Letters*, 39, 4, 277–281.
- Haninger, K., Ma, L., Timmins, C. (2012). Estimating the Impacts of Brownfield Remediation on Housing Property Values. Duke environmental economics working paper series. Durham: Duke University, Nicholas Institute for environmental policy solutions.
- Hašaj, M. (2002). Analiza obračunavanja nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča v izbranih občinah Ljubljanske regije. Diploma Thesis. Ljubljana: University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering.
- Haveman, M., Sexton, T. A. (2008). Property Tax Assessment Limits: Lessons from Thirty Years of Experience. Cambridge: Lincoln Institute of Land Policy.
- Heady, C., Johansson, Å., Arnold, J., Brys, B., Vartia, L. (2009). Tax Policy for Economic Recovery and Growth. Kent: University of Kent School of Economics Discussion Papers.
- Hickin, E. J. (2014). *Maps and Mapping. A cartographic manual*. Third Edition. Burnaby: Simon Fraser University.

- Hou, Y., Ren, Q., Zhang, P. (2015). *The Property Tax in China. History, Pilots, and Prospects*. Cham: Springer International Publishing Switzerland.
- Humphreys, B. R., Nowak, A. (2017). Professional sports facilities, teams and property values: Evidence from NBA team departures. *Regional Science and Urban Economics*, 66, 39–51.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2017.06.001>
- Igličar, A. (2012). Upravičenost pojma nadomestilo za uporabo stavbnega zemljišča. *Pravna praksa*, 47, 16.
- Janež, P., Bogataj, M., Drobne, S. (2016). Vpliv davčne nepremičninske politike in prihodkov občin na notranje selitve: študija primera za mestno občino Ljubljano = Impact of the real estate taxation and municipal revenue on dynamics of internal migration : case study for city municipal of Ljubljana. *Geodetski vestnik*, 60 (4), 644–684.  
DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2016.04.644-684>
- Javed, N., Saqib, E., Razaq, A., Saeed, U. (2018). Revamping Urban Immovable Property Tax System by Using GIS and MIS: A Case Study of Reforming Urban Taxation Systems Using Spatial Tools and Technology. *Comprehensive Geographic Information Systems*, 2018, 272–296.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.09691-3>
- Johansson, A., Heady, C., Arnold, J., Brys, B., Vartia, L. (2008). *Tax and Economic Growth*. OECD Economics Department Working Papers, No. 620. Paris: OECD Publishing.
- Kobetič, L. (2015). Instrumenti in ukrepi zemljiške politike na območjih stavbnih zemljišč. *Portorož, Dnevi slovenskih pravnikov*, 13.–15. oktober 2016, 6–7, 1294–1306.
- Kozmus Irjakovski, K., Domajnko, M., Petrovič, D. (2015). Uporaba prostorskih podatkov v večpredstavnostnem okolju = Use of spatial data in multimedia environment. *Geodetski vestnik*, 59 (3), 577–588.
- Lightner, T., Luo, B., Ricketts, R. K., Riley, M. (2012). Property Tax Revenue and the Quality of Government Services: A County-Level Analysis. *Annual Meeting - Tax Concurrent Sessions 2012*. Lakewood Ranch: The American Accounting Association.
- Lin, C.-H., Wen, T.-H. (2011). Using Geographically Weighted Regression (GWR) to Explore Spatial Varying Relationships of Immature Mosquitoes and Human Densities with the Incidence of Dengue. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 8, 2798–2815.
- Liro, J., Naroff, J. L., Fuchs, R. (1983). The Impact of Employment Changes on Property Tax Revenue. *State & Local Government Review*, 15 (3), 95–101.
- Liu, J., Khattak, A. J., Wall, B. (2017). Do safety performance functions used for predicting crash frequency vary across space? Applying geographically weighted regressions to account for spatial heterogeneity. *Accident Analysis & Prevention*, 109, 132–142. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2017.10.012>
- Lutz, B. F. (2008). *The Connection Between House Price Appreciation and Property Tax Revenues*. Washington: Federal Reserve Board.
- MacEachren, A. M. (1994). *Some truth with maps: A primer on symbolization and design*. Washington: Association of Geographers.
- Malus, M. (2005). Ocena stanja na področju nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča v občinah Brežice, Kamnik, Celje in Ljubljana. Seminar work. Ljubljana: University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering.
- Mihaescu, O., vom Hofe, R. (2013). Using spatial regression to estimate property tax discounts from proximity to brownfields: A tool for local policy-making. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*, 15 (1), 1–31.
- Ministrstvo za finance (Ministry of finance) (2017). *Podatki o odmeri nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča*. Ljubljana: Ministry of finance.
- Mirrlees, J., Adam, S., Besley, T., Blundell, R., Bond, S., Chote, R., Gammie, M., Johnson, P., Myles, G., Poterba, J. (2011). *Tax by design*. Oxford: Oxford University Press.
- Modrijan, G. (2005). *Strokovne podlage za obračunavanje nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča - primer občine Lukovica*. Diploma Thesis. Ljubljana: University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering.
- Morgan, D. R., Jensen, R. R., McLean, D. D. (2005). Making Spatial Data Usable to the General Public: a Case Study in Tax Mapping. In R. R. Jensen (Ed.), J. D. Gatrell (Ed.), D. D. McLean (Ed.) (pp. 37–46). *Geo-spatial technologies in urban environments*.
- Payton, S. (2006). A Spatial Analytic Approach to Examining Property Tax Equity After Assessment Reform in Indiana. *Journal of Regional Analysis and Policy*, 36 (2), 182–193.
- Petrovič, D. (2006). *Topografija in kartografija*. Ljubljana: Inženirska zbornica Slovenije.
- Polajnar, M. (2008). *Zgodovina nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča ter analiza vsebine in izvajanja veljavnih oddelkov, ki se nanašajo na nadomestilo za uporabo stavbnega zemljišča v Mestni občini Ljubljana*. Seminar work. Ljubljana: University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering.
- Rakar, A., Černe, T., Šubič Kovač, M. (2008). Fiskalna in usmerjevalna vloga javnih dajatev pri izvajanju aktivne zemljiške politike = Fiscal and guiding role of public duties in land policy implementation. *Geodetski vestnik*, 52 (4), 743–757.
- Salm, M. (2017). *Property Tax in BRICS Megacities. Local Government Financing and Financial Sustainability*. Cham: Springer International Publishing Switzerland. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-62671-0>
- Scott, L. M., Bennett, L. R. (2012). *Modeling Spatial Relationships Using Regression Analysis*. San Diego, ESRI International User Conference, Technical Workshops, 24th July 2012. Redlands: ESRI.
- Slack, E., Bird, R. M. (2014). *The Political Economy of Property Tax Reform*. OECD Working Papers on Fiscal Federalism, No. 18. Paris: OECD Publishing. DOI: <http://dx.doi.org/10.1787/5f25pzvzv6r7-en>
- Slocum, T. A., McMaster, R. B., Kessler, F. C., Howard, H. H. (2009). *Thematic Cartography and geovisualization*. Third Edition. London: Pearson Education International.
- Smith Patterson, J., Siderelis, K. (1999). Managing a whole economy: the contribution of GIS. In P. A. Longley (Ed.), M. F. Goodchild (Ed.), D. J. Maguire (Ed.), D. W. Rhind (Ed.), *New Developments in Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications* (pp. 733–743). New York: John Wiley and Sons.
- Statistični urad RS (Statistical Office of the Republic of Slovenia) (2017). *Podatki o finančnih zmognostih gospodinjstev (SILC) - Stanovanjski stroški*. Ljubljana: Statistical Office of the Republic of Slovenia. [http://pxweb.stat.si/pxweb/Database/Dem\\_soc/Dem\\_soc.asp](http://pxweb.stat.si/pxweb/Database/Dem_soc/Dem_soc.asp), accessed 10. 3. 2017.
- Surico, P., Trezzi, R. (2015). Consumer spending and property taxes. *Finance and*

- Economics Discussion Series 2015-057. Washington: Board of Governors of the Federal Reserve System.
- Talen, E. (1998). Visualizing Fairness: Equity Maps for Planners. *Journal of the American Planning Association*, 64 (1), 22–38.
- Ustavno sodišče RS (Constitutional Court of the Republic of Slovenia) (2014). Odločba št. U-I-313/13-86. Ljubljana: Ustavno sodišče RS.
- Vandegrift, D. (2016). The effect of Walmart and Target on property tax rates. *Letters in Spatial and Resource Sciences*, 9 (3), 309–327. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12076-015-0159-x>
- Vasilev, S. (2006). Cartographical symbolic. Borovets, International Conference on Cartography and GIS, 25–28 January 2006. [http://www.uacg.bg/filebank/acadstaff/userfiles/publ\\_en\\_426\\_Cartographical\\_Symbolic.pdf](http://www.uacg.bg/filebank/acadstaff/userfiles/publ_en_426_Cartographical_Symbolic.pdf), accessed 11. 6. 2016.
- Verbič, M., Korenčan, P. (2017). Cluster-based econometric analysis of house prices in Slovenia = Ekonometrična analiza cen hiš v Sloveniji na podlagi združevanja v skupine. *Geodetski vestnik*, 61 (2), 231–245. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2016.03.377-391>
- Viler, I. (2005). Analiza obračunavanja nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča v izbranih občinah slovenske Obale in Krasa. Diploma Thesis. Ljubljana: University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering.
- Vlada RS (Government of the Republic of Slovenia) (2013). Predlog zakona o davku na nepremičnine = Proposal of the Law on Real Property Tax. EVA: 2013-1611-0071, No. 00712-48/2013/22 (October 17, 2013). Ljubljana: Government of the Republic of Slovenia.
- Ward Aber, S. E., Ward Aber, J. (2017). Spatial Thinking and Geo-Literacy. *Map Librarianship*, 2017, 17–52.
- White, D. (2010). Analyzing 911 response data using Regression. Irvine: University of California Irvine, School of Social Sciences. <http://eclctic.ss.uci.edu/~drwhite/pdf/Tutorial-RegressionAnalysis.pdf>, accessed 3. 9. 2016.
- Zakon o davku na nepremičnine. Uradni list RS, št. 101/2013.
- Zakon o stavbnih zemljiščih. Uradni list SRS, št. 18/1984, with changes.
- Zakon o stavbnih zemljiščih. Uradni list RS, št. 44/1997, with changes.
- Zemljak, N. (2013). Pet izhodišč, ki bi jih morala upoštevati nova obdavčitev nepremičnin. *Pravna praksa*, 34, 17.
- Živec, J. (2010). Nadomestilo za uporabo stavbnega zemljišča v mestni občini Koper ter primerjava z ostalima obalnima občinama. Diploma Thesis. Ljubljana: University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering.
- Yang, Y., Liu, J., Xu, S., Zhao, Y. (2016). An Extended Semi-Supervised Regression Approach with Co-Training and Geographical Weighted Regression: A Case Study of Housing Prices in Beijing. *International Journal of Geo-Information*, 5 (4), 1–12. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/ijgi5010004>

Starček S., Petrovič D., Cirman A. (2017). Analysis and cartographic presentation of factors impacting tax yield from the charge for the use of building ground. *Geodetski vestnik*, 61 (4), 582-613. DOI: [10.15292/geodetski-vestnik.2017.04.582-613](https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2017.04.582-613)

# ANALIZA IN KARTOGRAFSKI PRIKAZ DEJAVNIKOV VPLIVA NA DAVČNI IZPLEN NADOMESTILA ZA UPORABO STAVBNEGA ZEMLJIŠČA

OSNOVNE INFORMACIJE O ČLANKU

GLEJ STRAN 582

## 1 UVOD

Prehod iz sistema obdavčitve nepremičnin, temelječega na površini nepremičnine, v sistem, temelječ na vrednosti nepremičnine, je velik izziv v večini držav vzhodne in srednje Evrope. Poleg tega se v državah kažejo težave pretirane arbitrarnosti in razdrobljenosti davčnih režimov. Tudi v Sloveniji je obstoječi sistem obračunavanja dajatev nepremičnin zastarel, neenoten, nekonsistenten, nepregleden in neprilagojen novim ekonomskim razmeram (Vlada RS, 2013). Zemljak (2013) pri tem meni, da nadomestilo za uporabo stavbnega zemljišča ni ustrezna podlaga za obdavčitev nepremičnin, ter dodaja, da je upravljanje sistema nadomestila večinoma v arbitrarni pristojnosti občin. Nadomestilo za uporabo stavbnega zemljišča je, kot poudarja Igljčar (2012), tipični institut družbenolastninskega koncepta, ne pa uveljavljenega sistema zasebne lastnine. Ustavno sodišče RS je tudi večkrat ugotovilo ustavno spornost občinskih odlokov o nadomestilu za uporabo stavbnega zemljišča. Glede na pomen prihodkov od nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča to pomeni tudi pomembno tveganje za javnofinančno stabilnost občin. V Sloveniji je bila v minulih dveh desetletjih izvedena vrsta aktivnosti za oblikovanje sodobnega, na tržnih razmerah temelječega sistema obdavčitve nepremičnin, s katerim bi nadomestili obstoječi sistem, tudi nadomestilo za uporabo stavbnega zemljišča. Zakon o davku na nepremičnine (2013) je kot prvi sistemski zakon posegel v celovito in enotno urejanje področja obdavčitve nepremičnin. Na podlagi odločbe Ustavnega sodišča RS (2014), ki je Zakon o davku na nepremičnine v celoti razveljavilo, je v uporabo vrnjeno nadomestilo za uporabo stavbnega zemljišča.

Nadomestilo za uporabo stavbnega zemljišča je obvezna dajatev, ki ima vse elemente davka na uporabo stavbnega zemljišča na posebej opredeljenih območjih. Nadomestilo je bilo uvedeno sredi 80. let prejšnjega stoletja in je eden najpomembnejših javnofinančnih izvirmih prihodkov lokalnih skupnosti v Sloveniji. Veljavno obliko nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča določata Zakon o stavbnih zemljiščih iz leta 1984 ter Dogovor o usklajevanju meril za določanje območij, na katerih se plačuje nadomestilo za uporabo stavbnega zemljišča, in meril za odmero tega nadomestila iz leta 1986. Z Zakonom o stavbnih zemljiščih iz leta 1997 je bilo nadomestilo za uporabo stavbnega zemljišča le začasno zadržano, kot prehodna ureditev do uzakonitve novega, sodobnejšega sistema obdavčitve nepremičnin. Za sistem nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča je značilno, da med občinami ni poenoten. Izvedena analiza

odlokov o nadomestilu za uporabo stavbnega zemljišča za vseh 211 občin v Sloveniji (LAU-2), ki nadomestilo odmerjajo, kaže, da se pristopi posameznih občin razlikujejo po vseh davčnih elementih. Višina nadomestila se določa z metodo točkovanja in določitvijo vrednosti točke. Občine z odlokom določijo število točk po posameznih merilih v odvisnosti od lastnosti zemljišča in njegovih prednosti oziroma slabosti. Ta merila se med občinami zaradi naravnih, prostorskih, poselitvenih, razvojnih, demografski in drugih dejavnikov razlikujejo. Občine v skladu z zakonskimi določili po večini upoštevajo minimalni obseg meril, tj. opremljenost stavbnega zemljišča s komunalnimi napravami, lego in namembnost ter smotrno izkoriščanje stavbnega zemljišča, in izjemne ugodnosti v zvezi s pridobivanjem dohodka v gospodarskih dejavnostih. Ob tem upoštevajo še niz drugih dejavnikov, ki pa se med občinami razlikujejo. Prav tako ni enotnega pristopa k določitvi števila točk po posameznih merilih, kakor tudi ne vrednosti točk. Občine neenotno določajo tudi oprostitve in olajšave plačevanja nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča.

Po podatkih ministrstva za finance (2017) so prihodki od nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča leta 2016 v povprečju znašali 81 % vseh prihodkov od davkov od premoženja občin oziroma 15,7 % vseh davčnih prihodkov občin. Kljub družbenim, ekonomskim, gospodarskim, pravnim in davčnim spremembam se sistem nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča od uveljavitve do danes ni veliko spreminjal. Nadomestilo za uporabo stavbnega zemljišča se odmerja v vseh lokalnih skupnostih v Sloveniji, razen v občini Rogašovci.

V članku identificiramo in empirično preverjamo dejavnike vpliva na davčni izplen nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča na nacionalni ravni in na ravni lokalnih skupnosti. Namen raziskave je proučevanje vplivov zakonsko ter od občin arbitrarno določenih dejavnikov na odmero nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča. Z empirično analizo smo želeli preveriti hipotezo, ali so dejavniki, ki so določeni z zakonodajo, ključne determinante, ki vplivajo na višino odmere nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča, ali pa so to dejavniki, katerih določitev je v arbitrarni pristojnosti občin. Posledično je cilj raziskave ugotoviti povezanost med zneskom odmerjenega nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča na prebivalca in izdatnostjo odmerjenega nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča v odnosu do celotnih davčnih prihodkov občine z izbranimi dejavniki vpliva. Na podlagi ugotovitev želimo prispevati k razpravi o primernosti obdavčitve nepremičnin z nadomestilom za uporabo stavbnega zemljišča s prikazom dejavnikov, ki najpomembneje vplivajo na izbrani odvisni spremenljivki, in ugotoviti, ali se njihov vpliv spreminja po prostoru.

Obseg obravnavanih dejavnikov vpliva v 211 občinah zahteva učinkovit prikaz rezultatov za njihovo kakovostnejše razumevanje. S kartografskimi prikazi želimo prikazati prostorske vzorce in zakonitosti obravnavanih dejavnikov vpliva. Slednje je v podporo analiziranju sprememb dejavnikov vpliva po prostoru ter nadaljnjemu raziskovanju in povezovanju dobljenih rezultatov z demografskimi, gospodarskimi, okoljskimi, fiskalnimi in drugimi značilnostmi občin ter s tem povezanimi različnimi tipi spremenljivk. Z izbranimi kartografskimi prikazi je mogoče



učinkovito prikazati in razumeti tudi prostorsko-časovne spremembe obravnavanih pojavov, zagotoviti bolj poglobljen vpogled v prostorske odnose med obravnavanimi pojavi ter analizirati učinke sprememb sistema v prostoru. Z njimi je mogoče oblikovati nova znanja, ozaveščati pripravljavce davčnih politik in strategij na nacionalni in lokalni ravni. S tovrstnimi kartografski prikazi je mogoče okrepiti dialog med deležniki na obravnavanem področju ter zagotoviti podporo odločevalcem na področju obdavčitve nepremičnin. So aktiven odgovor na izziv za dvig dostopnosti in uporabnosti rezultatov izvedene prostorske analize tako za strokovno kot laično javnost. Izbrani kartografski prikazi tudi podpirajo vizualno analizo in presojo v prispevkov zastavljenih raziskovalnih hipotez.

## 2 PREGLED DOSEDANJH RAZISKAV

Sistemi obdavčitve nepremičnin so predmet številnih znanstvenih raziskav (Almy, 2001; Bahl, Martinez-Vazquez in Youngman, 2010; Bird in Slack, 2007; Cho, Roberts in Lambert, 2017; Dove, 2017; Haveman in Sexton, 2008; Hou, Ren in Zhang, 2015; Mirrlees et al., 2011; Salm, 2017; Slack in Bird, 2014). Izvedene so številne študije dejavnikov, ki vplivajo na davčno osnovo in posledično na davčno breme pri obdavčitvi nepremičnin. Ob študijah vpliva vrednosti nepremičnin in višine najemnin na prihodke od davka na nepremičnine (Anderson in McMillen, 2010; Bai, Li in Ouyang, 2013; Boyd, 2010; Charlot, Paty in Visalli, 2008; Lutz, 2008) so izvedene mnoge študije o vplivu številnih drugih dejavnikov na prihodke od davka na nepremičnine, na primer vplivu sprememb števila zaposlenih na prihodke od obdavčitve nepremičnin (Liro, Naroff in Fuchs, 1983), vplivu stanovanjskih naložb na vrednost bližnjih nepremičnin in prihodke od obdavčitve nepremičnin (Cui, 2017; Ding, Simons in Baku, 2000; Vandegrift, 2016), vplivu degradiranih območij na vrednost nepremičnin in prihodke od obdavčitve nepremičnin (Bardos et al., 2016; Haninge, Ma in Timmins, 2012; Mihaescu in vom Hofe, 2013) in vplivu novih športnih objektov na vrednost nepremičnin ter prihodke od obdavčitve nepremičnin (Ahlfeldt in Kavetsos, 2011; Feng in Humphreys, 2012; Humphreys in Nowak, 2017). Poleg mikrodejavnikov, vezanih na značilnost posamezne nepremičnine ali vrste nepremičnin, je vrsta raziskav osredotočenih tudi na makro dejavnike, tj. na vpliv različnih socialnih in ekonomskih dejavnikov na državni in lokalni ravni na prihodke od obdavčitve nepremičnin (Dornfest in Bennett, 2012), na primer vpliv staranja prebivalstva (Das-Gupta, 2017; Felix in Watkins, 2013), kakovost storitev javne uprave (Lightner et al., 2012), gospodarske krize (Alm in Leguizamon, 2017; Dadayan, Stenson in Boyd, 2012) ter osebne potrošnje (Surico in Trezzi, 2015). Večina do sedaj izvedenih raziskav o nadomestilu za uporabo stavbnega zemljišča v Sloveniji (Hašaj, 2002; Janež, Bogataj in Drobne, 2016; Kobetič, 2015; Malus, 2005; Modrijan, 2005; Polajnar, 2008; Rakar, Černe in Šubic Kovač, 2008; Viler, 2005; Živec, 2010) je usmerjenih v proučevanje strokovnih podlag za obračunavanje nadomestila, pravnega vidika občinskih odlokov, zgodovinskega procesa oblikovanja nadomestila in njegovo izvajanje, primerjavo občinskih odlokov o nadomestilu ter fiskalne in usmerjevalne vloge nadomestila za izbrane občine. Izvedene so številne študije, ki obravnavajo pomen GIS-tehnologije, prostorskih

analiz in kartografskega prikaza podatkov s področja obdavčitev nepremičnin (Eeckhout in Guner, 2014; Franzsen in Youngman, 2009; Hamid et al., 2016; Javed et al., 2018; Morgan, Jensen in McLean, 2005; Payton, 2006; Smith Patterson in Siderelis, 1999; Talen, 1998).

### 3 EMPIRIČNA RAZISKAVA

#### 3.1 Metodologija

Sistem nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča je heterogen sistem z različnimi dejavniki vpliva na odmero nadomestila oziroma prihodke. Zato je treba pri analizi tovrstnih sistemov uporabiti holistični (celostni) pristop z upoštevanjem relevantnih dejavnikov (De Cesare in Ruddock, 2003; Famuyiwa in Otegbulu, 2012). Analizo povezanosti med podatki o odmeri nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča in izbranimi dejavniki vpliva na odmero izvedemo z multivariatno regresijsko analizo na ravni države. Ker pa tovrstni pristop ne omogoča vpogleda v značilnosti in vplive posameznih proučevanih dejavnikov na lokalni ravni, analizo nadgradimo z geografsko obteženo regresijo. Ta spada v skupino lokalnih prostorskih statističnih metod za raziskovanje prostorske raznovrstnosti oziroma nestacionarnosti, pri čemer lahko vrednotimo napovedovalno moč regresijskega modela za vsako posamezno prostorsko enoto in pojasnjevalno spremenljivko posebej (Brunsdon, Fotheringham in Charlton, 1996; Charlton in Fotheringham, 2009; Liu, Khattak in Wall, 2017; Verbič in Korenčan, 2017). V lokalnem regresijskem modelu nadgradimo enačbo za multiplo regresijo za vsako prostorsko enoto posebej.

#### 3.2 Uporabljeni podatki

V raziskavi uporabljeni podatki so za leto 2014, v katerem je bila z uvedbo novega davka na nepremičnine načrtovana najobsežnejša sprememba sistema obdavčitve nepremičnin v Sloveniji. Navedeno leto je uporabljeno, ker je takrat pričela veljati nova sistemska ureditev obdavčitve nepremični. V letu 2013 so številne občine izvedle spremembe sistema nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča. Kasneje (vse do leta 2017) spremembe sistema nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča zaradi odločbe Ustavnega sodišča RS (2014) niso bile mogoče. Podatki iz leta 2014 tako predstavljajo aktualno stanje in primerjalno izhodišče za načrtovano novo sistemska ureditev obdavčitve nepremičnin v Sloveniji. Za izvedbo raziskave so uporabljeni podatki iz referenčnih zbirk podatkov Statističnega urada RS, Geodetske uprave RS, Agencije RS za javnopravne evidence in storitve (AJ PES), ministrstva za finance in Finančne uprave RS. Vsi podatki so zbrani na ravni posamezne občine.

#### 3.3 Izgradnja modelov

Izbira spremenljivk temelji na proučitvi zakonodajnega okvira, ki določa posamezne dejavnike, na podlagi katerih občine oblikujejo način, vrsto in obseg obračuna nadomestila, ter na analizi

vseh občinskih odlokov, vključno z merili, ki jih občine arbitrarno določajo same. Posledica navedene arbitrarnosti je velika heterogenost sistema nadomestila med občinami. Ob tem je treba upoštevati zelo neenotno strukturo posameznih opazovanih pojavov: površine občin, števila prebivalcev idr. Zaradi tega je ustreznost izbire pojasnjevalnih spremenljivk posebej pomembna, saj naj bi predstavljale reprezentativne kazalnike vplivov na izbrane odvisne spremenljivke, ob predpostavki, da je vpliv drugih dejavnikov nanje manjši. Za namen raziskave smo oblikovali dva regresijska modela. V modelu A je odvisna spremenljivka naravni logaritem zneska odmerjenega nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča na prebivalca v posamezni občini, s katero želimo proučiti, kateri dejavniki vplivajo na povprečno odmerjeno višino nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča. Model A ima obliko:

$$\ln(y_1) = \dot{b}_0 + \dot{b}_1 x_1 + \dot{b}_2 x_2 + \dots + \dot{b}_{11} x_{11} + \dot{b}_{12} d_1 + \dot{b}_{13} d_2 + \varepsilon_1. \tag{1}$$

V modelu B je odvisna spremenljivka naravni logaritem izdatnosti odmerjenega nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča v odnosu do celotnih davčnih prihodkov v posamezni občini, s katero želimo proučiti, kateri dejavniki vplivajo na izdatnost nadomestila v strukturi finančnih prihodkov občine. Model B ima obliko:

$$\ln(y_2) = \ddot{b}_0 + \ddot{b}_1 x_1 + \ddot{b}_2 x_2 + \dots + \ddot{b}_{11} x_{11} + \ddot{b}_{12} d_1 + \ddot{b}_{13} d_2 + \varepsilon_2. \tag{2}$$

Vrednosti odvisne spremenljivke niso normalno porazdeljene (frekvenčna porazdelitev je asimetrična v levo), zato izberemo naravni logaritem vrednosti, s čimer zagotovimo normalno porazdelitev vrednosti.

Preglednica 1: Oznake in opis pojasnjevalnih spremenljivk.

Spremenljivka	Oznaka	Opis
$x_1$	LP_dec_all	Število odločb pravnih oseb glede na število vseh pravnih oseb v občini.
$x_2$	NP_dec_all	Število odločb fizičnih oseb glede na število vseh prebivalcev v občini.
$x_3$	NP_RESID	Povprečna površina stavbe za stanovanjski namen.
$x_4$	LP_area_B	Povprečna površina stavbe za poslovni namen.
$x_5$	Coef_d	Koeficient razvitosti občine.
$x_6$	IND	Površina stavb za industrijske namene v odnosu do površine vseh stavb (v %).
$x_7$	ENERG	Površina stavb za namene energetike v odnosu do površine vseh stavb (v %).
$x_8$	BAR_SHOP	Površina lokalov v odnosu do površine vseh stavb (v %).
$x_9$	OFFICE	Površina pisarn v odnosu do površine vseh stavb (v %).
$x_{10}$	LCB	Površina zemljišč za gradnjo stavb v odnosu do površine občine (v %).
$x_{11}$	Revenue_ave	Povprečni prihodek poslovnih subjektov v občini (v EUR).
$d_1$	Status_mun	Status občine.
$d_2$	Advantage	Merilo izjemne ugodnosti.

V posameznih primerih se upoštevajo stavbe in deli stavb za stanovanjski, poslovni in industrijski namen, namen energetike, lokali, pisarne glede na dejansko rabo v skladu z enotno klasifikacijo vrst objektov (Geodetska uprava RS, 2013). Zemljišča za gradnjo stavb so stavbna zemljišča, določena v občinskem prostorskem načrtu, oziroma stavbna zemljišča v okviru območij, določenih v prostorskih sestavinah dolgoročnih in srednjeročnih družbenih planov občin, na katerih je gradnja stavb dejansko mogoča oziroma dopustna in jih določi občina. Koeficient razvitosti občine je zakonsko določen na podlagi treh skupin kazalnikov, in sicer: kazalnikov razvitosti, ogroženosti ter razvojnih možnosti občine. S slamnato spremenljivko Status občine sta opredeljena dva statusa, in sicer status mestne občine (vrednost 1; skupaj 11 občin) in druge občine, ki tega statusa nimajo (vrednost 0). Slamnata spremenljivka  $d_2$ : Merilo izjemne ugodnosti (vrednost 1: občina upošteva merilo izjemne ugodnosti; vrednost 0: občina tega merila ne upošteva) se nanaša na izjemne ugodnosti za pridobivanje dohodka v gospodarskih dejavnostih, kjer občine po večini upoštevajo ugodnost lokacije poslovnega prostora glede na možnost ustvarjanja dohodka v nekaterih dejavnostih (zlasti trgovini, gostinski dejavnosti, obrtni dejavnosti, zavarovalništvu, finančnih storitvah, bencinskih servisih, igralniški dejavnosti in podobnem) ter možnost intenzivnejše rabe komunalnih in drugih objektov ter naprav, ki lahko znižujejo stroške proizvodov in storitev.

### 3.4 Kartografski prikaz dejavnikov vpliva na davčni izplen nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča

Kartografija, veda, tehnologija in umetnost o oblikovanju, izdelavi in uporabi kart, se vse od nastanka sodobnih civilizacij do danes tesno prepleta s področjem upravljanja nepremičnin, pravic, obveznosti in odgovornosti, povezanih z nepremičninami ter njihovim vrednotenjem. Potreba po prikazovanju prostorskih podatkov na uporabniku ustrezen način izhaja že iz zelo zgodnjih obdobjev človekovega razvoja in medsebojnega komuniciranja (Kozmus Trajkovski, Domajnko in Petrovič 2015; Ward Aber in Ward Aber, 2017). Kartografija skrbi za ustrezno abstrakcijo in modeliranje (kodiranje) dejanskega stanja okolja v obliko, primerno za prenos do končnega uporabnika (karta), prav tako zagotavlja možnosti in načine, da končni uporabnik karto ustrezno in pravilno interpretira (dekodiranje) in tako pridobi vedenje o dejanskem stanju okolja, ki ga obravnava (Petrovič, 2006). Franzsen in Youngman (2009) izpostavljata pomen zagotavljanja dostopnosti in ustreznosti kartografskega prikaza podatkov s področja obdavčitve nepremičnin za boljše razumevanje stanja, učinkovitejše razumevanje razlik med sistemi v različnih okoljih ter podporo procesu izboljšav sistema obdavčitve nepremičnin. Smith Patterson in Siderelis (1999) poudarjata pomen GIS-tehnologije v procesu oblikovanja in izvajanja politik in strategij ter prikaza podatkov tudi na področju obdavčitve nepremičnin, za sprejemanje kakovostnejših odločitev in učinkovitejše sodelovanje z javnostmi.

Pri oblikovanju tematskih kart (klasičnih, elektronskih) je treba biti pozoren na oblikovanje osnovnih elementov (Duka, 2007). Kartografija pri tem uporablja kartografske znake za enotno razumevanje geografske raznolikosti ali posameznih pojavov stvarnega sveta. Ti sestavljajo poseben grafični jezik ter omogočajo komunikacijo med izdelovalcem in uporabnikom karte (Petrovič, 2006; Vasilev, 2006). Z njimi lahko prikazujemo tudi pojave, ki jih v naravi ne zaznavamo, prikažemo lahko njihovo dinamiko, označujemo kvalitativne in kvantitativne lastnosti prikazanih elementov. Pri tem se uporabljajo na primer barve, pike (Slocum et al., 2009) ali enostavni geometrijski elementi (MacEachren, 1994).

Kartografski prikazi rezultatov analize dejavnikov vpliva (vrednost regresijskih koeficientov posameznih spremenljivk) na davčni izplen od nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča so namenjeni tako strokovni kot laični javnosti za učinkovitejše razumevanje prostorske porazdelitve obravnavanih dejavnikov vpliva. Glede na namen, merilo in vrsto podatkov, povezanih z administrativnimi enotami (občinami), in ciljno javnost, ki ji je prikaz namenjen, je za prikaz rezultatov izvedene prostorske analize kot najprimernejši izbran kartogram (Forrest, 2015; Hickin, 2014; Slocum et al., 2009). Pri tem so vrednosti regresijskih koeficientov porazdeljene v sedem enako širokih razredov (s sivo je označena občina, ki nadomestila ne odmerja). Vsakemu vrednostnemu razredu je prirejena po ena barva, in sicer v barvnem razponu od temno modre do temno rdeče, pri čemer slednja predstavlja vrednost opazovanega pojava v najvišjem vrednostnem razredu, kar je označeno v legendi. Kartografski prikaz v merilu 1 : 1.200.000 omogoča prikaz celotnega območja obravnave (vse občine). Za učinkovitejšo orientacijo so na kartogramih dodane inicialke mestnih občin (na primer LJ – mestna občina Ljubljana, CE – mestna občina Celje idr.).

## 4 REZULTATI

### 4.1 Rezultati multiple regresijske analize

Preglednica 2 prikazuje podatke regresijskih modelov. Na podlagi dobljenih rezultatov regresijske analize v obeh modelih ugotavljamo, da imajo občine, ki nadomestilo za uporabo stavbnega zemljišča odmerijo višjemu deležu pravnih oseb, višje prihodke od nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča na prebivalca in večjo izdatnost odmerjenega nadomestila v odnosu do celotnih davčnih prihodkov občine. Da so pravne osebe pretežni plačnik nadomestila, dodatno potrjuje tudi neznačilnost koeficienta pri spremenljivki  $x_2$ , saj odmera večjemu deležu fizičnih oseb nima statistično značilnega vpliva na izdatnost pobranega davka. Analiza tudi razkriva, da je v obeh modelih vpliv povprečne površine za stanovanjske namene na zavezanca – fizične osebe negativen in statistično močno značilen ter nakazuje, da občine davčno breme regresivno prilagajajo glede na velikost stanovanj.

Preglednica 2: Vrednosti ocenjenih koeficientov regresije in vrednost t-statistike

	Model A ( $R^2 = 0.634$ )					Model B ( $R^2 = 0.661$ )				
	B	St. napaka	$\beta$	$t$	Sig.	B	St. napaka	$\beta$	$t$	Sig.
<b>Constant</b>	2,177	0,360		6,045	0,000	0,269	0,360		0,748	0,455
$x_1$ LP_dec_all	0,014	0,005	0,160	2,861	0,005	0,011	0,005	0,124	2,306	0,022
$x_2$ NP_dec_all	0,002	0,005	0,022	0,340	0,734	-0,004	0,005	-0,056	-0,888	0,376
$x_3$ NP_RESID	-0,005	0,001	-0,246	-4,353	0,000	-0,006	0,001	-0,297	-5,464	0,000
$x_4$ LP_area_B	$-7,6210^{-6}$	0,000	-0,017	-0,365	0,715	$-2,5510^{-6}$	0,000	-0,055	-1,223	0,223
$x_5$ Coef_d	1,038	0,248	0,253	4,185	0,000	1,387	0,248	0,362	5,596	0,000
$x_6$ IND	0,025	0,005	0,330	5,424	0,000	0,025	0,005	0,314	5,365	0,000
$x_7$ ENERG	0,142	0,027	0,256	5,194	0,000	0,122	0,027	0,212	4,467	0,000
$x_8$ BAR_SHOP	0,031	0,009	0,187	3,509	0,001	0,025	0,009	0,147	2,873	0,005
$x_9$ OFFICE	0,045	0,022	0,138	2,033	0,043	0,055	0,022	0,160	2,451	0,015
$x_{10}$ LCB	0,016	0,015	0,050	1,102	0,272	0,026	0,015	0,075	1,728	0,086
$x_{11}$ Revenue_ave	$-3,0810^{-7}$	0,000	-0,114	-1,741	0,083	$-3,3310^{-7}$	0,000	-0,118	-1,884	0,061
$d_1$ Status_mun	0,455	0,163	0,148	2,790	0,06	0,387	0,163	0,121	2,372	0,019
$d_2$ Advantage	0,075	0,062	0,054	1,200	0,232	0,109	0,62	0,075	1,744	0,083

Opomba:   Pojasnjevalna spremenljivka je statistično značilna pri 5-odstotni stopnji značilnosti.

Rezultati raziskave kažejo, da razvitejše občine (merjeno s koeficientom razvitosti) poberejo večji znesek nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča na prebivalca. V razvitejših občinah prihodek od nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča predstavlja tudi večji delež v davčnih prihodkih občine. Pojasnjevalne spremenljivke  $x_6$ : IND (površina stavb za industrijske namene glede na površino vseh stavb v občini),  $x_7$ : ENERG (površina stavb za energetske namene glede na površino vseh stavb v občini),  $x_8$ : BAR\_SHOP (površina lokalov) in  $x_9$ : OFFICE (površina pisarn glede na površino vseh stavb v občini) pričakovano statistično značilno in razmeroma močno pozitivno vplivajo na odvisno spremenljivko v obeh modelih. Vse štiri navedene spremenljivke so vezane na vrsto dejavnosti zavezancev za nadomestilo, kar ni merilo, ki bi imelo neposredno podlago v zakonodajnem okviru nadomestila, temveč spada v nabor arbitrarnih meril na ravni občin. Kako pomembno vlogo imajo, kaže relativno visoka vrednost standardiziranega koeficienta  $\beta$ , ki je prav pri površinah za energetske in industrijske namen med največjimi po absolutni vrednosti in s tem med najpomembnejšimi pri pojasnjevanju obsega izplena proučevane davčine med občinami. Površina zemljišč za gradnjo stavb glede na površino občine ( $x_{10}$ : LCB) v obeh modelih nima statistično značilnega vpliva na odvisno spremenljivko. Statistično neznačilen rezultat lahko pripišemo izjemno neenotni obravnavi tovrstnih stavbnih zemljišč med občinami. Kljub zakonski obvezi 75 od skupaj 211 občin nadomestila od nezazidanih stavbnih zemljišč sploh ne odmerja ali je višina oziroma vrednost točk za nezazidana stavbna zemljišča bistveno nižja kot pri zazidanih stavbnih zemljiščih (na primer v mestnih občinah Maribor, Ptuj, Celje, Slovenj Gradec).



Glede na pozitiven in statistično značilen vpliv koeficienta razvitosti občine na obe odvisni spremenljivki tudi status mestne občine pričakovano pozitivno in statistično značilno vpliva na odvisno spremenljivko v obeh regresijskih modelih. Rezultati raziskave so pokazali, da slamnata spremenljivka za prisotnost merila, vezanega na ugodnost za pridobivanje dohodka ( $d_2$ ), v obeh modelih nima statistično značilnega vpliva na odvisno spremenljivko. S tem se dodatno potrjuje vpliv arbitrarnosti občin pri odmeri nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča, kjer občine pogosteje upoštevajo dejavnost gospodarskih subjektov, ki ni v naboru zakonskih meril, manj pa lokacijo ter njeno ugodnost za pridobivanje dohodka, kar bi iz pravnih podlag pričakovali.

## 4.2 Rezultati geografsko obtežene regresije

Z multiplo regresijsko analizo smo analizirali dejavnike vpliva na davčni izplen nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča na nacionalni ravni (v nadaljevanju opisan kot globalni regresijski model). Z geografsko obteženo regresijo analiziramo značilnosti modela in pojasnjevalnih spremenljivk na ravni posamezne občine (lokalni regresijski model). Pri tem za odvisno spremenljivko izberemo naravni logaritem izdatnosti odmerjenega nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča v odnosu do celotnih davčnih prihodkov v posamezni občini (model A). Izvedba geografske obtežene regresije temelji na ustrezni izbiri izhodiščnih predpostavk, povezanih z obravnavanimi dejavniki (predvsem nehomogenost prostora obravnave) (Charlton, Fotheringham in Brunson, 2006; Fábíán, 2014; Lin in Wen, 2011; White, 2010). Analiza pojava prostorske avtokorelacije kaže, da je najprimerneje izbrati stalno jedro s pasovno širino  $\beta = 30,5$  km. Pasovna širina  $\beta$  je izbrana na podlagi analize sosednosti občin in cilja, da je vrednost  $AIC_c$  (popravljen vrednost informacijskega kriterija Akaike) čim bližje vrednosti 0 (Grineski, Collins in Olvera, 2015). Prostorske uteži so določene z metodo Gaussovega jedra (Yang et al., 2016):

$$w_{i,j} = e^{-\beta d_{ij}^2}, \quad (3)$$

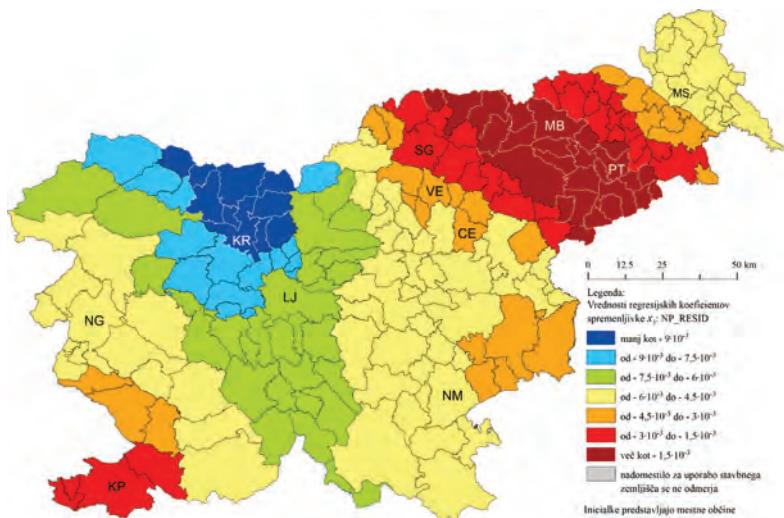
kjer je  $d_{ij}$  razdalja med centroidom občine  $i$  in  $j$ . V skladu s priporočili (ESRI, 2016; Scott in Bennett, 2012) v model ne vključimo slamnatih spremenljivk  $d_1$  in  $d_2$ . V izogib prostorski avtokorelaciji in lokalni multikolinearnosti v lokalnem modelu ne upoštevamo spremenljivk  $x_2$ ; NP\_dec\_all in  $x_3$ ; OFFICE. Analiza standardnih odklonov napak napovedi v tako zasnovanem lokalnem regresijskem modelu kaže, da so v veliki večini občin v sprejemljivih mejah ter da gre za zanesljiv model. Rezultati geografsko obtežene regresijske analize so prikazani v preglednici 3.

Vrednost determinacijskega koeficienta lokalnega regresijskega modela kaže, da v povprečju bolje pojasni varianco linearne povezanosti odvisnih z izbranimi pojasnjevalnimi spremenljivkami kot globalni model. Vrednosti večine nestandardiziranih koeficientov pojasnjevalnih spremenljivk ( $x_1$ ,  $x_3$ ,  $x_7$ ,  $x_8$ ,  $x_{10}$  in  $x_{11}$ ) so tako negativne kot pozitivne. Povprečne vrednosti nestandardiziranih koeficientov pojasnjevalnih spremenljivk lokalnih regresijskih modelov imajo enak predznak in zelo podobne vrednosti kot pri globalnih modelih. S tematskimi kartami prikažemo pro-

storsko porazdelitev vpliva izbranih pojasnjevalnih spremenljivk na ravni občin, ki v globalnem modelu najbolj statistično značilno vplivajo na odvisno spremenljivko, in sicer  $x_3$ : NP\_RESID,  $x_5$ : Coef\_d in  $x_6$ : IND.

Preglednica 3: Rezultati geografsko obtežene regresijske analize

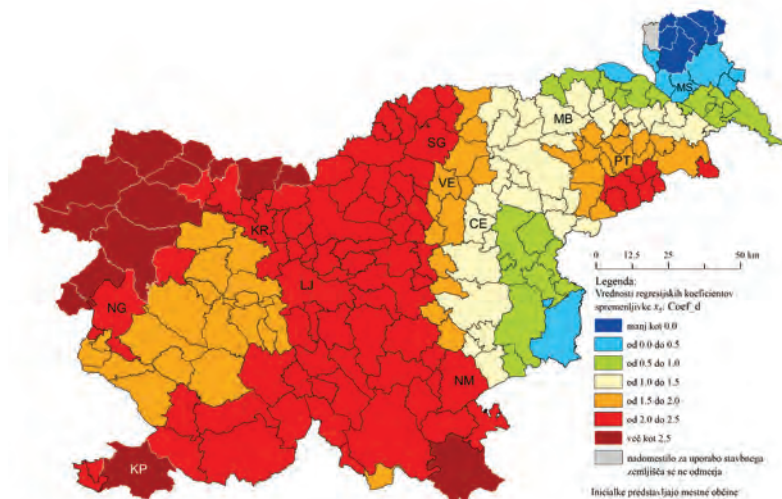
Podatek	Vrednost	Min.	Maks.
$R^2$	0,748	0,523	0,974
<b>Spremenljivka</b>	Povprečna vrednost B	Min B	Maks B
$x_1$ LP_dec_all	0,0154	-0,0079	0,0447
$x_3$ NP_RESID	-0,0046	-0,0110	0,0003
$x_4$ LP_area_B	-8,4210 <sup>-6</sup>	-3,7610 <sup>-5</sup>	3,1510 <sup>-5</sup>
$x_5$ Coef_d	1,7466	-0,4855	4,0186
$x_6$ IND	0,0309	0,0054	0,0533
$x_7$ ENERG	0,1403	-0,6693	0,3489
$x_8$ BAR_SHOP	0,0268	-0,0274	0,0907
$x_{10}$ LCB	0,0351	-0,0554	0,2155
$x_{11}$ Income_ave	-2,2610 <sup>-7</sup>	-1,5410 <sup>-7</sup>	9,1910 <sup>-8</sup>



Slika 1: Prostorska porazdelitev regresijskih koeficientov pojasnjevalne spremenljivke  $x_3$ : NP\_RESID (povprečna površina stavbe za stanovanjski namen).

Slika 1 kaže, da občine predvsem na Gorenjskem (modra barva) in v osrednjeslovenski statistični regiji (zelena barva) najbolj regresivno prilagajajo davčno breme glede na velikost stanovanj. Za občine v gorenjski statistični regiji je značilno, da je delež stanovanj z večjo uporabno površino (nad 100 m<sup>2</sup>) višji od nacionalnega povprečja. Nasprotno velja za občine v podravske in obal-

no-kraški statistični regiji (rdeča barva), ki davčno breme nekoliko manj regresivno prilagajajo glede na velikost stanovanj. V teh občinah je delež stanovanj z uporabno površino nad 100 m<sup>2</sup> tudi nižji od nacionalnega povprečja. Za podravsko statistično regijo ob tem velja, da sta delež stanovanj, ki so v slabem stanju, in obremenjenost s stanovanjskimi stroški celo nad nacionalnim povprečjem, medtem ko sta na Gorenjskem oba kazalnika pod povprečjem države (Statistični urad RS, 2017), kljub temu pa je iz analize razbrati manjšo regresivnost. Kartografski prikaz na sliki 1 omogoča boljše razumevanje prostorske porazdelitve vrednosti  $B_j$  pojasnjevalne spremenljivke  $x_3$ .

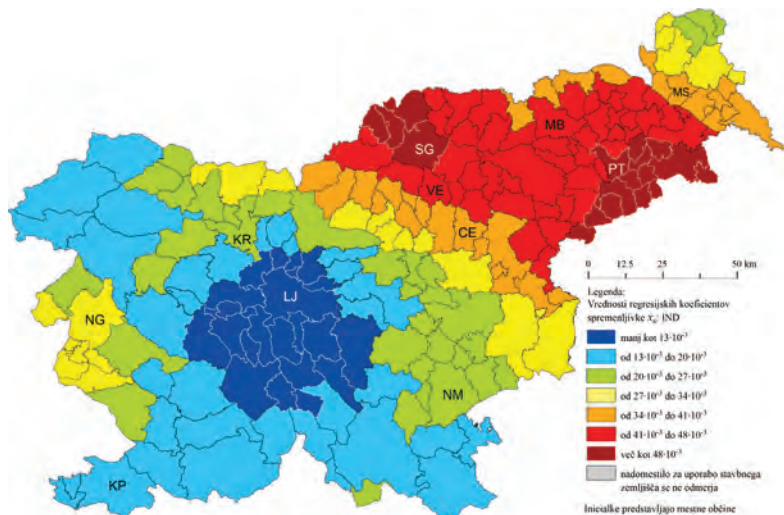


Slika 2: Prostorska porazdelitev regresijskih koeficientov pojasnjevalne spremenljivke  $x_3$ : Coef\_d (koeficient razvitosti občine).

Slika 2 kaže, da večina občin v osrednjem in zahodnem delu države breme z nadomestilom za uporabo stavbnega zemljišča zelo močno veže na relativno razvitost občine. Zanje je značilen visok delež prebivalcev, ki imajo priključek na javno kanalizacijo. Merilo opremljenosti stavbnega zemljišča s komunalnimi napravami občine tudi najpogosteje uporabljajo pri določitvi višine nadomestila. Območja z razmeroma nizkim deležem prebivalcev, ki imajo priključek na javno kanalizacijo (predvsem pomurska in del podravske ter vzhodni del savinjske in spodnjeosavske statistične regije – modra in zelena barva), bremena z nadomestilom za uporabo stavbnega zemljišča ne vežejo na relativno razvitost občine. S tematsko karto na sliki 2 nazorno prikazujemo spremembo vpliva pojasnjevalne spremenljivke  $x_3$  v prostoru. Mogoča je tudi podrobnejša analiza dejavnikov, ki vplivajo na koeficient razvitosti občine (na primer raven razvoja javne gospodarske infrastrukture).

Porazdelitev vrednosti regresijskih koeficientov spremenljivke  $x_6$ : IND (slika 3) kaže na arbitrarnost občin glede merila namembnosti stavbnega zemljišča in diskriminacijo po dejavnostih.

Vpliv pojasnjevalne spremenljivke  $x_6$ : IND je najizrazitejši v podravski, koroški in savinjski statistični regiji (rdeča barva), za katere je značilna koncentracija proizvodnje kovin in kovinskih izdelkov, električnih naprav ter prehransko-predelovalne industrije. Na drugi strani je za občine v osrednji Sloveniji (modra barva) značilno, da je vpliv pojasnjevalne spremenljivke  $x_6$ : IND najmanj izrazit. Z izbranimi barvami na tematski karti (slika 3) nazorneje prikažemo vpliv spremenljivke  $x_6$  kot na primer s podatki v preglednici. Hkrati vizualno potrjujemo arbitrarnost občin pri izbiri meril.



Slika 3: Prostorska porazdelitev regresijskih koeficientov pojasnjevalne spremenljivke  $x_6$ : IND (površina stavb za industrijske namene v odnosu do površine vseh stavb (v %)).

## 5 SKLEP IN RAZPRAVA

Sistemi obdavčitve nepremičnin so podvrženi stalnim spremembam, pri čemer so reforme na tem področju po navadi zahtevnejše iz političnih kot administrativno-tehničnih razlogov (Brys, 2011; Slack in Bird, 2014). V Sloveniji, podobno kot v številnih državah vzhodne in srednje Evrope, že več kot desetletje poteka proces prehoda iz sistema obdavčitve nepremičnin, temelječega na površini nepremičnine (*area-based*), v sistem, temelječ na tržni vrednosti nepremičnin (*ad-valorem*). Med pomembnejše dejavnike uspešnosti reform sistema obdavčitve nepremičnin spada kakovost obstoječega sistema obdavčitve nepremičnin. Uspešnost reform je odvisna tudi od razpoložljivosti ustreznih analiz obstoječega in prihodnjega stanja sistema obdavčitve nepremičnin ter predstavitve njenih rezultatov.

V članku prikazujemo študijo obstoječega sistema obdavčitve nepremičnin v Sloveniji, v kateri smo identificirali in empirično preverili dejavnike vpliva na davčni izplen nadomestila za uporabo

stavnega zemljišča na nacionalni in lokalni ravni. Rezultati raziskave kažejo, da so občine kljub določilom Zakona o stavbnih zemljiščih (1984; 1997) in Dogovora (1986) ohranile precejšen del samostojnosti glede določitve območij plačevanja nadomestila, meril in predpisovanja številna točk po posameznih merilih.

Z rezultati analize smo potrdili hipotezo, da ob dejavnikih, ki so določeni z zakonodajo, na višino odmere nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča pomembno vplivajo tudi dejavniki, katerih določitev je v arbitrarni pristojnosti občin. To so predvsem dejavniki, pri katerih se upoštevajo merila, povezana s poslovnimi dejavnostmi (industrijska dejavnost, lokali, pisarne in dejavnost energetike). Njihov vpliv smo dodatno potrdili s statistično neznačilnim vplivom dejavnika izjemne ugodnosti v zvezi s pridobivanjem dohodka v gospodarskih dejavnostih. Velika neenotnost je tudi pri obravnavi stavbnih zemljišč, kjer so stavbna zemljišča z enako površino v občini po navadi obremenjena z različno višino nadomestila, tudi ko uživajo enake ali zelo podobne javne koristi na neki lokaciji. Občine z visoko ravno arbitrarnosti pri določanju meril v odloku o nadomestilu za uporabo stavbnega zemljišča se srečujejo s tveganjem, da sodišče takšen odlok razveljavi. Pojavlja se tudi tveganje glede nesorazmerne davčne obremenitve in neenake obravnave zavezancev za plačilo nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča. Za ponazoritev rezultatov lokalne regresijske analize so bili izdelani kartografski prikazi v obliki kartogramov.

Izbrani pristop kartografskega prikaza podatkov se je glede na namen, vrsto podatkov in uporabnike izkazal kot primeren. Slednje se potrjuje s tem, da kartografski prikazi nazorneje kot denimo tabelarični način prikazujejo prostorsko porazdelitev vrednosti regresijskih koeficientov izbranih spremenljivk. Omogočajo kakovostnejšo interpretacijo in razumevanje rezultatov analize ter razumevanje obravnavanih dejavnikov v povezavi z drugimi prostorskimi pojavi. Na podlagi tega se potrjuje tudi primernost njihove prihodnje uporabe na obravnavanem področju. Kartogrami so izhodišče za nadaljnje analize ter so v podporo pripravljavcem davčnih politik in strategij tako na nacionalni kot lokalni ravni.

Velike so tudi razlike v obremenitvi med občinami. Razlika v višini nadomestila za istovrstno nepremičnino je lahko tudi več deset-, celo večstokratna. Na nesorazmernosti v obremenitvi je večkrat opozorilo tudi Ustavno sodišče RS (Odločba št. U-I-28/03, št. U-I-286/04, št. U-I-65/04-8, št. U-I-84/05 in druge). Ustavno sodišče RS navaja še (Odločba št. U-I-181/00), da bi imela nesorazmerna obremenitev z nadomestilom lahko škodljive posledice v poslovanju gospodarskega subjekta, ki bi jih bilo ob morebitni nezakonnosti odloka v izpodbijanem delu težko popraviti. Različna obremenitev z nadomestilom lahko spodbuja nepoštenu konkurenco, izgubo učinkovitosti in poslovne uspešnosti.

Občine za upravljanje nadomestila uporabljajo lastne zbirke podatkov, ki navadno niso povezane z uradnimi in niso ustrezne kakovosti. Za vodenje sistema nadomestila je vzpostavljenih 211 (ali 422, če ločimo fizične in pravne osebe) različnih in nepovezanih zbirk podatkov (Grote,

Borst in McCluskey, 2015). Pritožbeni razlogi glede odločb o odmeri nadomestila se praviloma nanašajo na napačno oziroma nepopolno ugotovljeno dejansko stanje. Slednje je ob stalni rasti števila pritožb pomembno administrativno breme ter prinaša stroške, vezane na postopek reševanja pritožb in ugotavljanja dejanskega stanja. Navedena tveganja imajo lahko za posledico nestabilnost prihodkov od nadomestila. Neustrezna kakovost podatkov in morebitno neskladje določil odloka z zakonodajo ali celo ustavo RS lahko privede do tega, da se nadomestilo ne odmeri. To je glede na pomen prihodkov od nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča tudi pomembno tveganje za javnofinančni položaj občin.

Na navedena tveganja skuša vlada RS odgovoriti z reformo obdavčitve nepremičnin, ki je pomembna tudi v prizadevanju po izboljšanju strukture posameznih davkov. V okviru tega Slovenija načrtuje nadaljnje reforme področja obdavčitve nepremičnin, saj davki na nepremičnine, kot navajajo številni avtorji (Arnold, 2008; Arnold et al., 2011, Heady et al., 2009; Johansson et al., 2008), najmanj ovirajo gospodarsko rast. Cilj prenove je odpraviti prikazano neenotnost obdavčitve in dobiti moderen, na vrednosti nepremičnin zasnovan davek, ki ga bodo občine uporabljale kot fiskalni in tudi prostorski instrument, pri uvedbi katerega lahko prikazani rezultati raziskave zagotavljajo podporo v odločitvenih procesih na obravnavanem področju ter pri obvladovanju z uvedbo novega davka povezanih izzivov.

Rezultati raziskave so uporabni za vse ključne deležnike na področju nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča. Odločevalci lahko posežejo po njih pri analizah stanja (odstopanja od načel sodobnega davčnega sistema, prevelika arbitrarnost občin idr.) in izboljšavah (poenotenje sistema) na obravnavanem področju. Nadzorne institucije lahko na njihovi podlagi izboljšajo svojo učinkovitost (ciljna naravnost nadzorov, celovitost in preglednost nad sistemom omogoča kakovostno in pravilno ukrepanje). Občine lahko rezultate raziskave uporabijo kot podlago za pripravo sprememb na področju nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča. Občinam so predvsem v pomoč pri poenotenju sistema in odpravi arbitrarnosti, ki se kaže tudi v prevelikih razlikah v obremenitvah nepremičnin s podobnimi lastnostmi med sosednjimi občinami. Zavezancem za plačilo nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča rezultati raziskave omogočajo vpogled v stanje na obravnavanem področju, podpirajo tudi krepitev njihovega aktivnega in odgovornega državljanstva, participacije in učinkovite družbene vključenosti v procese izboljšav sistema nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča.

## Literatura in viri:

Glej literaturo na strani 595.





Starček S., Petrovič D., Cirman A. (2017). Analysis and cartographic presentation of factors impacting tax yield from the charge for the use of building ground. Analiza in kartografski prikaz dejavnikov vpliva na davčni izplen nadomestila za uporabo stavbnega zemljišča. Geodetski vestnik, 61 (4), 582-613.  
DOI: 110.15292//geodetski-vestnik.2017.04.582-613

---

**Mag. Simon Starček**

*Tomišelj 83, SI-1292 Ig*

*e-naslov: simon.starcek@gmail.com*

**Doc. dr. Dušan Petrovič**

*Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo*

*Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana*

*e-naslov: dusan.petrovic@fgg.uni-lj.si*

**Izr. prof. dr. Andreja Cirman**

*Univerza v Ljubljani, Ekonomska fakulteta*

*Kardeljeva ploščad 17, SI-1000 Ljubljana*

*e-naslov: andreja.cirman@ef.uni-lj.si*

# STAGNACIJA URBANIH OBMOČIJ V 'STAGNIRANI' SRBIJI – PRISTOP H GLOBALNEMU POJAVU V LOKALNEM KONTEKSTU

## URBAN SHRINKAGE IN A 'SHRINKING' SERBIA – THE APPROACH TO A GLOBAL PHENOMENON IN A LOCAL CONTEXT

Aleksandra Djukić, Branislav Antonić, Tijana M. Vujičić

UDK: 711.4(497.11)  
 Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01  
 Prispelo: 14. 7. 2017  
 Sprejeto: 27. 11. 2017

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2017.04.614-629  
 SCIENTIFIC ARTICLE  
 Received: 14. 7. 2017  
 Accepted: 27. 11. 2017

### IZVLEČEK

Glavni namen predstavljene raziskave je razumevanje osnovnih vzorcev stagnacije urbanih območij v Srbiji. Stagnacija mest, na katero pogosto naletimo v postsocialističnih državah, je v današnji Srbiji nov, a zelo razširjen pojav. Čeprav je stagnacija mest velik izziv za prihodnost države, še na nobeni ravni ni bila dovolj raziskana. Za razumevanje stagnacije urbanih območij bi bila prva »naloga« zagotovo določitev, katera mesta v Srbiji lahko uvrstimo med stagnirajoča urbana območja v lokalnem kontekstu. Raziskava se na to vprašanje osredotoča z razvojem štirih modelov za proučevanje procesov stagnacije urbanih območij v Srbiji glede na globalne dejavnike, ki vplivajo na te procese. Namen prispevka je pojasniti možnosti za uporabo posameznega modela in raziskati, kateri lokalno utemeljeni dejavniki lahko vplivajo na stagnacijo urbanih območij.

### ABSTRACT

The initial purpose of this research was to understand the basic patterns of urban shrinkage in Serbia. Urban shrinkage, a common phenomenon in post-socialist countries, is a novelty, albeit very present in Serbia today. Despite presenting a huge challenge for the future of the country, it has not been studied sufficiently at any level. To understand this situation, the first "task" would certainly be to identify which cities in Serbia can be considered as shrinking in a local context. The research will focus on this issue through the development of four models of shrinking cities in Serbia according to globally based factors of urban shrinkage. The aim of the paper is to clarify the potential of their use and to explore the possible locally-based factors of urban shrinkage.

### KLJUČNE BESEDE

načrtovanje urbanega razvoja, stagnacija urbanih območij, postsocialistična mesta, globalno-lokalno, Srbija

### KEY WORDS

Urban planning, urban shrinkage, post-socialist city, global-local, Serbia

## 1 INTRODUCTION

The phenomenon of urban shrinkage is not something new, it has been occurring since the beginning of civilisation (Oswalt and Rienets, 2006). However, the massive scale of urban shrinkage in the late 20<sup>th</sup> and early 21<sup>st</sup> century has led to a new overview of this issue, which is becoming a global one (Bontje and Muster, 2012; Pallagst et al., 2014). The process of urban shrinkage is especially noticeable in the cities of developed countries with demographic decline. Thus, instead of the widely accepted view of urban shrinkage as something accidental and exceptional, civilisation should observe it as a normal process in future urbanisation (Oswalt, 2008; Haase et al., 2014).

The importance and spread of urban shrinkage have also attracted the attention of scientific circles, especially in Europe (Stryjakiewicz, 2013; Rink et al., 2014). Research into the phenomenon, as well as the multiple approaches dealing with it, have formed the concept of shrinking cities and have made it internationally significant (Haase et al., 2016). One of the main influences on the formation of this concept has certainly been the extreme nature of urban shrinkage in cities and urban regions in Central and Eastern Europe during the post-socialist transition (Stryjakiewicz, 2014). “Yet it is the former socialist transformation regions in Central and Eastern Europe that have been hit hardest by population decrease and industrial regression since the political changes in 1990” (Wiechmann, 2009, 5). The phenomenon is widespread here with the majority of bigger cities in this part of Europe in demographic decline (Turok and Mykhnenko, 2007; Haase et al, 2016b). Moreover, medium-sized cities in post-socialist Europe are especially afflicted (Wiechmann and Pallagst, 2012). Consequently, the seriousness of urban shrinkage has caused vibrant discussions on all spatial levels among European experts in the new millennium (Pallagst, 2010).

This evident contribution of European research and practice seems to have had little influence on the Serbian context, despite major figures proving that urban shrinkage has become a new “normality”. The strong majority of listed urban settlements in Serbia reported population decline in the last census (SORS, 2011). However, planning practice in Serbia seems to be silent on these signals. The general urban plans of Serbian cities are a good example, because they present some actions which directly conflict with urban shrinkage, such as the widening of city built areas. On the other hand, general urban plans are internationally recognised as very important policy documents for laying out possible solutions to this issue (Domhardt and Troeger-Weiß, 2009; Pallagst, 2010). Additionally, they can provide the innovative planning actions that are necessary to cope with urban shrinkage (Jessen, 2006).

In this unenviable situation, the first task would certainly involve understanding the scale of the problem of urban shrinkage in this country. In other words, the main problem is how to identify which urban areas can be considered as shrinking ones at a national level.

Knowing that the concept of shrinking cities has a global dimension, any action against urban shrinkage in Serbia needs adequate adaptations to local conditions. However, measuring shrinkage in a transitional post-socialist country such as Serbia, which itself is shrinking by many indicators, is challenging regarding the measurement criteria, limits/”thresholds” and research units. The latter includes the rather unclear official definition of a city and its relationship to a “real” urban area.

Given these objectives, this research is to examine this problem with consideration to the local distin-

ness of the research process and unit. Initially, it revises internationally recognised factors of urban shrinkage but, through their customisation and the creation of identification models, the research results into a typology of shrinking urban areas in Serbia. Four types, identified by acquired shrinkage models, can be a starting point for relevant urban development, such as to define their vulnerability and accompanying actions or to propose which level in the country should be responsible to implement them. Furthermore, the spatial distribution of identified shrinking urban areas across Serbia is used to understand the advantages and disadvantages of implying internationally recognised factors in the case of Serbia. Their implications on the models enables the introduction and use of additional, locally revealed factors of urban shrinkage in Serbia, such as the proximity to borders and or the distance from national and regional capitals, as decision-making cores in centralised countries such as Serbia.

## 2 METHODS

The methodology in the research is tailored according to three steps. The critical analysis of the main international theoretical sources is used in the first tier. The definition of urban shrinkage is linked with this issue. The complexity and diversity of shrinking cities is complicated by their definition (Haase et al., 2016b). It is also connected with the general lack of a definition of “urban” (Bernt, 2015). In other words, because there is no “simple path” to define urban shrinkage (Avila de Sousa et al., 2011), this approach is functional in order to determine which of the factors of urban shrinkage are crucial.

The second step was the customisation of the obtained findings to the data available in Serbian conditions. Thus, reliable official statistical data with a history of stable and regular interval collecting is used; from the Statistical Office of the Republic of Serbia for the definition of (urban) settlement and demographic data and from the National Agency for Regional Development for economic data.

The third step is urban modelling. It refers to a qualitative transformation from an adequate urbanism-related theory into a formal urban model, as a scientifically simplified construct of the urban spatial structure (Batty, 2009). For the proposed research of urban shrinking as a relatively new phenomenon, urban models are more suitable because urban modelling is more focused on balancing the current state of things rather than on traditional urban dynamics (Simmonds et al., 2013). Furthermore, urban modelling allows the formation of several solution models, i.e. several models for identifying which urban areas should be named as shrinking ones in a Serbian context.

Urban modelling in all conducted analyses in this research is based on two approaches - maximal and minimal approach. They are settled according research aim, to make a distinction between globally-known and locally adjusted limits/”thresholds” and all analyses by derived criteria. Therefore, maximal approach is always related to a globally-confirmed limit and consequently identifies the maximal number of affected cities by a criterion. Conversely, minimal approach is with locally adjusted limit, focused on more vulnerable cases and it correlates to the minimal number of identified cities by a criterion thereof.

### 2.1 Theoretical Framework as a Baseline of Criteria

Shrinkage at an urban and regional level is a complex phenomenon because of its multi-dimensional, multi-scalar and multi-temporal character (Bontje and Musterd, 2012). Generally, urban shrinkage is

the “reflection” of a process caused by numerous factors, especially those from the economic and demographic sphere (Haase et al., 2014). Nowadays, all of these factors are very common and interconnected (Pallagst, 2009). To clarify previous factors, the existing interpretations of urban shrinkage are given as the theoretical fundamentals for the preliminary criteria in Table 1.

Table 1: Theoretical fundamentals of urban shrinkage/shrinking city.

<b>Fundamentals</b>	<b>Authors</b>
importance of deindustrialisation as a major cause of economic decline	Bontje, 2005
decline of urban population and economic activity	Oswalt, 2006
decreasing population, deindustrialisation, suburbanisation	Rink et al., 2009
economic transformation, population loss	Pallagst, 2010; Pallagst, 2010
decreasing population, deindustrialisation, suburbanisation	Rink et al. 2009
emigration, decrease in birth rate, industrial regression and (sudden) political changes	Wiechmann and Pallagst, 2012
weak economic issues, population flight, capital and human loss	Martinez-Fernandez et al., 2012
demographic decline	Avila de Sousa et al., 2011
economic decline, suburbanisation/urban sprawl and natural demographic change	Bernt et al., 2014
declining local economies, demographic change, suburbanization and population loss	Haase et al., 2014
demographic decline, deindustrialisation, suburbanisation and urban sprawl	Panagopoulos et al., 2015

All the presented interpretations can generally be organised around three main “pillars”, which are given by their frequency: negative demographic changes (especially population decline), economic decline (especially deindustrialisation), and suburbanisation/urban sprawl.

All three criteria have a clear reflection in urban space, but with untraditional patterns of distribution of population and the economy. Florentin (2010), Vujičić and Đukić (2015) point out that a shrinking city significantly deviates from the traditional concept of a compact city. Similarly, Lutke-Daldrup (2001) depicts the spatial manifestation of this phenomenon as a “perforated city”, where spatial holes of abandoned land – so called brownfields – dramatically degrade the urban fabric. Nevertheless, a significant decline in the population leads to property and land vacancy (van Dalen and Henkens, 2011), causing pressure for the better use of existing building stock (housing in particular) and urban land, as well as to prevent further urban sprawl. Economic decline is related to the loss of jobs in a certain area; this loss more pertains to industry than to the tertiary sector (Fol and Cunningham-Sabot, 2010). This means that those parts of urban areas that are more dependent on industry are traditionally more affected by general economic decline than others where the tertiary sector is a major employer. Therefore, economic decline can be amortised by brownfield regeneration – the successful transformation of old industrial areas into new service, trade and technology hubs (Panagopoulos, 2009).

## 2.2 Research Unit

Defining the research unit is complex and requires more explanation because the official meaning of a

city in Serbia (Serb. *grad/zpad*) has strictly an administrative character (GRS, 2007) and, therefore, differs from the meaning of a major urban area. In fact, the officially named cities in Serbia were previously municipalities, with bigger urban settlements as their seats and a huge dependent rural area around them. Serbian administrative “cities” are also among the biggest units of local self-government in Europe by both area and population (Vasiljević 2008). This is in stark contrast to the essence of a city. Thus, these “cities” are inconvenient for this kind of research.

The second official term in Serbia is the statistical term of urban settlement (Serb. *gradsko naselje / zpadsko naselje*). There are 167 statistically-registered urban settlements in Central Serbia and Vojvodina, according to the last census (SORS, 2014). Since the census of 1981, all urban settlements have been statistically listed in this manner by just one, administrative-legal criterion. Before that, the combination of three criteria was used – settlement size (number of inhabitants > 2,000), the percentage of non-agricultural population (> 90%) and the possession of urban characteristics (by physical aspect) (Stevanović 2004). Although most of them correspond to the traditional meaning of a physically separated urban settlement, they vary greatly by many important indicators, such as size and structure. For example, Divčibare (mountain resort) has less than 200 inhabitants and a sparse settlement structure. This feature is a deficiency for the presented research.

Thus, a new approach related to the national nomenclature of territorial units (aka NUTS) will be used. First, level 3 of the NUTS system in Serbia fully corresponds to the official districts in Serbia, which have been official territorial units since 1991-1992 (Milosavljević, 2009), i.e. during the years of post-socialist transition when urban shrinkage occurred. Second, the NUTS system is based on international/European standards. Third, this system had a strong influence on the organisation of functional urban areas in the operative Spatial Plan of the Republic of Serbia (Živanović et al., 2015). Furthermore, the seats of 25 NUTS3 units in present day Vojvodina and Central Serbia (GRS, 2009-10) are the cores of major urban areas and they have historically been seen as economic, administrative and cultural centres of a wider surrounding (Figure 1).

Considering the size of the selected urban areas, all of them have a main (urban) settlement with more than 30,000 inhabitants. This is also linked with the stance on the importance of a general urban plan for the main topic. According to Law on Planning and Construction, “the General Urban Plan is drawn up for a populated settlement which is the seat of a unit of local administration, and has a population of over 30,000 inhabitants” (MCTI, 2009-2014, Art. 23). Nevertheless, this type of a plan always includes suburban settlements aside from the main settlement. Continuously built-up areas have also proved to be very suitable to delineate urban settlements (Drobne et al., 2014). Therefore, the intention for this approach is very rational; it covers the entire urban area, both functionally and physically, and the urban area defined by a general urban plan is chosen as a research unit thereof.

Finally, the mentioned approach enables the simplification of the preliminary criteria, because suburbanisation as a criterion has already been covered by the definition of an urban area as a research unit. Accordingly, the entire research is based on an analysis by two criteria: population decline and economic decline.



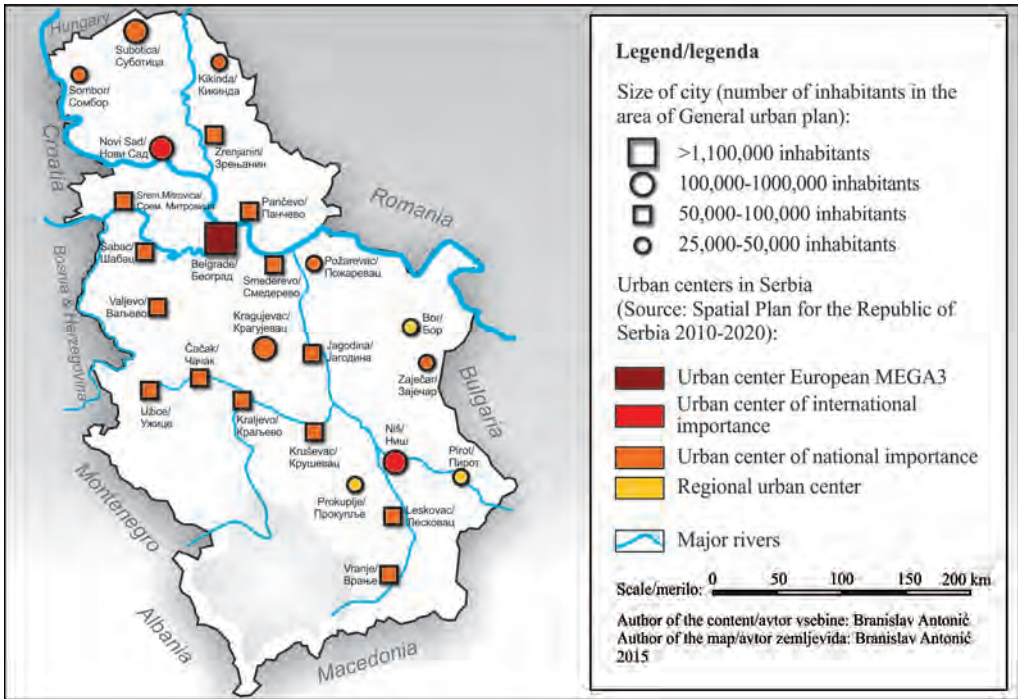


Figure 1: Basic data about the selected urban areas as research units.

### 2.3 Demographic criterion

The demographic analysis is based on statistical data from the last two official censuses, conducted in 2002 and 2011. The analysis of demographic trends in the previous inter-census interval (1991-2002) is difficult, because of the strong influence of the mass immigration of refugees and internally displaced persons in Serbia during the Yugoslav wars of the 1990s. Similar demographic patterns have also been visible in the other former Yugoslav countries affected by the wars (Vujičić and Đukić, 2015; Lončar and Braičić, 2016). However, urban shrinkage has also occurred in those parts of South-eastern Europe where there has not been war or it was not intensive and long-lasting. The presence of urban shrinkage in Romania and Macedonia is a good illustration of this (Constantinescu, 2012; Siljanoska et al., 2012). This acknowledgement points to the fact that the phenomenon is in line with ongoing global and regional trends.

A negative demographic trend in Serbian urban areas is one of the main consequences of the general demographic decline at a national and regional level. There have been cases of both negative population growth and intensive emigration. For example, more than 4 million people (7% of the population) emigrated from the Balkans in the 1990s (Dimou and Schaffar, 2008). In Serbia, the first factor is certainly an insufficient fertility rate, which has been ongoing since the middle of the 20th century (Tucović and Stevanović, 2007), but its negative consequences have been particularly noticeable in the post-socialist transitional period. The official data from the National Statistics Office shows that the national mortality

rate was more than 50% higher than the birth rate in 2015 (Radivojša, 2016). This huge demographic gap has also been strongly influenced by very negative emigration rates in the last decades. More than 300,000 people have emigrated from Serbia since the first emigration wave in the 1960s. They account for almost 5% of the total population in present-day Serbia (Stanković, 2014). Considering the above-mentioned demographic trends, the influx of refugees in the 1990s can even be perceived as a “gain” for the country (Nikitović and Lukić, 2009; Stanković, 2014).

K. Pallagast briefly defines urban shrinkage as the process of dramatic population decline over a short interval (Pallagast 2009). The measurement of the “dramatic loss of population” should be understood in a local context. Therefore, the “minimal” approach is connected with the overall decline of the urban population at a national level as a limit between two last national censuses (2002 and 2011). The quotient between the population values (2011/2002) is 0.958 (Figure 4). The “maximal” approach deals with simple “population growth/decline” limit -  $k > 1.0$  growth,  $k < 1$  decline (Figure 2).



Figure 2: Demographic growth/decline of urban areas in Serbia.

## 2.4 Economic criterion

The most relevant indicator for economic analysis is certainly the comparison of the economic parameters per city before the post-socialist transition with the current ones. This is still a very problematic threshold in the case of Serbia. For example, the gross domestic product in Serbia in 2012 was only 60% of the level in 1989 (Kovačević, 2013). Then, the performance of various economic sectors was very different. Industry, developed as the key economic sector in socialist countries, was especially affected by the transition (Cercloux et al, 2015). Thus, many thriving industrial plants from the socialist period are abandoned today (Figure 3). Serbian industry in 1998 was almost 1/3 of the industry in 1990 (Zeković, 2000). In fact, only three urban areas in Serbia have reached the economic level of 1989: Novi Sad, Belgrade, and Niš (Kostić, 2007). All of them have inherited a well-developed service sector and a concentration of administration, which have proven to be more adaptive to the new market economy (Hamilton et al., 2005).

The “minimal” approach refers to local conditions, which have changed appreciably in the last 15 years (Miljanović et al, 2010). The previous statement about the different performances of economic sectors in Serbia proves that the minimal economic approach should be related to a multi-sector indicator. Furthermore, it should be easy to compare with the national level. Therefore, the minimal approach is based on the most recent official multi-criteria indicator - the level of local development. This indicator includes indicative socio-economic parameters, such as income per capita, level of employment, retail

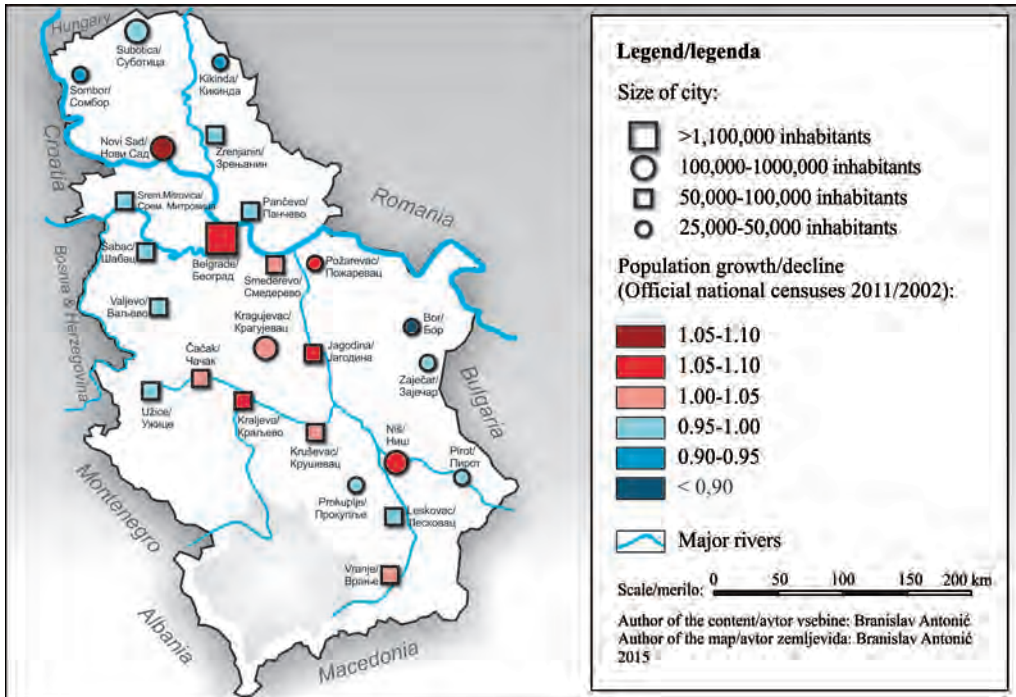


Figure 3: Abandoned and dilapidated buildings of old industrial zones; Sremska Mitrovica (Serbia) - well-known symbols of urban shrinking (Author: Antić Branislav).

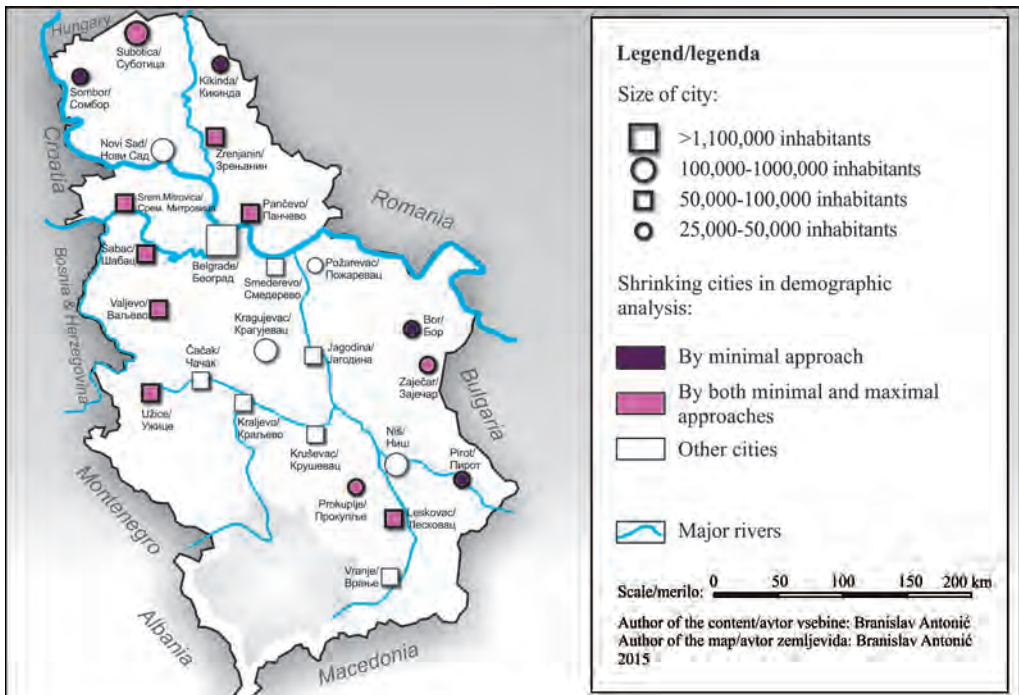


Figure 4: Economic growth/decline of urban areas in Serbia.

trade per capita, and the number of telephone subscribers per 100 inhabitants (Miljanović et al, 2010). All units of local government (municipalities and cities) are divided into four groups by level of local development (GRS, 2009-10). The units with a development above the national average are listed in the first group. The remaining units are sorted into three other groups, where local development is 80-100%, 50-100% and <50% of the national average, respectively (RR, 2014). Given that cities are generally better developed than other units of local government in Serbia, the limit in the “minimal” approach is based on the “above/below national level” dichotomy (Figure 4).

### 3 RESULTS

#### Demographic analysis:

Table 2: Shrinking urban areas by demographic criteria - two proposed approaches.

Approach	Limit	Urban areas - number and percentage
Minimal	< 0.958	4 (16%)
Maximal	< 1.000	14 (56%)

The setting of two demographic limits in Table 2 produces two very different results. With the minimal approach, based on a locally-based limit, only 4 urban areas in Serbia are affected by a shrinking population; in contrast, the use of the maximal approach leads to 14 targeted urban areas, which is more than half of all the selected research units. This is also observable in Figure 5, where the difference between the affected cities by the two approaches is highlighted.

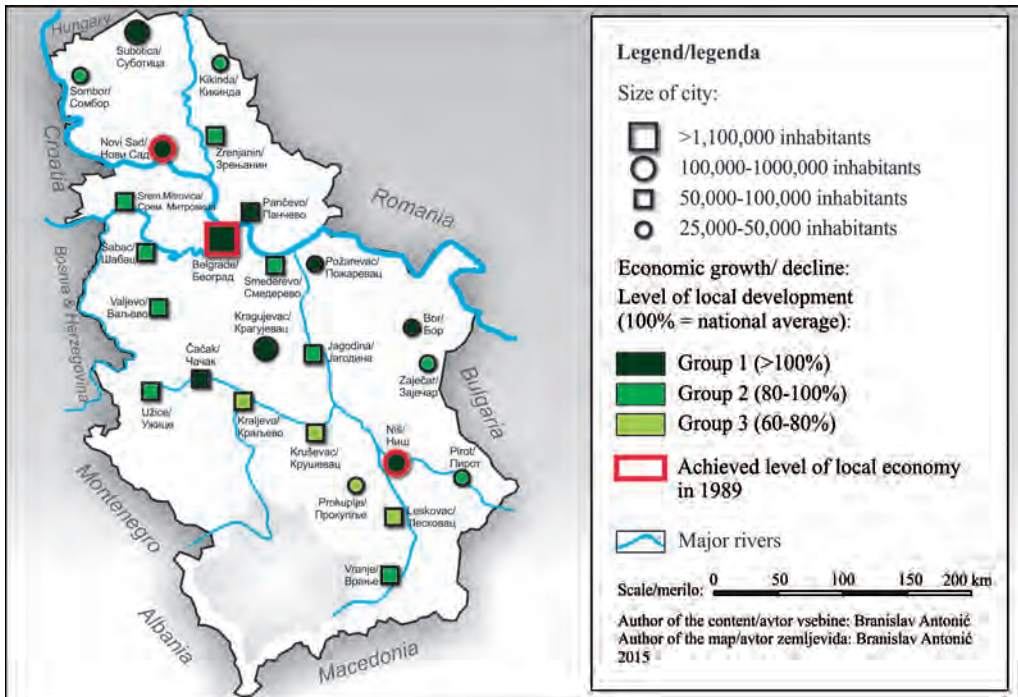


Figure 5: Urban shrinkage by demographic decline – two approaches.



**Economic analysis:**

Table 3: Shrinking urban areas by economic criterion - two proposed approaches.

Approach	Limit	Urban areas - number and percentage
Minimal	< national average of local development	16 (64%)
Maximal	Non-achieved level of economy in 1989	22 (88%)

The obtained figures in Table 3 clarify that the gap between the minimal and maximal approach is smaller than in the demographic analysis. However, economic performance is more negative than in the previous analysis – an absolute majority of Serbian urban areas presents shrinking patterns with both approaches in the economic analysis. Figure 6 illustratively reveals this observation – only three major cities are not marked as shrinking ones.

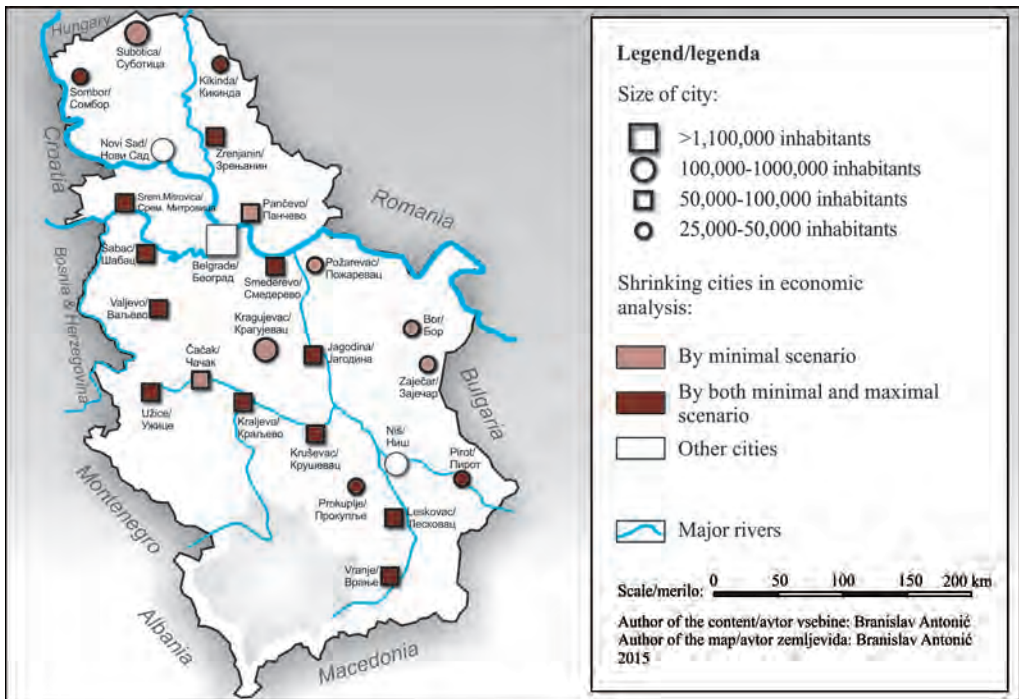


Figure 6: Urban shrinkage by economic decline – two approaches.

The formation of the four proposed models is founded on all the presented approaches of both analyses. Concretely, every model is constructed as an intersection of the identified shrinking urban areas by two approaches: one from the demographic analysis and one from the economic analysis (Table 4). In other words, the identified shrinking urban areas in a model need to be shrinking ones according to both approaches, which is illustrated in Figure 7.

RECEIVED MANUSCRIPT | PEER-REVIEWED ARTICLES | SJ EN

Table 4: Four models for identifying shrinking urban areas in Serbia.

Model No	Explanation of combined demographic (D) and economic (E) approaches	Number/percentage of urban areas
1.	Maximal D + maximal E	14 (56%)
2.	Maximal D + minimal E	11 (44%)
3.	Minimal D + maximal E	4 (16%)
4.	Minimal D + minimal E	3 (12%)

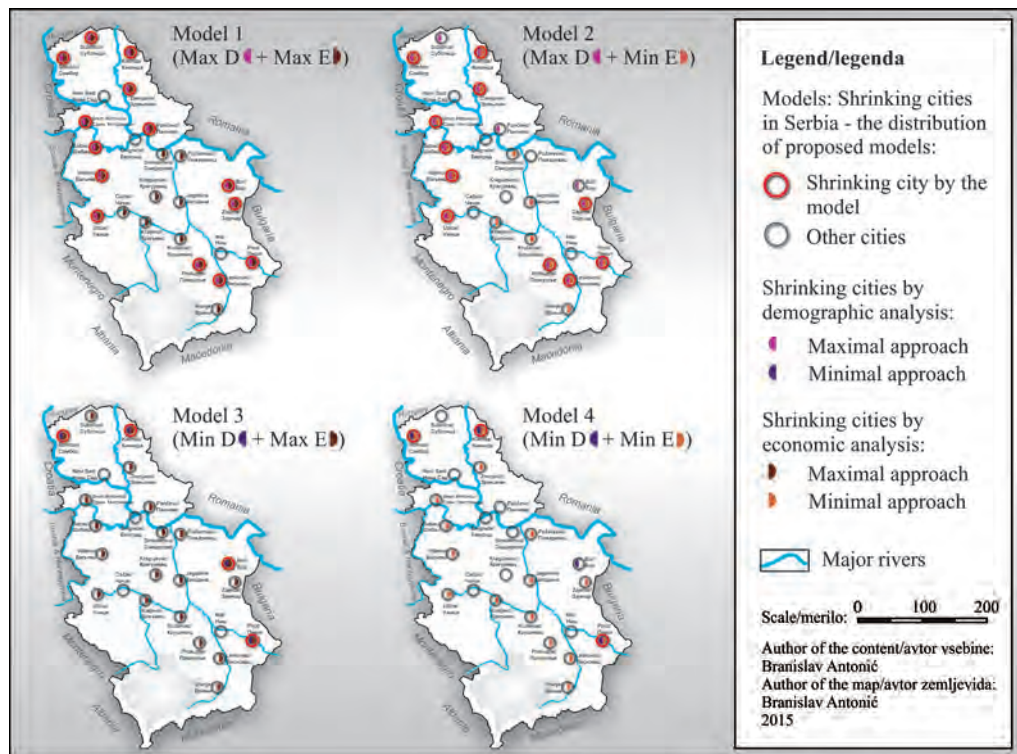


Figure 7: Spatial distribution based on the four models of shrinking urban areas in Serbia.

The four created models of identified urban shrinkage in Serbia differ greatly by the number of included urban areas. The first model shows clearly that the use of globally-based factors as criteria (“simple” growth/decline patterns) leads to an “extreme” in the number - thereby the majority of analysed urban areas are listed as shrinking ones (56%). This would simply prevent a qualitative focus on the more vulnerable cases in the country in any future policy or strategy. The fourth model, as an opposite example, can also raise some doubt. It is developed by minimal approaches, where only three urban areas are identified due to the use of local limits in both analyses. If it repeats that Serbia is generally a “shrinking” post-socialist country by many indicators, the overview that only 12% of the analysed cases are listed as shrinking urban areas can be observed as very narrow and incompatible with the national level.



Two models with a mix of minimal and maximal approaches present the “middle” in the instance of the identified cases. The gap between the included urban areas by those models is wide (44% vs.16%). The reason is certainly related to the fact that the results by economic analysis are more severe. Actually, the number of identified urban areas by the minimal economic approach (64%) is higher than the number identified by the maximal demographic approach (56%). This can be explained as a postponed demographic consequence of the Yugoslav wars and the related resettlement. The difference between the values obtained by the maximal and minimal approaches is very noticeable in the case of the demographic analysis (56% and 16%, respectively). Thus, it is doubtful that demographic indicators, which are the most usual “markers” for urban shrinkage globally, are crucial for the evaluation of the phenomenon in Serbia. Hence, the introduction of locally-based criteria and limits has proven not only to be reliable, but also necessary.

#### 4 Discussion – proposed typology

The presented figures and their mappings imply a grouping of the identified shrinking urban areas in Serbia. The four elaborated models enable the possible formation of three types of shrinking urban areas in Serbia (Figure 8).

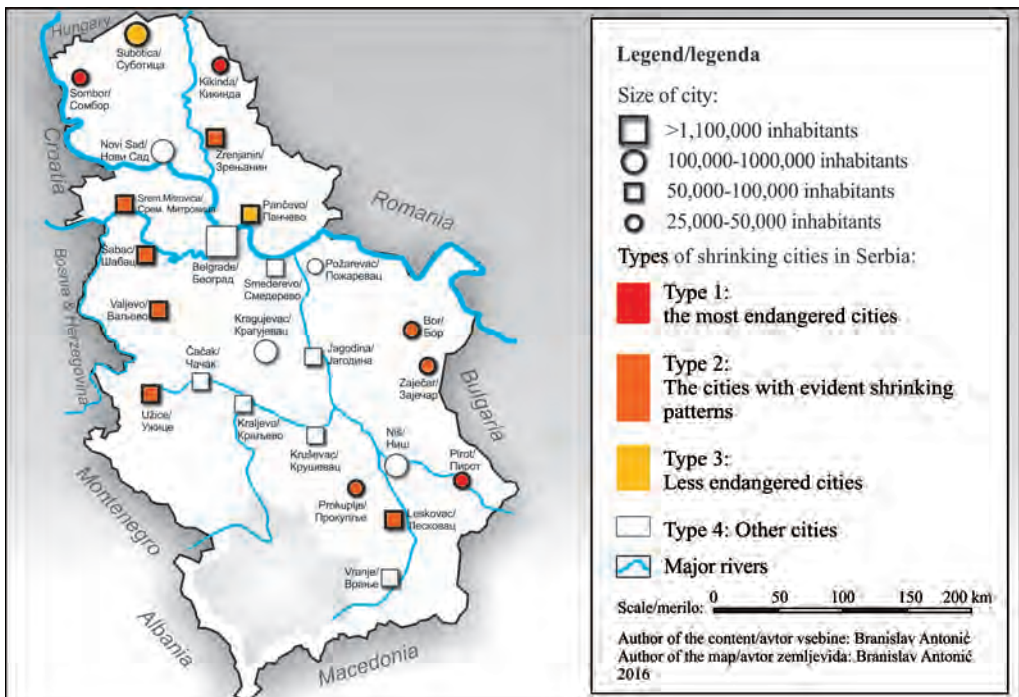


Figure 8: The possible typology of shrinking urban areas in Serbia, developed from the proposed four models.

This can become an appropriate foundation for further actions and policies, as well as for the involved actors (Table 5). The creation of actions is placed on the previously interpreted link between demographic and economic decline and their reflection in an urban space.

Table 5: Three types of shrinking urban areas in Serbia with relevant actions and actors.

Type	Cities / areas	Urban	Major problems	Relevant actions	Relevant actors - levels
1.	Kikinda, Pirot, Sombor, Bor		Severe economic and demographic decline	strict prevention of urban sprawl brownfield projects, direct support to the tertiary sector revitalisation of urban land and housing	Key actors at a national and regional level
2.	Leskovac, Prokuplje, Sremska Mitrovica, Šabac, Užice, Valjevo, Zaječar, Zrenjanin		Severe economic and noticeable demographic decline	prevention of urban sprawl brownfield projects indirect support to the tertiary sector revitalisation of urban land	The distribution of competence between different levels (national, regional, and local)
3.	Pančevo, Subotica		Noticeable economic and small demographic decline	minimisation of urban sprawl indirect support to brownfield projects indirect support to the tertiary sector	Key actors at a local level

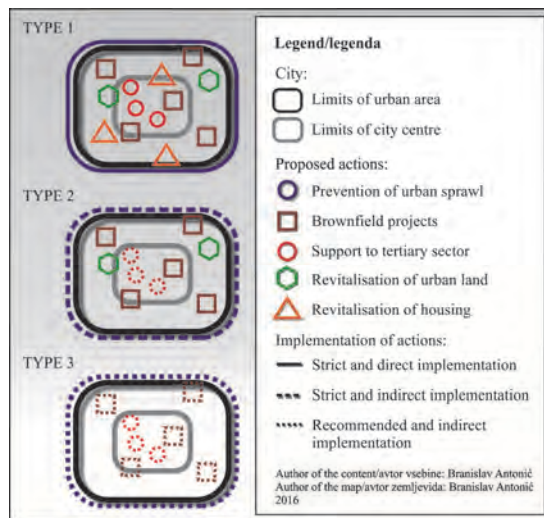


Figure 9: Spatial organisation of the urban development of three types of shrinking cities in Serbia.

## 6 CONCLUSION

Many urban areas in Serbia are shrinking today. This is to be expected, considering the well-known long-term negative trends in the Serbian population and the immense problems in the post-socialist transformation of the Serbian economy. Nevertheless, the proposed modelling and, thereby, the extracted types of shrinking cities in Serbia confirm that the number and structure of the identified shrinking urban areas in the country can vary greatly depending on which scientifically selected methodology is used. This means that the future of shrinking cities in Serbia can be differently shaped depending on the selected policy and relevant actors. Introducing actors from different levels (state, regional, local) in this process, the proposed typology can even reaffirm the role of urban planning in Serbia, which can prosper as a result of better ties between cities and the state (Stupar, 2015).

Aside from the proposed typology, the graphical distribution of the urban areas affected by the criteria of urban shrinkage on the presented maps facilitates the finding of some “covert” and locally-specific

factors of urban shrinking. For instance, it can be observed that the proximity to national borders can significantly deteriorate the perspectives of Serbian urban areas and lead to urban shrinkage. The mentioned observation is not stressed enough in current academic observations, and it is less noticeable in the cases of Europe, the USA, and Russia. Serbian centralised governance and lengthy isolation during the Yugoslavian crisis have probably influenced the presence of both the mentioned spatial patterns. Moreover, the presented mapping and the spatial distribution of the proposed types also reveal that there are no patterns of regional concentration of urban shrinkage in Serbia, which can commonly be noticed in academic literature (Bontje and Musterd, 2012).

Therefore, the presented paper should only be considered as an initial step and as pilot-research into an apparently much greater and very complex theme. For further research, it is very important to expand the list of indicators of urban shrinkage, such as the proximity to borders or the proximity to capital cities, etc. The research should also include a geographic representation of urban shrinkage in a wider area (especially national) to achieve new scientific inputs related to the position of the urban areas and urban network.

**Literature and references:**

Avila de Sousa, S., Cottineau, C., Dietersdorfer, L., Fernandez Agueda, B., Gonul, D., Hoemke, M., Wolff, M. (2011). Mapping Urban Shrinkage in Europe. Final Report. Dortmund. [http://www.shrinkingcities.eu/fileadmin/Dortmund/COST\\_Training\\_School\\_Report\\_final.pdf](http://www.shrinkingcities.eu/fileadmin/Dortmund/COST_Training_School_Report_final.pdf), accessed 6. 7. 2014.

Batty, M. (2009). Urban Modeling. Oxford: Elsevier. <http://www.casa.ucl.ac.uk/rits/BATTY-Urban-Modelling-2009.pdf>, accessed 6. 7. 2014.

Cerleux, A. L., Peptenatu, D., Merciu, F.C. (2015). Structural dynamics of tertiary activities in industrial parks in Bucharest, Romania. *Acta Geographica Slovenica*, 55 (2), 271–281. Ljubljana. DOI: <http://dx.doi.org/10.3986/AGS.753>

Bernt, M., Haase, A., Großmann, K., Cocks, M., Couch, C., Cortese, C., Krzysztofik, R. (2014). How does (n't) Urban Shrinkage get onto the Agenda? Experiences from Leipzig. Liverpool, Genoa and Bytom: International journal of urban and regional research, 38 (5), 1749–1766. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/1468-2427.12101>

Bernt, M. (2016). The Limits of Shrinkage: Conceptual Pitfalls and Alternatives in the Discussion of Urban Population Loss. *International journal of urban and regional research*, 40 (2), 441–450. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/1468-2427.12289>

Bontje, M. (2005). Facing the challenge of shrinking cities in East Germany: The case of Leipzig. *GeoJournal*, 61 (1), 13–21. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10670-004-0843-7>

Bontje, M., Musterd, S. (2012). Understanding Shrinkage in European Regions. *Built Environment*, 38 (2), 153–161. DOI: <https://doi.org/10.2148/benv.38.2.153>

Constantinescu, I. P. (2012). Shrinking Cities in Romania: Former Mining Cities in Valea Jiului. *Built Environment*, 38 (2), 214–228. DOI: <http://dx.doi.org/10.2148/benv.38.2.214>

Van Dalen, H., Henkens, K. (2011). Who fears and who welcomes population decline? *Demographic Research*, 25, 437–464. DOI: <https://doi.org/10.4054/DemRes.2011.25.13>

Dimou, M. Schaffar, A. (2009). Urban Hierarchies and City Growth in the Balkans. *Urban studies*, 46 (13), 2891–2906. DOI: <https://doi.org/10.1177/0042098009344993>

Domhardt, H., Troeger-Weiß, G. (2009). Germany's Shrinkage on a Small Town Scale. *The Future of Shrinking Cities 1*. Berkeley. [http://www.rop.tu-dortmund.de/cms/Mediendownload/Downloads/The\\_Future\\_of\\_Shrinking\\_MG-2009-01.pdf](http://www.rop.tu-dortmund.de/cms/Mediendownload/Downloads/The_Future_of_Shrinking_MG-2009-01.pdf), accessed 6. 7. 2014.

Drobne, S., Žaucer, T., Foški, M., Zavodnik Lamovšek, A. (2014). Continuous built-up areas as a measure for delineation of urban settlements. *Geodetski vestnik*, 58 (1), 69–102. DOI: <http://dx.doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2014.01.069-102>

Florentin, D. (2010). The “Perforated City:” Leipzig’s Model of Urban Shrinkage Management. *Berkeley Planning Journal*, 23 (1), 83–101. <https://escholarship.org/uc/item/97p1p1jx>, accessed 29. 10. 2017.

Fol, S., Cunningham-Sabot, E. (2010). Urban Decline and Shrinking Cities: A Critical Assessment of Approaches to Urban Shrinkage. *Annales de géographie*, 4 (674), 359–383. DOI: <http://dx.doi.org/10.3917/ag.674.0359>

Government of the Republic of Serbia – GRS (2007). Закон о територијалној организацији Републике Србије (Law on Territorial Organization of Republic of Serbia). Belgrade: Official Gazette No 129/2007. <http://www.pravamanjina.rs/attachments/Zakon%20o%20teritorijalnoj.pdf>, accessed 7. 7. 2014.

Government of the Republic of Serbia – GRS (2009-10). Уредба о номенклатури статистичких територијалних јединица (Statute of the Nomenclature of Statistical Territorial Units). Belgrade: Official Gazette No 109/09 & 46/10. <http://rra-jug.rs/v2/wp-content/plugins/downloads-manager/upload/Uredba-o-nomenklaturi-statistickih-teritorijalnih-jedinica.pdf>, accessed 7. 7. 2014.

Hamilton, I., Andrews Dimitrovska, K., Pichler-Milanović N. (2005). Introduction. In Hamilton, I., Andrews Dimitrovska, K., Pichler-Milanović N. (eds.) *Transformation*

- of cities in central and Eastern Europe: Towards globalization (pp. 3–21). Tokyo: UN University Press.
- Haase, A., Rink, D., Grossmann, K., Bernt, M., Mykhenko, V. (2014). Conceptualizing urban shrinkage. *Environment and Planning A*, 46 (7), 1519–1534. DOI: <http://dx.doi.org/10.1068/a46269>
- Haase, A., Athanasopoulou, A., V., Rink, D. (2016). Urban shrinkage as an emerging concern for European policymaking. *European Urban and Regional Studies*, 23 (1), 103–107. DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/0969776413481371>
- Haase, A., Bernt, M., Grossmann, K., Mykhenko, V., Rink, D. (2016b). Varieties of shrinkage in European cities. *European Urban and Regional Studies*, 23 (1), 86–102. DOI: <http://dx.doi.org/10.1177/0969776413481985>
- Jessen, J. (2006). Urban Renewal – A Look Back to the Future. The Importance of Models in Renewing Urban Planning. *German Journal of Urban Studies*, 45 (1). <https://difu.de/node/5993>, accessed 6. 7. 2014.
- Kostić, S. (2007, July 24). Срећан повратак у 1989 (Happy Return in 1989). *Belgrade: Politika*. <http://www.politika.rs/scc/clanak/28622/%D0%A1%D1%80%D0%B5%D1%9B%D0%B0%D0%BD-%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B0%D0%BA-%D1%83-1989>, accessed 6. 7. 2014.
- Kovačević, M. (2013). Uzroci savremene ekonomske krize (The Causes of Cotemporary Economic Crisis). *Ekonomske ideje i praksa*, 9 (10), 55–57. <https://issuu.com/maxnova/docs/ekonomske-ideje-i-praksa-9-10-2013/219>, accessed 6. 7. 2014.
- Lončar, J., Braičić, Z. (2016). Industrial restructuring and downsizing: Case study of Central Croatia. *Acta Geographica Slovenica*, 56 (2), 209–220. DOI: <http://dx.doi.org/10.3986/AGS.1886>
- Lütke-Daldrup, E. (2001). Die perforierte Stadt. Eine Versuchsanordnung (The perforated city. A test arrangement). *Stadtbauwelt*, 150, 40–45.
- Martinez Fernandez, C., Audirac, I., Fol, S., Cunningham-Sabot, E. (2012). Shrinking Cities: Urban Challenges of Globalization. *International journal of urban and regional research*, 36 (2), 213–225. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1468-2427.2011.01092.x>
- Milosavljević, B. (2009). Систем локалне самоуправе у Србији – унапређено издање (System of Local Self-government in Serbia - Improved Edition). *Belgrade: Stalna konferencija gradova i opština*. [http://www.skgo.org/upload/files/Sistem\\_lokalne\\_samouprave\\_u\\_Srbiji.pdf](http://www.skgo.org/upload/files/Sistem_lokalne_samouprave_u_Srbiji.pdf), accessed 6. 7. 2014.
- Miljanović, D., Miličić, R., Đorđević, J. (2010). Regional inequality in Serbia as a development problem. *Acta Geographica Slovenica*, 50 (2), 253–275. DOI: <http://dx.doi.org/10.3986/AGS50204>
- Ministry of Construction, Transport and Infrastructure – MCTI (2009–2014). Закон о планирању и изградњи (Law on Planning and Construction). *Belgrade: Official Gazette No 2/2009, 81/2009, 64/2010, 24/2011, 121/2012, 42/2013, 50/2013, 98/2013, 132/2014 & 145/2014*. [http://crpd.gov.rs/registarplanskih dokumenata/Files/ZAKON%20%20PLANIRANJU%2019%20IZGRADNJI%20PREKTEKST%202015\\_0.pdf](http://crpd.gov.rs/registarplanskih dokumenata/Files/ZAKON%20%20PLANIRANJU%2019%20IZGRADNJI%20PREKTEKST%202015_0.pdf), accessed 7. 7. 2014.
- Ministry of Public Administration and Local Self-Government – MPALSG (2009–2010). Закон о регионалном развоју (Law on Regional Development). *Belgrade: Official Gazette No 51/2009 & 30/2010*. <http://rra-jug.rs/wp-content/plugins/downloads-manager/upload/Zakon%20o%20regionalnom%20razvoju.pdf>, accessed 7. 7. 2014.
- Nikitović, V., Lukić, V. (2009). Could Refugees Have a Significant Impact on the Future Demographic Change of Serbia? *International Migration*, 48 (1), 106–128. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1468-2435.2009.00519.x>
- Oswalt, P. (ed.) (2006). *Atlas of Shrinking Cities*. Ostfildern: Hatje Cantz.
- Oswalt, P., Rieniets, T. (ed.) (2006). *Shrinking Cities: Volume 1 – International Research*. Ostfildern: Hatje Cantz.
- Oswalt, P. (2008). Hypotheses on urban shrinking in the 21<sup>st</sup> century. <http://www.shrinkingcities.com/index.php?id=400&L=1>, accessed 6. 7. 2014.
- Pallagst K. (2007). Shrinking cities in the United States of America: Three cases, three planning stories. In: *Conference proceedings of The Future of Shrinking Cities - Problems, Patterns and Strategies of Urban Transformation in a Global Context*.
- Pallagst, K. (2010). Viewpoint: The planning research agenda: shrinking cities – a challenge for planning cultures. *Town Planning Review*, 81 (5), i–vi. DOI: <http://dx.doi.org/10.3828/tp.2010.22>
- Pallagst, K., Martinez- Fernandez, C., Wiechmann T. (eds.) (2014). *Shrinking cities: international perspectives and policy implications*. New York / London: Routledge.
- Panagopoulos, T. (2009). From Industrial to postindustrial landscapes – brownfield regeneration in shrinking cities. In *Proceedings of the 2<sup>nd</sup> WSEAS International Conference on Urban Planning and Transportation* (pp. 51–57). Rodos, Greece: July 22–24, 2009. <http://www.wseas.us/conferences/2009/rodos/upt/>, accessed 28. 10. 2017.
- Panagopoulos, T., Guimarães, M. H., Barreira, A. P. (2015). Influences on citizens' policy preferences for shrinking cities: a case study of four Portuguese cities. *Regional Studies, Regional Science*, 2 (1), 141–170. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/21681376.2015.1010225>
- Radivojša, B. (2016, June 30). У Србији највећи негативни природни прираштај у последњих 70 година (The most negative natural growth rate in the last 70 years in Serbia). *Belgrade: Politika*. <http://www.politika.rs/scc/clanak/358259/U-Srbiji-najveci-negativni-prirodni-prirastaj-u-poslednjih-70-godina>, accessed 7. 7. 2014.
- Regionalni razvoj – RR (2014). Степен развијености за 2014. годину (Level of Development for the year 2014). <http://www.regionalnirazvoj.gov.rs/Pages/ShowNARRFolder.aspx?mi=171>, accessed 6. 7. 2014.
- Rink, D., Haase, A., Bernt, M. (2009). Shrink Smart WP1 Paper D1-D3: Specification of working model. *Leipzig: Helmholtz Centre for Environmental Research*. [https://www.ufz.de/export/data/400/39013\\_WP1\\_Paper\\_D1\\_D3\\_FINAL300909.pdf](https://www.ufz.de/export/data/400/39013_WP1_Paper_D1_D3_FINAL300909.pdf), accessed 7. 7. 2014.
- Rink, D., Couch, C., Haase, A., Krzysztofiak, R., Nadolu B., Rumpel, P. (2014). The governance of urban shrinkage in cities of post-socialist Europe: policies, strategies and actors. *Urban Research & Practice*, 7 (3), 258–277. <http://dx.doi.org/10.1080/17535069.2014.966511>
- Siljanoska, J., Korobar, V., Stefanovska, J. (2012). Causes, Consequences and Challenges of Shrinkage: The Case of Small Cities in a Transition Society. *Built Environment*, 38 (2), 244–258. DOI: <https://doi.org/10.2148/benv.38.2.244>

- Simmonds, D., Waddell, P., Wegener, M. (2013). Equilibrium versus Dynamics in Urban Modelling. *Environmental Studies*, 40 (6), 1051–1070. DOI: <http://dx.doi.org/10.1068/b38208>
- Statistical Office of the Republic of Serbia – SORS (2011). Систематски списак насеља у Републици Србији (Systematic List of Settlements in the Republic of Serbia). Belgrade: SORS. [http://webzrzs.stat.gov.rs/WebSite/repository/documents/00/00/44/10/Sistematski\\_spisak\\_naselja.pdf](http://webzrzs.stat.gov.rs/WebSite/repository/documents/00/00/44/10/Sistematski_spisak_naselja.pdf), accessed 7. 7. 2014.
- Statistical Office of the Republic of Serbia – SORS (2014). Book 20 - Population - Comparative Review of Population number: 1948, 1953, 1961, 1971, 1981, 1991, 2002 & 2011. Belgrade: SORS. <http://pod2.stat.gov.rs/overakorisnika/ok.aspx?knjigaid=45&jezik=en-us>, accessed 6. 7. 2014.
- Stanković, V. (2014). Србија у процесу спољних миграција (Serbia in the Process of External Migrations). Belgrade: Statistical Office of the Republic of Serbia – SORS. <http://pod2.stat.gov.rs/ObjavljenePublikacije/Popis2011/Inostranstvo.pdf>, accessed 7. 7. 2014.
- Stevanović, R. (2004). Градска насеља Републике Србије у пописима становништва од 1948. до 2002. године (Urban Settlements in the Republic of Serbia in Population Censuses from 1948 to 2002). *Stanovništvo* 42 (1–4), 109–126. [http://www.komunikacija.org.rs/komunikacija/casopisi/stanov/XLII\\_1-4/06/download\\_ser\\_lat](http://www.komunikacija.org.rs/komunikacija/casopisi/stanov/XLII_1-4/06/download_ser_lat), accessed 7. 7. 2014.
- Stryjakiewicz, T. (2013). The Process of Urban Shrinkage and Its Consequences. *Romanian Journal of Regional Science*, 7, 29–40. <http://www.rrsa.ro/rjrs/V7SP2.Tadeus.pdf>, accessed 7. 7. 2014.
- Stryjakiewicz, T. (ed.) 2014. Kurczenie się miast w postsocjalistycznych krajach Europy Środkowo-Wschodniej i Południowo-Wschodniej (Shrinking cities in the post-socialist countries of Central-Eastern and South-East Europe). Poznań: Bogucki.
- Stupar, A. (2015). Cold War vs. architectural exchange: Belgrade beyond the confines? *Urban History*, 42 (4), 622–645. DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/S0963926815000528>
- Tucović, O., Stevanović, R. (2007). Природно кретање становништва Београда у другој половини XX и почетком XXI века (Natural trends of Belgrade population in the second half of 20<sup>th</sup> and at the beginnings of 21<sup>st</sup> century). Scientific paper. pp. 143–151. Belgrade: Geographical Institute "Jovan Cvijić" of Serbian academy of sciences and arts. [http://www.gi.sanu.ac.rs/site/media/gi/pdf/en/journal/057/gjic\\_zr\\_57\\_019\\_o\\_tucovic\\_r\\_stevanovic\\_srp\\_eng.pdf](http://www.gi.sanu.ac.rs/site/media/gi/pdf/en/journal/057/gjic_zr_57_019_o_tucovic_r_stevanovic_srp_eng.pdf), accessed 7. 7. 2014.
- 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>
- Vasiljević, D. (2008). Novi zakonski okvir za lokalnu samoupravu - Lokalna samouprava u Srbiji. Modeli organizacije lokalne samouprave: Slovenija, Hrvatska, Bosna i Hercegovina, Makedonija i Srbija (New Legislative Framework for Local Self-government - Local Self-government in Serbia. The models of Organization of Local Self-government: Slovenia, Croatia, Bosnia and Herzegovina, Macedonia and Serbia). Belgrade: PALGO Centar.
- 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: <http://dx.doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2015.03.520-536>
- Wiechmann, T. (2009). Conversion Strategies under Uncertainty in Post-Socialist Shrinking Cities: The Example of Dresden in Eastern Germany. *The Future of Shrinking Cities*. Berkeley. [https://www2.ioer.de/recherche/pdf/2007\\_wiechmann\\_conversion\\_strategies.pdf](https://www2.ioer.de/recherche/pdf/2007_wiechmann_conversion_strategies.pdf), accessed 7. 7. 2014.
- Wiechmann, T., Pallagst, K. (2012). Urban shrinkage in Germany and the USA: A Comparison of Transformation Patterns and Local Strategies. *International Journal of Urban and Regional Research*, 36 (2), 261–280. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1468-2427.2011.01095.x>
- Zeković, S. (2000). Possibilities of Sustainable Industrial Development in Serbia. *Facta Universitatis Series: Economics and Organization*, 1 (8), 35–42. <http://facta.junis.ni.ac.rs/eao/eao2000/eao2000-05.pdf>, accessed 7. 7. 2014.
- Živanović, Z., Tošić, B., Krevs, M. (2015). Multiple-Criteria Analysis as a Method for Defining Medium-sized Cities: The Example of Central Serbia. *Geodetski vestnik*, 59 (1), 102–115. DOI: <http://dx.doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2015.01.102-115>



Djukić A., Antonić B., Vujičić T. M. (2017). Urban shrinkage in a 'shrinking' Serbia – the approach to a global phenomenon in a local context. *Geodetski vestnik*, 61 (4), 614–629. DOI: [10.15292/geodetski-vestnik.2017.04.614-629](https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2017.04.614-629)

**Assoc. Prof. Dr. Aleksandra Djukić**  
University of Belgrade, Faculty of Architecture  
Bulevar kralja Aleksandra 73/II  
11000 Beograd, Serbia  
e-mail: [adjukic@afrodita.rcub.bg.ac.rs](mailto:adjukic@afrodita.rcub.bg.ac.rs)

**Researcher-Assistant Branislav Antonić**  
University of Belgrade, Faculty of Architecture  
Bulevar kralja Aleksandra 73/II  
11000 Beograd, Serbia  
e-mail: [antonic83@gmail.com](mailto:antonic83@gmail.com)

**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: [tijana.vujicic@aggf.unibl.org](mailto:tijana.vujicic@aggf.unibl.org)



# NOVA IZRAVNAVA HRVAŠKE GRAVIMETRČNE MREŽE 1. REDA

# NEW ADJUSTMENT OF THE CROATIAN FIRST ORDER GRAVITY NETWORK

Marija Repanić

UDK: 528.56(497.5)  
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01  
Prispelo: 20. 4. 2017  
Sprejeto: 20. 10. 2017

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2017.04.630-648  
SCIENTIFIC ARTICLE  
Received: 20. 4. 2017  
Accepted: 20. 10. 2017

## IZVLEČEK

V prispevku je predstavljen postopek izravnave hrvaške gravimetrične mreže 1. reda kot celote. V izravnavo so vključene absolutne in relativne gravimetrične meritve, ki so bile izvedene v štirih fazah. Podan je podroben opis vseh meritev, pa tudi ponovna obdelava absolutnih meritev in predhodna obdelava relativnih gravimetričnih meritev. Opisan je funkcionalni model izravnave, kjer kot neznanke nastopajo absolutne in relativne vrednosti težnega pospeška, popravki linearne kalibracijske konstante ter popravki linearne funkcije hoda gravimetra. V modelu nastopajo absolutne meritve težnega pospeška kot opazovanja. Rezultat izravnave so vrednosti težnega pospeška, ki precej odstopajo od rezultatov predhodnih izravnav, opravljenih v štirih fazah. Razlike presegajo velikost pričakovane natančnosti, kar je posledica pogreškov kalibracijskih konstant gravimetra, ki prej niso bili dovolj obravnavani. Zaradi tega smo določili novo linearno transformacijsko funkcijo prehoda iz Potsdamskega sistema težnosti v hrvaški gravimetrični referenčni sistem.

## ABSTRACT

The paper presents the new joint adjustment of the Croatian First Order Gravity Network, for the first time adjusted as a whole. The adjustment involves absolute and relative gravity measurements, latter performed in the course of four survey stages. Firstly, the measurements are concisely described. Revision of the absolute and pre-processing of the relative measurements are briefly presented. The applied adjustment model is described. Accordingly, the gravity values of all stations (absolute and relative), corrections of linear calibration coefficient and linear drift coefficients are included in the functional model as unknown parameters. The absolute measurements are included in the adjustment as observations. The new adjustment resulted in significantly different gravity values as compared to previous adjustments (of individual stages of the network). The differences in gravity values are an order of magnitude greater than the expected accuracy. It is shown that the differences are mainly due to the errors in the gravimeters' calibration constants, which were neglected in the previous adjustments. Because of the significant differences, the new linear transformation function from the Potsdam to the Croatian Gravity System is determined.

## KLJUČNE BESEDE

izravnava meritev v gravimetrični mreži, osnovna gravimetrična mreža, Hrvaška, kalibracijska konstanta

## KEY WORDS

gravity network adjustment, fundamental gravity network, Croatia, calibration constants



## 1 INTRODUCTION

In the last few decades, the availability of portable absolute gravimeters and their high accuracy made possible the establishment of national fundamental gravity networks based on absolute gravity measurements, which serve as a reference system (Wilmes, Richter, and Falk, 2003; Vitushkin, 2007). Moreover, the IAG adopted the Resolution no 2 (2015) for the establishment of the new Global Absolute Gravity Reference System based on the International Comparisons of Absolute Gravimeters (ICAG), which realisation also utilises measurements of superconducting gravimeters, in order to enable the interpolation between different epochs of measurements (Wilmes et al., 2016). Cyclic re-observations of national zero order absolute stations with properly maintained and regularly compared absolute gravimeters are usually carried out in order to provide up to date gravity values and to facilitate analysis of different geodynamic processes. Often, all available relative gravity measurements are then revised and re-adjusted but constrained with recent absolute measurements. For example, the new cycles of absolute measurements are carried out in Czech Republic, Slovakia, Hungary (Pálinkáš et al., 2013) and Slovenia (Medved et al., 2015). Re-adjustments of some fundamental networks followed (Csapó and Koppán, 2013; Lederer and Nesvadba, 2015). On the other hand, some European countries just established contemporary national gravity networks: e.g. Serbia (Odalović et al., 2012), Bosnia and Herzegovina (Abaza, 2014), or established zero-order stations which shall serve as a basis for fundamental networks: Montenegro, Kosovo and Albania (Mitterschiffthaler et al., 2016). Recently, field absolute gravimeters are also used for densification of zero order networks instead of, or as a complement to, traditionally used relative gravimeters. For example, national gravity networks of Poland and Finland are completely modernised and now comprise a smaller number of in-door stations, measured by a high precision FG5 absolute gravimeter, and a larger number of field stations measured by a field absolute gravimeter A10 (Makinen, Sękowski and Kryński, 2010; Bosy and Krynski, 2015). Field absolute gravimeters are also utilised in other European countries: Germany (Wziontek, Falk and Wilmes, 2015), France (Duquenne, Duquenne and Gattacceca, 2005), Sweden, Norway, Denmark (Krynski, 2015; Kempe et al., 2017), etc. In addition, there is a regional and global trend of integration of gravity networks with positioning and vertical networks, which is also followed on national scales.

In Croatia, a new cycle of absolute measurements is planned. However, before re-observation and re-adjustment of the Croatian Fundamental Gravity Network, significant improvement in accuracy of gravity values is possible based on existing data, which can also serve as a good basis for analysis of the two cycles of measurements and give an insight into the drawbacks of the existing measurements, which should be overcome in the future.

The Croatian Fundamental Gravity Network comprises the zero, the first and the second order networks (Pravilnik o načinu izvođenja osnovnih geodetskih radova, 2009). The Zero Order Gravity Network (ZOGN) initially comprised six stations determined by absolute gravimetry (Figure 1). The stations of the ZOGN were established in the course of two international projects in the period from 1996 to 2000. In place of the devastated station in Makarska (AGT05), its eccentric station has been included in the ZOGN (Bašić, Markovinović and Rezo, 2006).

The First Order Gravity Network (FOGN) initially covered the land part of the country and comprised 36 stations. The original network was established by the Faculty of Geodesy, University of Zagreb (FGUZ)

in 2003 in the course of a project contracted with the Croatian State Geodetic Administration (CSGA) (Bašić, Markovinović and Rezo, 2006). The network was extended in three stages (in 2007, 2008 and 2009) by the Croatian Geodetic Institute (CGI) and now also covers all major Croatian islands and comprises 59 stations (Figure 1, Repanić, Grgić and Bašić, 2014).

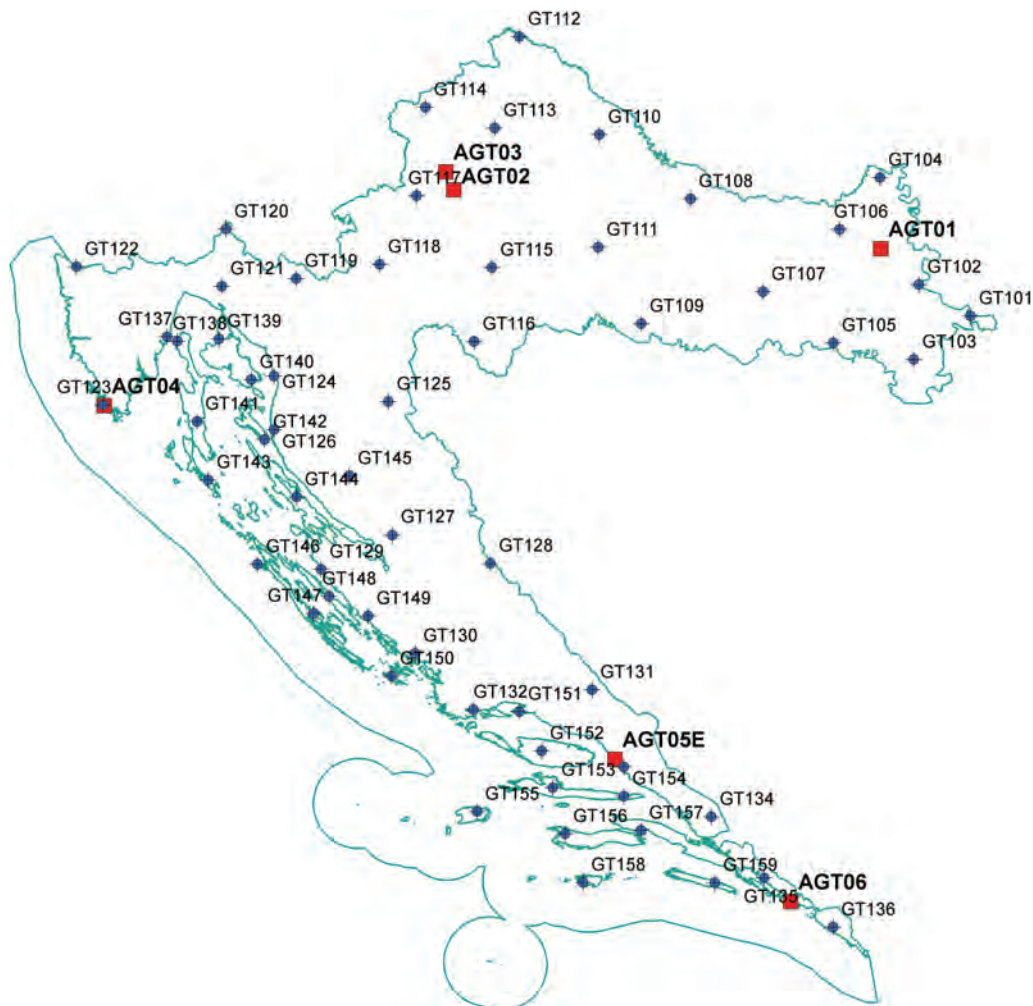


Figure 1: Stations of the Croatian Fundamental Gravity Network. Absolute gravity stations of the ZOGN are designated with AGT, while stations of the FOGN are designated with GT.

In 2008 the CGI started the establishment of the Second Order Gravity Network (SOGN). Due to the affiliation of the CGI to the CSGA in 2010, the latter continued the activities on the establishment of the SOGN. The measurements were completed in 2015 by the final, 11<sup>th</sup> stage. The network comprises 193 second order gravity stations. The processing and adjustment of the SOGN are in progress.

Up to now, the adjustment of the FOGN has been carried out separately for each of the four stages. The adjustment models applied for different stages are presented in Bašić, Markovinović and Rezo (2004;

2006); Markovinović (2009) and Repanić et al. (2010). Since the gravity values at the FOGN stations have been obtained from adjustments of the four individual parts of the network (corresponding to the four stages of the FOGN establishment) and because of different adjustment models applied, the need for a uniform joint adjustment of the whole network emerged. Thereby applied adjustment model should account for already perceived instrumental error influences. This paper presents the method and results of the new joint adjustment of the FOGN and comparison of its results with results of the previous adjustments.

## 2 MEASUREMENTS

### 2.1 Absolute gravity measurements in the Zero Order Gravity Network

The stations of the ZOGN were established in the course of two projects: the Connection of the Republic of Croatia to International Absolute Gravity Basestation Network in 1996 and the Unification of Gravity Systems in Central Europe (UNIGRACE). The projects in Croatia were coordinated by the FGUZ. Absolute gravity measurements, determination of vertical gravity gradients and relative connections to eccentric stations were carried out by the former German Institut for Applied Geodesy (IfAG), later German Federal Agency for Cartography and Geodesy (BKG) and French School and Observatory of Earth Sciences (EOST) (Table 1). The measurements have been documented in a number of technical reports, publications and other materials, which have been reviewed and summarised in the Report on data of the Croatian Absolute Gravity Network (compiled in the CGI by Ž. Hećimović). The vertical gravity gradients on stations AGT02 and AGT03 were also determined by the CSGA in 2013 and 2014 (Repanić, Kuhar and Malović, 2015).

Table 1: Overview of absolute gravity measurements at the ZOGN stations. For AGT01, the second measurement and AGT06, both measurements the data for actual height of measurement is not available.

Station	Measured by	Date of measurement	Instrument	g [nms <sup>-2</sup> ]	σ <sub>g</sub> [nms <sup>-2</sup> ]	Reference height [m]
AGT01	BKG	7.-8.8.2000.	FG5-101	9806582866	27	1.3038
AGT01	EOST	27.-29.11.2000.	FG5-206	9806583739	13	1.00
AGT02	IfAG	4.-5.6.1996.	FG5-101	9806618330	37	1.3148
AGT03	IfAG	6.-7.6.1996.	FG5-101	9805099032	10	1.3148
AGT04	IfAG	9.-10.6.1996.	FG5-101	9806070091	20	1.3107
AGT05	IfAG	11.-13.6.1996.	FG5-101	9804069258	27	1.3190
AGT06	EOST	26.-29.8.1999.	FG5-206	9803693491	24	1.00
AGT06	BKG	6.-8.4.2000.	FG5-101	9803692759	75	1.25

### 2.2 Relative gravity measurements in the First Order Gravity Network

The FOGN comprises 59 stations established in four stages (Figure 1). Stations GT101 to GT136 were established in stage 1, which covers the land part of the country and stations GT137 to GT145, GT146

to GT150 and GT151 to GT159 in stages 2, 3 and 4, which cover the north, the central and the south Adriatic islands, respectively. More detail information on the selection of locations, network design and measurement practice applied in the course of the FOGN survey is available in Bašić, Markovinović and Rezo (2004; 2006); Markovinović (2009) and Repanić et al. (2010). Below, only the data relevant for the network adjustment is given.

Measurements in all four stages were carried out using the same three Scintrex gravimeters (Table 2). Every station was connected to adjacent points by at least two connections, each measured twice. However, all three stages of the extension to the Adriatic islands significantly differ from the initial land part of the network as regards distances between stations and means of transportation. Specifically, besides car transportation, the extensions involved transportation by ferry boat and, in case of stage 2, even fast boat (catamaran) and speedboat. Furthermore, although stages 1 and 2 have been designed as a network of triangles, due to specific terrain configuration, available ferry lines and financial resources, network configurations of stages 3 and 4 have been much weaker. All three gravimeters were transported together and, if the station monumentation allowed, the readings of all three gravimeters were taken simultaneously. Stage 1 of the survey comprised 37 days of measurements, each involving from three to nine station occupations. Thereby, from one to five station occupations have been redundant to provide for at least linear daily drift determination. Stages 2, 3 and 4 involved 14, 5 and 9 days of measurements, respectively. In each day there have been two or three redundant station occupations.

Table 2: Relative gravimeters used for the survey of the FOGN.

Owner	Manufacturer	Model	Serial number
CSGA	Scintrex	CG-3M	4373
CSGA	Scintrex	CG-3M	4372
FGUZ	Scintrex	CG-5	10012

The calibration of the relative gravimeters was usually carried out before and after each stage of the survey on the auxiliary vertical calibration line (comprising only two stations AGT02 and AGT03) with the gravity range of approximately  $1500 \mu\text{ms}^{-2}$  and the height difference of almost 850 m. An exception is the calibration of gravimeter CG-5 in stage 1, which was calibrated on the calibration line in Orangeville, Canada (Markovinović, 2009). Thus, for each gravimeter, a different calibration constant was used for every stage (Table 3). For the CG-5 gravimeter, the data on processing method and reached precision of calibration constants is unavailable. Figure 2 depicts all determinations of the calibration constants for the two CG-3M gravimeters on the auxiliary vertical calibration line. The measurement scheme, duration of the observation series, data processing and consequently reached accuracy significantly differs for different determinations. In general, the last six determinations can be considered the most accurate. Nevertheless, given a long time span, Figure 2 provides a good insight into the behaviour of the calibration constants for the two gravimeters. One can observe that the calibration constants were significantly changing during the first three years. Since about a year elapsed between the determination of the calibration constants of gravimeters 4372 and 4373 and stage 1 of the FOGN survey, the measurements could be significantly affected by the change in the calibration constants. Estimated relative change of about  $3.5 \cdot 10^{-4} \text{ year}^{-1}$  during the corresponding period could result in significant errors in the range of

1.52  $\mu\text{ms}^{-2}$  over the range of the FOGN of 4335  $\mu\text{ms}^{-2}$ . In addition, there is a question of accuracy of the determined calibration constants. The standard deviations for determinations used during the FOGN survey amount up to 6  $\mu\text{ms}^{-2}/\text{CU}$  (CU stands for counter units), or relatively  $10^{-4}$ . In addition, because of relatively small calibration range with respect to the range of the FOGN, even the environmental effects can significantly affect the calibration constants determined on the auxiliary vertical calibration line (Repačić and Kuhar, 2017). Therefore, the corrections of the calibration constants have been included in the adjustment of the FOGN as unknown parameters (see section 3).

Table 3: Calibration constants used for specific stages of the FOGN survey in  $\mu\text{ms}^{-2}/\text{CU}$ .

Campaign	Gravimeter				
	4372		4373		10012
	$GCAL1$	$\sigma_{GCAL1}$	$GCAL1$	$\sigma_{GCAL1}$	$GCAL1$
Stage 1 (2003)	60553.42	0.41	61828.17	0.62	84272.88
Stage 2 (2007)	60623.34	1.32	61905.03	0.61	84255.93
Stage 3 (2008)	60620.94	6.35	61910.84	4.93	84285.76
Stage 4 (2009)	60627.12	5.63	61919.15	1.06	84280.17

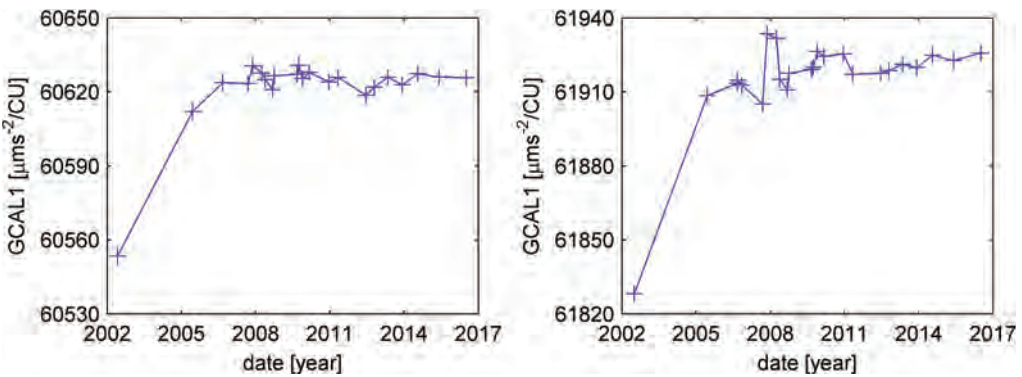


Figure 2: Determined values of linear calibration constants for gravimeter 4372 (left) and 4373 (right).

Besides the uncertainty of the calibration constants, additional weaknesses of the relative gravity data are the significant hysteresis effects after transport in the upright position in the measurements of the two CG-3M gravimeters (Repačić and Kuhar, 2017), presence of the tilting effects caused by the transport in tilted position (Reudink et al., 2014) and insufficient drift control. The analysis of the long observations series used for the purposes of calibration of the two CG-3M gravimeters from 2012 revealed significant and not completely uniform hysteresis effects, but surprisingly uniform daily drift behaviour through all days (Figure 3). Because relative gravity measurements of the FOGN comprise only five 60-second readings for each occupation, which were taken after the instruments were stabilising for 10 minutes, it is not possible to model or eliminate hysteresis effects, which are still significant and not completely homogenous. Consequently, the hysteresis and even more inhomogeneous tilting effects are superimposed to nonlinear drift. Specifically, because of practical reasons, the two CG-3M gravimeters during stage

1 and gravimeter 10012 at least during stages 2, 3 and 4 were not transported in the upright position, but on the back seat of the car, which caused the tilting effects in readings. The analysis of the hysteresis effects for gravimeter 10012 is not available, but the data of the FOGN suggest that this instrument is not so sensitive to the hysteresis effect after transport in the upright position and that it often exhibits a linear drift. Still, there are indications of the tilting effects.

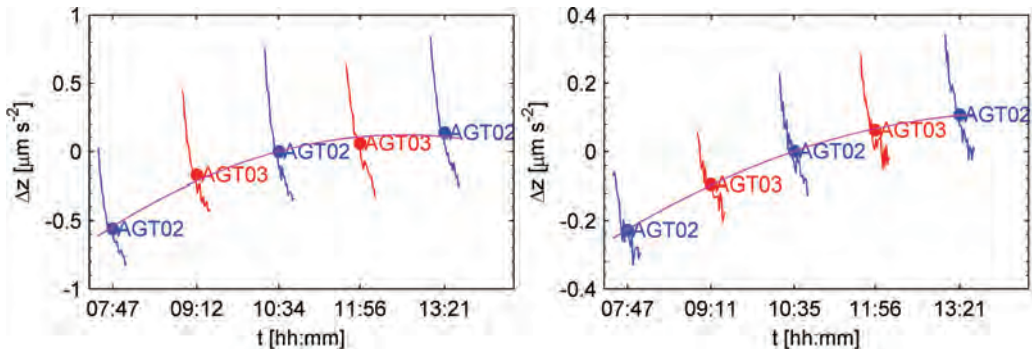


Figure 3: Typical hysteresis effects after transport in the upright position and daily drift approximated based on the mean value of observation series for gravimeters 4372 (left) and 4373 (right) for 30-minutes observation series.

### 3 NEW JOINT ADJUSTMENT OF THE FIRST ORDER GRAVITY NETWORK

In order to carry out the joint adjustment of the FOGN, available data on absolute gravity measurements has been revised again. For certain stations, new gravity values at the ground level have been calculated. Furthermore, uniform pre-processing of all four stages of the relative gravity measurements have been carried out.

#### 3.1 Revision of the absolute gravity measurements

The revision of the absolute gravity measurements comprised all materials on basis of which the Report on data of the Croatian Absolute Gravity Network was compiled, as well as the report itself. Since the measurements at stations AGT01 and AGT06 for the purpose of vertical gravity gradient determination were carried out at three heights (0.3, 0.8 and 1.3 m), the vertical gravity gradient has been determined using the second order polynomial. Accordingly, new gravity values at the ground level have been calculated for each absolute gravity measurement at the two gravity stations as well as the linear vertical gravity gradient between the ground level and the height of 0.25 m for the purpose of reduction of relative measurements (Table 4). The differences between the new mean gravity values at the ground level and the values given in the Report on data of the Croatian Absolute Gravity Network are significant and amount to  $-67$  and  $68 \text{ nms}^{-2}$ , for stations AGT01 and AGT06, respectively. Such significant differences are probably due to the fact that, in the report, the gravity values were reduced from the height of 1 m to the ground level using linear gravity gradients corresponding to the heights of 0.3 and 1.3 m. Furthermore, new gravity values at the ground level have been calculated for stations AGT02 and AGT03 based on more precise vertical gravity gradients determined by Repačić, Kuhar and Malović (2015). However, the differences between these values and the previous values are not significant and amount to 11 and  $-5 \text{ nms}^{-2}$ .



Table 4: Revised data on absolute gravity stations.

Station	Instrument	$g(h)$ [nms <sup>-2</sup> ]	$h$ [m]	$\sigma_{g(h)}$ [nms <sup>-2</sup> ]	$g(0)$ [nms <sup>-2</sup> ]	$W_{zz}$ [ns <sup>-2</sup> ]	$u_{g(0.25)}$ [nms <sup>-2</sup> ]
AGT01	FG5-101	9806582866	1.3038	27	9806586587	-2967	58
	FG5-206	9806583739	1.00	13	9806586622	-2967	53
	mean	-	-	-	9806586605	-2967	39
AGT02	FG5-101	9806618330	1.3148	37	9806622579	-3232	59
AGT03	FG5-101	9805099032	1.3148	10	9805104402	-4084	47
AGT04	FG5-101	9806070091	1.3107	20	9806073900	-2906	51
AGT05	FG5-101	9804069258	1.3190	27	9804072611	-2542	54
AGT06	FG5-206	9803693491	1.00	24	9803696363	-2786	56
	FG5-101	9803692759	1.25	75	9803696379	-2786	91
	mean	-	-	-	9803696371	-2786	53

Besides the new gravity values at the ground level, the uncertainties of gravity values at the height of 0.25 m have been determined for all absolute measurements (Table 4). Although all adjusted gravity values refer to the ground level, the height of 0.25 m, which is an average sensor height of Scintrex CG-3M and CG-5 gravimeters, represents the effective height for the network adjustment. Specifically, the relative measurements at the absolute stations have been reduced using the same vertical gradients. Thus, the errors caused by the height reduction between 0.25 m and the ground level have been cancelled out. The uncertainties were determined analogously to Vitushkin et al. (2002) according to the following expression:

$$u_{g(0.25)}^2 = \sigma_{g(h)}^2 + u_{ins}^2 + u_{dg(h)}^2, \tag{1}$$

where  $\sigma_{g(h)}$  represents the standard deviation of absolute gravity measurement (at the height of measurement),  $u_{ins}$  the instrumental uncertainty of the absolute measurement due to systematic errors (value of 40 nms<sup>-2</sup> is taken as determined by Vitushkin et al. (2002)) and  $u_{dg(h)}$  is the uncertainty of the reduction to the height of 0.25 m.

In order to evaluate the instrumental uncertainties and check for existence of significant offsets in the absolute measurements, an analysis of the deviations of measurements of gravimeters FG5-101 and FG5-206 from the reference values of the ICAGs have been made based on the results of the ICAGs from 1994 to 2013 (Marson et al. 1995; Robertsson et al. 2001; Vitushkin et al., 2002; Jiang et al., 2011; Jiang et al., 2012; Francis et al., 2015). The deviations presented in Figure 4, in most cases, are not significant for gravimeter FG5-101 with respect to their uncertainties, while for both gravimeters the deviations are not consistent in time. In addition, the deviations are in accordance with the applied value of  $u_{ins}$  (equation (1)). One can draw the same conclusion from available data on regional and bilateral comparisons close in time to the absolute measurements in Croatia (Wilmes, Richter and Falk, 2003; Van Camp et al., 2003). Therefore, the corrections for the deviations have not been reduced from absolute gravity measurements. In addition, neither global nor local hydrological influences have been reduced.

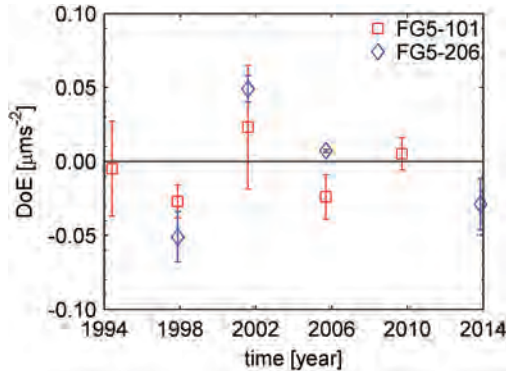


Figure 4: Deviations from the reference value (DoE) of respective ICAG for gravimeters FG5-101 and FG5-206 with their uncertainty ( $1\sigma$ ).

### 3.2 Pre-processing of the relative gravity measurements

Prior to the adjustment of the gravity network, the observation data files from all stages have been uniformly analysed and processed. Firstly, the errors in the data were corrected, such as incorrect calibrations constant applied during a day, stationary drift constant or time parameters. Thereby, if applied, the corrections of gravity readings were made based on the formulas for signal processing given in CG-3/3M Autograv Automated Gravity Meter Operator Manual (1989) and CG-5 Autograv System Operational Manual (2006). Analysis of the simultaneous measurements of the three gravimeters revealed significant clock drift for gravimeter 10012 (CG-5). The clock drift amounted to about  $14 \text{ s day}^{-1}$  during 2003 and September 2007, while during November 2007, 2008 and 2009 it amounted to about  $4 \text{ s day}^{-1}$ . Hence, the start time of each reading of gravimeter 10012 was corrected for the clock drift to provide for the accurate calculation of the Earth tide reduction. For comparison, the clock drift of gravimeter 4373 with respect to gravimeter 4372 amounted to  $0 \text{ s day}^{-1}$ , during all four stages.

Since field records for gravimeter 10012 have not been available for 16 days of measurements from stage 1, it was necessary to approximate the instrument heights. Firstly, the average differences of instrument heights of each of the two CG-3M gravimeters and gravimeter 10012 were determined for the days with field records. Then, two sets of heights for gravimeter 10012 were calculated, each from the average height difference and the heights of corresponding CG-3M gravimeter. The final heights were determined as the mean values of the two sets, between which a good agreement has been reached (average difference amounts to  $2 \pm 3 \text{ mm}$ ).

The Scintrex gravimeters automatically apply certain instrument corrections (for a stationary drift, a tilt of the sensor and a change of the sensor temperature) as well as the Earth tide reductions according to Longman (1959) formula. After the corrections of the data, the Earth tide reductions were recalculated using the PREDICT software (Wenzel, 1996) based on synthetic tidal parameters interpolated from Timmen's and Wenzel's (1995) regular grid with utilization of Tamura's (1987) tidal potential catalogue. Also, the polar motion reductions were calculated using the PREDICT software. Next, the mean readings were calculated as the weighted mean of the five readings taken during each occupation, with weights inversely proportional to the readings' variances. In addition, the reduction for the variation in atmospheric pressure and reduction to the ground level have been applied.

Although the analysis of the daily drift has been performed in the phase of pre-processing, the drift is determined in the course of the adjustment. Because of a small number of redundant occupations during a day and due to the superimposed hysteresis and tilting effects (see section 2.2), which sometimes yield unrealistic quadratic drift coefficients, only the linear drift coefficients have been included in the adjustment model as parameters.

### 3.3 Network adjustment

The absolute gravity measurements at the ZOGN stations have been introduced in the network adjustment as observations (or quasi-observations, since derived from original observations of time and distance) with associated uncertainties (Torge, 1989). There are a few examples in the literature of introduction of absolute measurements (or a priori given gravity values) as pseudo-observations in gravity network adjustment, e.g. Hwang, Wang and Lee (2002) and Medved et al. (2009). The model applied in this study is somewhat different and represents a generalisation of the adjustment with pseudo-observations, since more than one absolute measurement per station can be introduced.

#### 3.3.1 Adjustment model

The network adjustment comprises the relative gravity measurements from the four stages of the FOGN survey, as well as the absolute gravity measurements, which define the network datum. For relative measurements, the following functional model has been applied:

$$z_i^c + v_i = g^T - N_0^{d,gr} - y_1^{gr,k} z_i \cdot 10^{-4} + d_1^{d,gr} (t_i - t_0)$$

$$y_1^{gr,k} = y_1^{gr,k} \cdot 10^4 \tag{2}$$

where  $z_i^c$  is  $i$ th relative gravity observation (the weighted mean, corrected and reduced as described in section 3.2),  $v_i$  its residual and  $z_i$  the raw reading (uncorrected and unreduced);  $g^T$ ,  $N_0^{d,gr}$ ,  $y_1^{gr,k}$  and  $d_1^{d,gr}$  are the adjusted unknown parameters (the gravity value at a station T, instrument level, correction of linear calibration coefficient and linear drift coefficient, respectively, for day  $d$ , gravimeter  $gr$  and stage  $k$ ); and finally  $t_i$  and  $t_0$  are the time of  $i$ th reading and reference time, respectively. Substitution for the correction of calibration coefficient ( $y_1^{gr,k}$ ) has been introduced to provide for computations' numerical stability.

Absolute measurements have been represented by the equation (Torge, 1989):

$$L_j^c + v_j = g^T, \tag{3}$$

where  $L_j^c$  is corrected and reduced  $j$ th absolute gravity measurement.

Thus, the observation equations have been compiled from two sets: relative and absolute observations:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{L}_R \\ \mathbf{L}_A \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \mathbf{v}_R \\ \mathbf{v}_A \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{A}_R \\ \mathbf{A}_A \end{bmatrix} \mathbf{x} \quad \dots \quad \begin{bmatrix} \mathbf{P}_R \\ \mathbf{P}_A \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{L} + \mathbf{v} = \mathbf{A} \mathbf{x} \quad \dots \quad \mathbf{P} \tag{4}$$

where  $\mathbf{L}$  and  $\mathbf{v}$  are vectors of observations and their corrections,  $\mathbf{A}$  the design matrix,  $\mathbf{x}$  the vector of unknowns and  $\mathbf{P}$  associated diagonal weight matrix. Weights for  $i$ th relative and  $j$ th absolute measurements have been defined according to (Feil, 1989):

$$p_i = \frac{c_R}{\sigma_i^2},$$

$$p_j = \frac{c_A}{u_j^2},$$
(5)

where  $c_R$  and  $c_A$  are appropriate constants,  $\sigma_i^2$  is the variance of the relative and  $u_j^2$  squared uncertainty of the absolute gravity measurement.

Such observation model represents a combined adjustment by parameters of indirect and direct observations (Feil, 1989), but if for every station no more than one absolute measurement is introduced, it also corresponds to adjustment with pseudo-observations (e.g. Fan, 1997; Niemeier, 2002).

### 3.3.2 Adjustment course and results

In order to estimate the accuracy of the relative measurements and to screen the measurements for outliers, firstly the adjustment of only relative measurements was carried out. Thereby, the weights were defined according to the equation (5), with  $\sigma_i^2$  and  $c_R$  equal the variance of the weighted mean (see section 3.2) and the mean value of all variances, respectively. The gravity values at two ZOGN stations: AGT01 and AGT06 were held fixed in order to define the network's origin and scale. All other unknown parameters were free for determination. Outlier detection was carried out according to Pope's Tau-test (Pope, 1976; Kavouras, 1982). Only two outliers were detected, both from stage 2, one with gravimeter 10012 and one with gravimeter 4373 from measurement days involving transportation by fast boat (catamaran) and speed-boat, respectively. The a posteriori reference standard deviation of  $0.17 \mu\text{ms}^{-2}$  was obtained.

In addition to the described stochastic model, adjustment with equal weights ( $\mathbf{P} = \mathbf{I}$ ) was carried out. However, such stochastic model resulted in more outliers (six) and larger standard deviations of the adjusted gravity values and corrections of calibration coefficients. The differences of the gravity values between the results of the two applied stochastic models are in the range from  $-0.18$  to  $0.24 \mu\text{ms}^{-2}$ . The reasoning for choosing a stochastic model with weights inversely proportional to observations' variances, besides experimental results, was that the observations' variances rather well reflect the influence of hysteresis effect after transport, which is considerable for the two CG-3M gravimeters, especially gravimeter 4372 (Figure 3). However, due to the same hysteresis effect, the observations' variances do not provide reliable information on accuracy, but only on the relative ratios among them.

After the adjustment of the relative measurements and elimination of outliers, the combined adjustment of relative and absolute measurements was carried out. The absolute measurements comprised 7 measurements at 5 stations (without AGT05, devastated before relative campaigns). All unknown parameters were free for determination. Weights of the relative measurements were defined same as in the first adjustment. In order to balance the weights of absolute measurements with respect to the relative ones, the constant  $c_A$  in the equation (5) was set to the a posteriori variance from the adjustment of only relative measurements. The adjustment resulted in the reference standard deviation of  $0.17 \mu\text{ms}^{-2}$  and the standard deviations of gravity values from  $0.03$  to  $0.05 \mu\text{ms}^{-2}$  for the absolute stations, and from  $0.05$  to  $0.18 \mu\text{ms}^{-2}$  for the relative stations. However,

analysis of the results revealed poor accuracy of the adjusted corrections of calibration coefficients for stage 3 (due to the limited gravity range of involved stations, Table 5), but a rather good agreement among the obtained calibration coefficients for the last three stages. In addition, frequent calibration of the two CG-3M gravimeters on the auxiliary calibration line (stations AGT02 and AGT03), indicated that apparent variations in the calibration constant from 2007, are mostly caused by instrumental error effects and external hydrological and barometric influences (Figure 2). Therefore, the mean calibration constant was determined for each gravimeter for the period comprising the last three stages and the observation data files were re-calculated to correspond to the common calibration constants.

Table 5: Gravity range at stations involved in the specific campaign.

Campaign	Stations with the extreme values (min – max)	Gravity range [ $\mu\text{ms}^{-2}$ ]
Absolute measurements	AGT06 – AGT02	2926
Stage 1 (2003)	GT127 – GT112	4335
Stage 2 (2007)	GT145 – GT122	2342
Stage 3 (2008)	GT123 – GT129	719
Stage 4 (2009)	GT131 – GT132	1715
Stages 2–4 together	GT131 – GT122	3481

Finally, the adjustment of relative and combined adjustment of absolute and relative measurements were repeated. The final adjusted gravity values are presented in Table 6. The repeated adjustments resulted in no significant difference as regards the outliers and accuracy assessment of measurements. The reference standard deviation again amounts to  $0.17 \mu\text{ms}^{-2}$ . However, moderate improvement has been obtained in the precision of the adjusted gravity values for the stations involved in stage 4 and considerable improvement in the precision of adjusted corrections of calibration coefficients for the last three stages together. Specifically, the standard deviations of the adjusted gravity values are now up to  $0.16 \mu\text{ms}^{-2}$  for relative stations (Table 6). However, the standard deviations for the majority of stations are up to  $0.10 \mu\text{ms}^{-2}$ . The higher values generally correspond to stations with extremely small gravity values (GT127 and GT131) or to the stations determined in stage 4 with sparse connections. The differences in the gravity values after the repeated adjustment are not significant (up to  $0.06 \mu\text{ms}^{-2}$ ). The differences over  $0.02 \mu\text{ms}^{-2}$ , in general, correspond to the stations determined in stage 4.

The values of adjusted corrections of calibration coefficients and corresponding calibration constants are given in Table 7. Although the gravity range of the ZOGN stations is almost double the range of the auxiliary calibration line, it is evident that the precision of calibration constants (and other adjusted parameters) is impaired by the weakness of the relative gravity measurements. In addition, since the range of the FOGN stations exceeds that of the ZOGN for  $1400 \mu\text{ms}^{-2}$ , the uncertainty of the calibration constants, which in fact reflects the uncertainty of the scale of the network, is propagated over the whole network. Consequently, the gravity stations with extreme gravity values have the largest standard deviations.

Table 6: Final adjusted gravity values with their standard deviations.

Station	$g$ [ $\mu\text{ms}^{-2}$ ]	$\sigma_g$ [ $\mu\text{ms}^{-2}$ ]	Station	$g$ [ $\mu\text{ms}^{-2}$ ]	$\sigma_g$ [ $\mu\text{ms}^{-2}$ ]
AGT01	9806586.642	0.034	GT127	9802841.24	0.13
AGT02	9806622.513	0.048	GT128	9803822.45	0.09
AGT03	9805104.365	0.041	GT129	9805366.48	0.06
AGT04	9806073.898	0.045	GT130	9804952.13	0.07
AGT06	9803696.384	0.044	GT131	9802934.03	0.11
AGT05	9804067.33	0.10	GT132	9804649.09	0.07
AGT05E	9804058.35	0.09	GT133	9803430.43	0.09
GT101	9806427.05	0.08	GT134	9803978.73	0.08
GT102	9806433.43	0.06	GT135	9803201.30	0.09
GT103	9806145.15	0.08	GT136	9803557.84	0.09
GT104	9806809.04	0.07	GT137	9805797.10	0.07
GT105	9806072.71	0.06	GT138	9806003.29	0.07
GT106	9806512.82	0.06	GT139	9805794.43	0.07
GT107	9806261.67	0.05	GT140	9805686.77	0.08
GT108	9806577.79	0.06	GT141	9805626.92	0.07
GT109	9805927.54	0.06	GT142	9805582.74	0.07
GT110	9806819.81	0.07	GT143	9805706.99	0.07
GT111	9806572.41	0.06	GT144	9805472.07	0.07
GT112	9807176.44	0.08	GT145	9804073.03	0.11
GT113	9806893.01	0.06	GT146	9805315.03	0.10
GT114	9806826.59	0.07	GT147	9805241.22	0.09
GT115	9806421.74	0.05	GT148	9805290.73	0.09
GT116	9805621.29	0.06	GT149	9805160.37	0.09
GT117	9806584.17	0.06	GT150	9805023.61	0.09
GT118	9806386.89	0.06	GT151	9804399.71	0.11
GT119	9805157.44	0.06	GT152	9803733.51	0.12
GT120	9804874.32	0.08	GT153	9804299.24	0.14
GT121	9804932.83	0.06	GT154	9803933.28	0.13
GT122	9806415.18	0.06	GT155	9804604.69	0.13
GT123	9806085.23	0.06	GT156	9804500.39	0.14
GT124	9805632.58	0.06	GT157	9804274.26	0.10
GT125	9804638.32	0.07	GT158	9804608.89	0.16
GT126	9805078.36	0.07	GT159	9804247.68	0.12



Table 7: Adjusted corrections of linear calibration coefficients ( $\gamma_1$ ), calibration constants applied on data before adjustment ( $\overline{GCAL1}$ ) and corrected calibration constants after adjustment ( $\overline{GCAL1}$ ) with corresponding standard deviations.

Campaign	Gravimeter	$\gamma_1 \cdot 10^4$	$\sigma_{\gamma_1} \cdot 10^4$	$\overline{GCAL1}$ [ $\mu\text{ms}^{-2}/\text{CU}$ ]	$\overline{GCAL1}$ [ $\mu\text{ms}^{-2}/\text{CU}$ ]	$\sigma_{\overline{GCAL1}}$ [ $\mu\text{ms}^{-2}/\text{CU}$ ]
1 (2003)	4372	4.260	0.448	60553.42	60579.22	2.71
	4373	6.287	0.497	61828.17	61867.04	3.07
	10012	4.251	0.410	84272.88	84308.70	3.45
2–4 (2007–2009)	4372	0.033	0.880	60626.60 <sup>1</sup>	60626.80	5.34
	4373	0.029	0.702	61908.98 <sup>1</sup>	61909.16	4.35
	10012	0.098	0.632	84291.26 <sup>1</sup>	84292.08	5.33

<sup>1</sup> Average calibration constants determined in the course of preliminary adjustment.

### 4 COMPARISON WITH PREVIOUS ADJUSTMENTS

The final adjusted gravity values: A (Table 6) have been compared with the results from previous adjustments of separate stages, which also comprise the measurements of all three gravimeters:

- B: Bašić, Markovinović and Rezo (2006) for stage 1 and separate adjustments of stages 2, 3 and 4 carried out in the CGI according to the model described in Repačić et al. (2010), which lean on the gravity values of the FOGN stations from Bašić, Markovinović and Rezo (2006);
- C: Markovinović (2009), involving separate adjustments of stages 1 and 2.

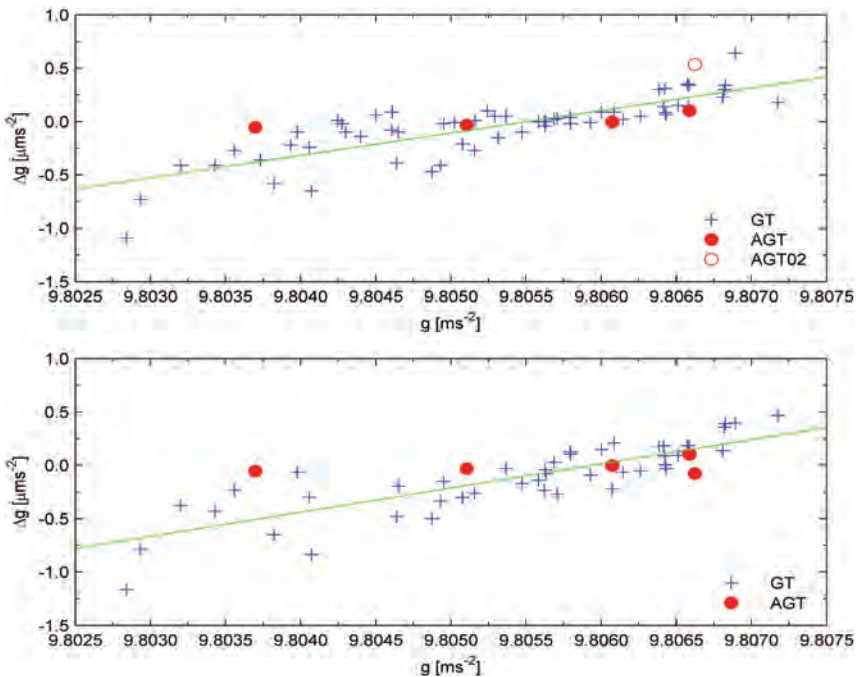


Figure 5: Differences of the gravity values between the result of adjustment B and A (top) as well as C and A (bottom) against the gravity values. Differences for the ZOGN stations with gravity values from B or C fixed in the adjustment are designated as red disks, and for the absolute station with free gravity value as a red circle.

RECEZIRANI ČLANCI | PEER-REVIEWED ARTICLES | S I E N

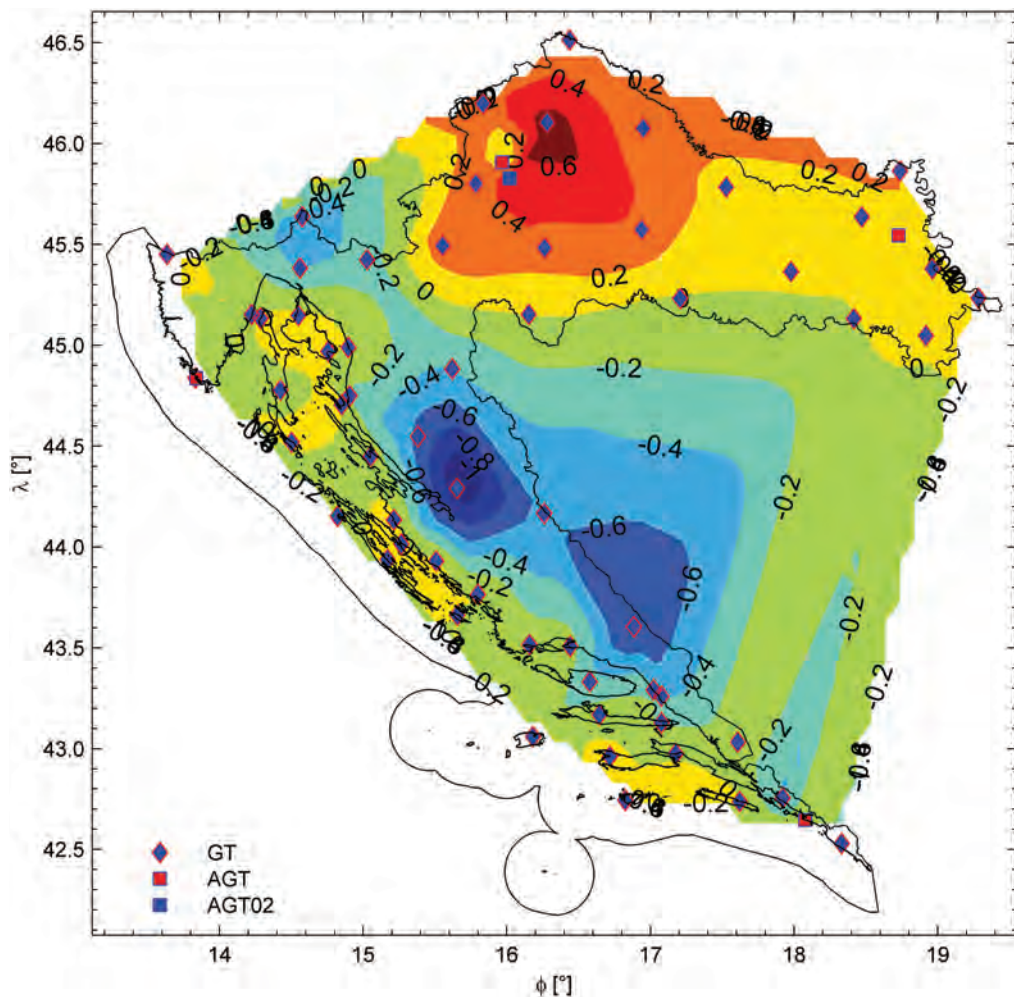


Figure 6: Spatial distribution of differences of gravity values between B and A in  $\mu\text{m/s}^2$ . The extreme negative differences are in the Dinaric Alps region with higher altitudes, for which the closest fixed gravity values are close to the sea level, while the extreme positive differences are in the northern part, where the closest fixed gravity value is at AGT03 on the mountain Medvednica.

The differences between the results from B or C and the results A are substantial and amount to from  $-1.09$  to  $0.64 \mu\text{m/s}^2$  or from  $-1.16$  to  $0.47 \mu\text{m/s}^2$ , respectively (Figure 5). The results from B and C are in considerably better agreement. The differences are in the range of  $\pm 0.29 \mu\text{m/s}^2$ , with exception of the gravity value at station AGT02 ( $0.61 \mu\text{m/s}^2$ ), which was not held fixed in Bašić, Markovinović and Rezo (2006) adjustment. Given the declared accuracy of Scintrex gravimeters of  $0.05 \mu\text{m/s}^2$  and estimated standard deviations of gravity values from all three adjustments, the comparisons imply considerable systematic influences, obviously the errors in the calibration constants, which were neglected in Bašić, Markovinović and Rezo (2006) and Markovinović (2009). Indeed, there is a significant correlation between the differences and the gravity values itself (Figure 5). The correlation coefficient amounts to  $0.8$  and the regression coefficient  $2.104 \cdot 10^{-4}$  for both comparisons. The received regression coefficients

are significantly smaller than the adjusted corrections of calibration coefficients, since, in the previous adjustments, the network scale was partially adjusted by fixing the gravity values at the absolute stations. However, if corrections of the calibration coefficients are not included in the functional model, such procedure can introduce distortions. One can notice that the extreme values of the differences are for the gravity values, which are out of the range of the fixed gravity values. Though, there are also gravity values within this range with considerable differences, what can be explained with considerable difference in the gravity values as compared to the closest stations with fixed gravity values (Figure 6).

### 5 TRANSFORMATION FROM THE POTSDAM SYSTEM

Because of the considerable differences of the new gravity values of the FOGN stations as compared to the previous adjustments, parameters of the linear transformation has been determined again. The parameters of the linear transformation function according to Torge (1989):

$$g_{\text{HRGS03}} = g_{\text{Potsdam}} + a + b(g_{\text{Potsdam}} - g_0) \tag{6}$$

have been determined based on 25 identical stations with the gravity values in Potsdam and the Croatian Gravity System (HGRS03). In equation (6)  $g_{\text{HRGS03}}$  is a gravity value in HGRS03,  $g_{\text{Potsdam}}$  in Potsdam system and  $g_0$  the average value in Potsdam system of 9805584.01, all in  $\mu\text{ms}^{-2}$ . Determined parameters of the linear transformation with their accuracy estimates are  $a = -151.314 \pm 0.249 \mu\text{ms}^{-2}$  and  $b = (-1.254 \pm 0.201) \cdot 10^{-3}$  (Figure 7). The reference standard deviation is  $1.27 \mu\text{ms}^{-2}$ . The values in the Potsdam system for the 25 stations of fundamental gravity network of former Yugoslavia, which are now included in the FOGN, are taken from Bašić, Markovinović and Rezo (2006) and Markovinović (2009).

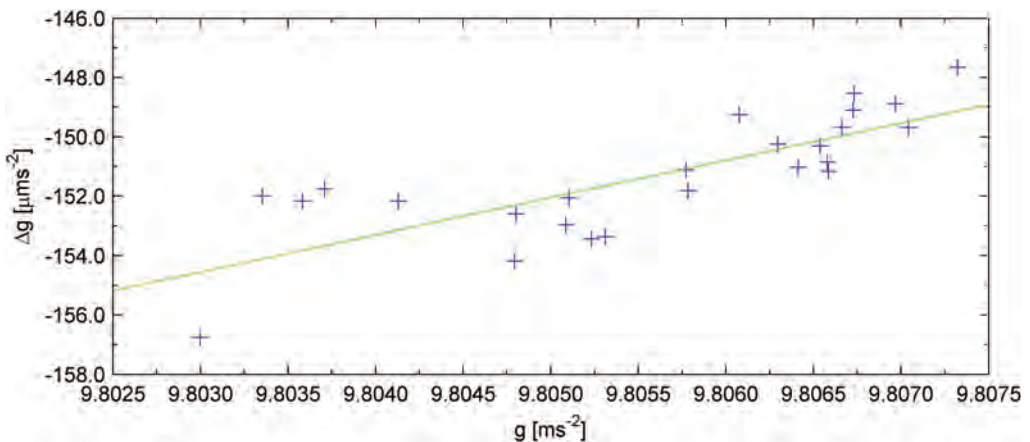


Figure 7: Differences between the gravity values in the Potsdam system and the new gravity values with the linear transformation function.

### 6 CONCLUSION AND OUTLOOK

For the first time, the Croatian First Order Gravity Network has been adjusted as a whole, according to the adjustment model, which accounts for the corrections of linear calibration coefficients. Prior to the adjustment, revision of the absolute and uniform pre-processing of the relative measurements has been

carried out. The adjustment resulted in significantly different gravity values, as compared to the previous adjustments. Accordingly, the differences are an order of magnitude greater than the expected accuracy. It is shown that the differences in gravity values are mainly due to the errors in gravimeters' calibration constants, which were neglected in the previous adjustments. Therefore, it is advisable to include the correction of the linear calibration coefficients in the functional model at least in the first iteration of the fundamental gravity network adjustment. In contrary, adjusted gravity values could be significantly biased and their estimated precision too favourable.

In addition, it is not advisable to change gravimeter's calibration constant for every campaign, but rather only to check their stability on suitable calibration line. That is especially important if the calibration constant cannot be determined with sufficient accuracy and if the initial period of several years have been passed, during which calibration constant of a gravimeter significantly changes (CG-3/3M Autograv Automated Gravity Meter Operator Manual, 1998).

In the Croatian FOGN, there is an evident problem of the scale of the network. Neither the existing auxiliary calibration line nor the ZOGN sufficiently covers the range of the FOGN. To overcome this problem, several options can be employed. For example, the relative gravimeters can be calibrated on foreign calibration lines of sufficient range, e.g. the German or Swiss with gravity ranges of more than 5000 and 6000  $\mu\text{ms}^{-2}$ , respectively (Timmen et al., 2006; Marti et al., 2015). Alternatively, a calibration line of greater range than the present auxiliary line can be established in Croatia. In addition, at least several first order stations could be observed with a field absolute gravimeter, e.g. in Dinaric Alps on the south where the extremely small gravity values occur and where the establishment of in-door zero order stations is not possible. Also, connections to absolute stations of neighbour countries could be realized.

Furthermore, treatment of other significant instrumental error influences in Sintrex' measurements, such as hysteresis effect and transportation drift, in pre-processing and adjustment model should be further analysed in order to minimise their effects on results of the adjustment.

Since the adjusted gravity values are significantly different from the previous, the author proposed to make the results of the new adjustment official.

## Acknowledgments

The author would like to thank two anonymous reviewers for their valuable comments which helped to significantly improve the manuscript. M. Kuhar and P. Pavlovčič Prešeren are gratefully acknowledged for help and advice concerning the manuscript revision. The author would also like to thank M. Kuhar for the help with the PREDICT software and a fruitful discussion on gravity network adjustment.

## Literature and references:

- Abaza, H. (2014). Kampanje mjerenja apsolutnog i relativnog ubrzanja sile teže u „Osnovnoj gravimetrijskoj mreži BiH“. *Geodetski glasnik*, 48 (45), 74–81.
- Bašić, T., Markovinić, D., Rezo, M. (2004). Osnovna gravimetrijska mreža Republike Hrvatske. In I. Landek (Ed.), *Izviješća Državne geodetske uprave o znanstvenostručnim projektima iz 2002. godine* (pp. 51–65). Zagreb: Državna geodetska uprava.
- Bašić, T., Markovinić, D., Rezo, M. (2006). Osnovna gravimetrijska mreža Republike Hrvatske, *Geodetski list*, 60 (2), 73–91.
- Bosy, J., Krynski, J. (2015). Reference frames and reference networks. *Geodesy and Cartography*, 64 (2), 147–176.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1515/geocart-2015-0011>
- CG-3/3M Autograv Automated Gravity Meter Operator Manual (1998). Concord, Canada: Scintrex Limited.

- CG-5 Autograv System Operational Manual, revision 2 (2006). Concord, Canada: Scintrex Limited.
- Csapó, G., Koppán, A. (2013). The results and works of the latest adjustment of Hungarian Gravimetric Network (MGH-2010). *Acta Geodaetica et Geophysica*, 48 (1), 9–16. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s40328-012-0001-5>
- Duquenne, F., Duquenne, H., Gattacceca, T. (2005). Gravity measurements of the French geodetic network: toward an integrated network. EUREF symposium 2005. <http://www.euref.eu/symposia/Symposium2005-Vienna.html>, accessed 25. 9. 2017.
- Fan, H. (1997). *Theory of Errors and Least Squares Adjustment*. Stockholm: Royal Institute of Technology.
- Feil, L. (1989). *Teorija pogrešaka i račun izjednačenja – prvi dio*. Zagreb: Faculty of Geodesy, University of Zagreb.
- Francis, O., Baumann, H., Ullrich, C., Castelein, S., Van Camp, M., Andrade de Sousa, M., Lima Melhorato, R., Li, C., Xu, J., Su, D., Wu, S., Hu, H., Wu, K., Li, G., Li, Z., Hsieh, W. C., Pálinkás, V., Kostecký, J., Mäkinen, J., Näränen, J., Merlet, S., Pereira Dos Santos, F., Gillot, P., Hinderer, J., Bernard, J.-D., Le Moigne, N., Fores, B., Gitlein, O., Schilling, M., Falk, R., Wilmes, H., Germak, A., Biolcati, E., Origlia, C., Iacovone, D., Baccaro, F., Mizushima, S., De Plaen, R., Klein, G., Seil, M., Radinovic, R., Sekowski, M., Dykowski, P., Choi, I.-M., Kim, M.-S., Borreguero, A., Sainz-Maza, S., Calvo, M., Engfeldt, A., Agren, J., Reudink, R., Eckl, M., van Westrum, D., Billson, R., Ellis, B. (2015). CCM.G-K2 key comparison. *Metrologia*, 52 (Technical Supplement), 07009.
- Hwang, C., Wang, C., Lee, L. (2002). Adjustment of relative gravity measurements using weighted and datum-free constraints. *Computers & Geosciences*, 28 (9), 1005–1015. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0098-3004\(02\)00005-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0098-3004(02)00005-5)
- IAG Resolution No. 2 (2015). [http://iag.dgfi.tum.de/fileadmin/IAG-docs/IAG\\_Resolutions\\_2015.pdf](http://iag.dgfi.tum.de/fileadmin/IAG-docs/IAG_Resolutions_2015.pdf), accessed 15. 6. 2016.
- Jiang, Z., Francis, O., Vitushkin, L., Pálinkás, V., Germak, A., Becker, M., D'Agostino, G., Amalvict, M., Bayer, R., Bilker-Koivula, M., Desogus, S., Faller, J., Falk, R., Hinderer, J., Gagnon, C., Jakob, T., Kalish, E., Kostecký, J., Lee, C., Liard, J., Lokshyn, Y., Luck, B., Mäkinen, J., Mizushima, S., Le Moigne, N., Origlia, C., Pujol, E., Richard, P., Robertsson, L., Ruess, D., Schmerge, D., Stus, Y., Svitlov, S., Thies, S., Ullrich, C., Van Camp, M., Vitushkin, A., Ji, W., Wilmes, H. (2011). Final report on the Seventh International Comparison of Absolute Gravimeters (ICAG 2005). *Metrologia*, 48 (5), 246–260. DOI: <http://dx.doi.org/10.1088/0026-1394/48/5/003>
- Jiang, Z., Pálinkás, V., Arias, F. E., Liard, J., Merlet, S., Wilmes, H., Vitushkin, L., Robertsson, L., Tisserand, L., Pereira Dos Santos, F., Bodart, O., Falk, R., Baumann, H., Mizushima, S., Mäkinen, J., Bilker-Koivula, M., Lee, C., Choi, I. M., Karaboce, B., Ji, W., Wu, Q., Ruess, D., Ullrich, C., Kostecký, J., Schmerge, D., Eckl, M., Timmen, L., Le Moigne, N., Bayer, R., Olszak, T., Ågren, J., Del Negro, C., Greco, F., Diamant, M., Deroussi, S., Bonvalot, S., Krynski, J., Sekowski, M., Hu, H., Wang, L. J., Svitlov, S., Germak, A., Francis, O., Becker, M., Inglis, D., Robinson, I. (2012). The 8th International Comparison of Absolute Gravimeters 2009: the first Key Comparison (CCM.G-K1) in the field of absolute gravimetry. *Metrologia*, 49 (6), 666–684. DOI: <http://dx.doi.org/10.1088/0026-1394/49/6/666>
- Kavouras, M. (1982). On the Detection of Outliers and the Determination of Reliability in Geodetic Networks, Technical Report no 87. Fredericton, Canada: University of New Brunswick.
- Kempe, C., Jivall, L., Norin, D., Steffen, H., Ågren, J., Engfeldt, A., Ning, T., Alm, L., Jämtnäs, L., Lilje, M., Lindberg, M., Wiklund, P. (2017). National Report of Sweden to the EUREF 2017 Symposium. <http://www.euref.eu/symposia/2017Wroclaw/Symposium2017-Wroclaw.html>, accessed 25. 9. 2017.
- Krynski, J. (2015). Gravity field modelling and gravimetry. *Geodesy and Cartography*, 64 (2), 177–200. DOI: <http://dx.doi.org/10.1515/geocart-2015-0012>
- Lederer, M., Nesvadba, S. (2015). A new realization of the Czech Gravity System. EUREF symposium 2015, Leipzig. <http://www.euref.eu/symposia/2015Leipzig/Symposium2015-Leipzig.html>, accessed 25. 9. 2017.
- Longman I.M. (1959). Formulas for computing the tidal accelerations due to the moon and the sun. *Journal of Geophysical Research*, 64 (12), 2351–2355. DOI: <http://dx.doi.org/10.1029/JZ064i012p02351>
- Makinen, J., Sękowski, M., Kryński, J. (2010). The use of the A10-020 Gravimeter for the Modernization of the Finnish First Order Gravity Network. *Geoinformation Issues*, 2 (1), 17–29.
- Markovinić, D. (2009). *Gravimetrijski referentni sustav Republike Hrvatske*. Unpublished PhD Thesis. Zagreb: Faculty of Geodesy, University of Zagreb.
- Marson, I., Faller, J. E., Cerutti, G., De Maria, P., Chartier, J.-M., Robertsson, L., Vitushkin, L., Friedrich, J., Krauterbluth, K., Stizza, D., Liard, J., Gagnon, C., Lothhammer, A., Wilmes, H., Makinen, J., Murakami, M., Rehren, F., Schnull, M., Ruess, D., Sasagawa, G. (1995). Fourth International Comparison of Absolute Gravimeters, *Metrologia*. 32 (3), 137–144. DOI: <http://dx.doi.org/10.1088/0026-1394/32/3/001>
- Marti, U., Baumann, H., Bürki, B., Gerlach, C. (2015). A First Traceable Gravimetric Calibration Line in the Swiss Alps. In: S. Jin (Ed.), R. Barzaghi (Ed.) *IGFS 2014. International Association of Geodesy Symposia*, vol 144 (pp. 17–25). Springer, Cham. DOI: [http://dx.doi.org/10.1007/1345\\_2015\\_52](http://dx.doi.org/10.1007/1345_2015_52)
- Medved, K., Kuhar, M., Stopar, B., Koler, B. (2009). Izravnava opazovanj v osnovni gravimetrični mreži Republike Slovenije. *Geodetski vestnik*, 53 (2), 223–238.
- Medved, K., Berk, S., Koler, B., Komadina, Ž., Kuhar, M., Oven, K., Pavlovič Prešeren, P., Režek, J., Strele, O., Stopar, B. (2015). National Report of Slovenia to the EUREF 2015 Symposium in Leipzig. <http://www.euref.eu/symposia/2015Leipzig/Symposium2015-Leipzig.html>, accessed 25. 9. 2017.
- Mitterschiffthaler, P., Ruess, D., Stangl, G., Titz, H., Ullrich, Ch., Zahn, E. (2016). EUREF National Report of Austria 2016. <http://www.euref.eu/symposia/2016SanSebastian/Symposium2016-SanSebastian.html>, accessed 25. 9. 2017.
- Niemeier, W. (2002). *Ausgleichsrechnung*. Berlin, New York: Walter de Gruyter.
- Odalović, O., Starčević, M., Grekulović, S., Burazer, M., Aleksić, I. (2012). The establishment of a new gravity reference frame for Serbia. *Survey Review*, 44 (327), 272–281. DOI: <http://dx.doi.org/10.1179/1752270611Y.0000000033>
- Pálinkás, V., Lederer, M., Kostecký, J., Šimek, J., Mojež, M., Ferienc, D., Csapó, G. (2013). Analysis of the repeated absolute gravity measurements in the Czech Republic, Slovakia and Hungary from the period 1991–2010 considering instrumental and hydrological effects. *Journal of Geodesy* 87 (1): 29–42. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00190-012-0576-1>



- Pope, A. J. (1976). *The Statistics of Residuals and the Detection of Outliers*. Rockville, Md., USA: National Ocean Survey.
- Pravilnik o načinu izvođenja osnovnih geodetskih radova (=The Book of Rules on the Fundamental Geodetic Works). Official Gazette of the Republic of Croatia No.87/2009.
- Repačić, M., Barišić, B., Grgić, I., Liker, M., Lučić, M., Bašić, T. (2010). Extension of the Croatian Fundamental gravity network to the north Adriatic islands. Gravity, Geoid and Earth Observation GGEO 2008, 23–26 July, Chania, Greece. In T. Bašić (Ed.), *Zbornik radova Hrvatskog geodetskog instituta 2006.-2009* (pp. 137–144). Zagreb: Hrvatski geodetski institut.
- Repačić, M., Grgić, I., Bašić, T. (2014). Prijedlog dopune gravimetrijske mreže 0. reda Republike Hrvatske. *Geodetski list*, 68 (1), 17–32.
- Repačić, M., Kuhar, M., Malović, I. (2015). High precision vertical gravity gradient determination in Croatia. *Acta Geodaetica et Geophysica*, 50 (2), 151–171. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s40328-015-0102-z>
- Repačić, M., Kuhar, M. (2017). Modelling Hysteresis Effect in Scintrex CG-3M Gravity Readings. *Geophysical Prospecting*. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/1365-2478.12557>
- Reudink, R., Klees, R., Francis, O., Kusche, J., Schlesinger, R., Shabanlou, A., Sneeuw, N., Timmen, L. (2014). High tilt susceptibility of the Scintrex CG-5 relative gravimeters. *Journal of Geodesy*, 88 (6), 617–622. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00190-014-0705-0>
- Robertsson, L., Francis, O., van Dam, T. M., Faller, J., Ruess, D., Delinte, J.-M., Vitushkin, L., Liard, J., Gagnon, C., Guo Yu Guang, Huang Da Lun, Fang Yong Yuan, Xu Jin Yi, Jeffries G., Hopewell H., Edge R., Robinson I., Kibble B., Makinen J., Hinderer J., Amalvict M., Luck B., Wilmes H., Rehren F., Schmidt K., Schnull M., Cerutti G., Germak A., Zabek A., Pachuta A., Arnavtov G., Kalish E., Stus Y., Stizza D., Friederich J., Chartier J.-M., Marson I. (2001). Results from the Fifth International Comparison of Absolute Gravimeters, ICAG97. *Metrologia*, 38 (1), 71–78. DOI: <http://dx.doi.org/10.1088/0026-1394/38/1/6>
- Tamura, Y. (1987). A harmonic development of the tide-generating potential. *Bulletin D'Information des Marees Terrestres* 99, 6813–6855.
- Timmen, L., Flury, J., Peters, T., Gitlein, O. (2006). A new absolute gravity base in the German Alps. In: Hvoždara, M. (Ed.), Kohúh I. (Ed.), *Contributions to Geophysics and Geodesy*, 36 (special issue): 2<sup>nd</sup> Workshop on International Gravity Field Research (pp. 7–20). Bratislava: Slovak Academy of Sciences.
- Timmen, L., Wenzel, H.-G. (1995). Worldwide synthetic gravity tide parameters. In: H. Sünnkel (Ed.), *I. Marson (Ed.) Gravity and Geoid. Proceedings of IAG Symposium*, 113 (pp. 92–101), Berlin, Heidelberg: Springer. DOI: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-79721-7\\_11](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-79721-7_11)
- Torge, W. (1989). *Gravimetry*. New York, Berlin: Walter de Gruyter.
- Van Camp, M., Hendrickx, M., Richard, P., Thies, S., Hinderer, J., Amalvict, M., Luck, B., Falk, R. (2003). Comparisons of the FG5#101, #202, #206 and #209 Absolute Gravimeters at Four Different European Sites. In P. Francis (Ed.), T. Van Dam (Ed.), *Proceedings of the Workshop: IMG-2002: Instrumentation and Metrology in Gravimetry* (pp. 65–73). Luxembourg: European Center for Geodynamics and Seismology.
- Vitushkin, L. (2007). Measurement standards in gravimetry. In V. G. Peshekhonov (Ed.), *International Symposium on Terrestrial gravimetry: Static and mobile measurements: Proceedings* (pp. 197-202). Saint Petersburg: Elektropribor.
- Vitushkin, L., Becker, M., Jiang, Z., Francis, O., Van Dam, T. M., Faller, J., Chartier, J.-M., Amalvict, M., Bonvalot, S., Debeglia, N., Desogus, S., Diamant, M., Dupont, F., Falk, R., Gabalda, G., Gagnon, C. G. L., Gattacceca, T., Germak, A., Hinderer, J., Jamet, O., Jeffries, G., Käker, R., Kopaev, A., Liard, J., Lindau, A., Longuevergne, L., Luck, B., Maderal, E. N., Mäkinen, J., Meurers, B., Mizushima, S., Mrlina, J., Newell, D., Origlia, C., Pujol, E. R., Reinhold, A., Richard, Ph., Robinson, I. A., Ruess, D., Thies, S., Van Camp, M., Van Ruymbeke, M., de Villalta Compagni, M. F., Williams, S. (2002): Results of the Sixth International Comparison of Absolute Gravimeters, ICAG-2001. *Metrologia*, 39 (5), 407–424. DOI: <http://dx.doi.org/10.1088/0026-1394/39/5/2>
- Wenzel, H. G. (1996). The nanogal software: Earth tide data processing package ETERNA 3.30, *Bulletin D'Informations Marees Terrestres*, 124, 9425–9439.
- Wilmes, H., Richter, B., Falk, R. (2003). Absolute Gravity Measurements: a System by Itself. In I. N. Tziavos (Ed.), *Proceedings of the 3rd Meeting of the International Gravity and Geoid Commission, Gravity and Geoid GG2002* (pp. 19–25). Thessaloniki, Ziti Editions.
- Wilmes, H., Vitushkin, L., Pálinkás, V., Falk, R., Wziontek, H., Bonvalot, S. (2016). Towards the Definition and Realization of a Global Absolute Gravity Reference System. In: *International Association of Geodesy Symposia*. Springer, Berlin, Heidelberg. DOI: [http://dx.doi.org/10.1007/1345\\_2016\\_245](http://dx.doi.org/10.1007/1345_2016_245)
- Wziontek, H., Falk, R., Wilmes, H. (2015). The absolute gravity reference system and its contribution to geoid determination. *EUREF Symposium 2015, Tutorial Height and Gravity*. <http://www.euref.eu/documentation/Tutorial2015/t-03-02-Wziontek.pdf>, accessed 8. 9. 2017.



Repačić M. (2017). New Adjustment of the Croatian First Order Gravity Network. *Geodetski vestnik*, 61 (4), 630-648.  
DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2017.04.630-648

**Marija Repačić, M.Sc.**

Croatian State Geodetic Administration  
Gruška 20, HR-10000 Zagreb, Croatia  
e-mail: [marijarepanic@yahoo.com](mailto:marijarepanic@yahoo.com)





**S**ir Franz der Erste,  
 von Gottes Gnaden Kaiser von Oesterreich; König von Jerusalem, Hungarn, Böhmen, der Lombardey und Venedig, von Dalmazien, Kroazien, Slavonien, Galizien, Lobomerien und Illyrien; Erzherzog von Oesterreich; Herzog von Lothringen, Salzburg, Steyer, Kärnthén, Krain, Ober- und Nieder-Schlesien; Großfürst in Siebenbürgen; Markgraf in Mähren; gefürsteter Graf von Habsburg und Tyrol u. u.

## Wir Franz der Erste,

von Gottes Gnaden Kaiser von Oesterreich; König von Jerusalem, Hungarn, Böhmen, der Lombardey und Venedig, von Dalmazien, Kroazien, Slavonien, Galizien, Lobomerien und Illyrien; Erzherzog von Oesterreich; Herzog von Lothringen, Salzburg, Steyer, Kärnthén, Krain, Ober- und Nieder-Schlesien; Großfürst in Siebenbürgen; in Mähren; gefürsteter Graf von Habsburg und Tyrol ec. ec.

# Grundsteuer Patent, 23. december, 1817

In Erwägung der Mißverhältnisse, welche bey der Umlegung der Grundsteuer nach dem bestehenden Maßstabe der Vertheilung für ganze Provinzen, Kreise, Districte und Gemeinden, wie für einzelne Contribuenten hervorgehen, haben Wir nach der reiffesten Erwägung dieses Mißstandes, und der zweckmäßigsten Mittel ihm abzuhelfen, den Entschluß gefaßt, in Unseren sämtlichen Deutschen und Italienischen Provinzen ein in seinen Grundsätzen billiges, und in seiner Anwendung festes System der Grundsteuer in Ausführung zu bringen. Unsere leitenden Gesichtspuncte bey diesem allgemein nützlichen Unternehmen waren: die Anwendung des Begriffes der strengsten Gerechtigkeit, die vorzüglich durch eine richtige Ausmaß der Grundsteuer bedingte Aufmunterung der Landescultur, und die möglichste Beförderung ihrer heilsamen Fortschritte.

Wir befehlen demnach:

§. 1.

Der Grundsteuer unterliegen die Nutzungen von Grund und Boden, und jene von Gebäuden.

§. 2.

Als eigentliche Grund-Nutzungen werden der Grundsteuer einbezogen: alle productiven Oberflächen der Erde, im Verhältnisse der zu Geld veranschlagten Producte, welche sie bey Anwendung des gewöhnlichen Fleißes einbringen können.

§. 3.

Als Nutzungen von Gebäuden werden der Grundsteuer einbezogen: der Ertrag, welchen die Area, die das Gebäude einnimmt, im Wege der Urproduction abwerfen kann, wenn sie in solche benützet würde, und der, den das Gebäude selbst trägt oder zu tragen vermag.

§.4.

Die Grundsteuer wird nach dem reinen Ertrage bemessen und angelegt.

§.5.

Wir als reinen Grundertrag: das Erträgniß, welches der Grundbesitzer von jeder ihm angehörigen productiven Oberfläche nach der dermaligen Cultursgattung, bey Anwendung der gemeindeüblichen Cultivirungsart in Jahren gewöhnlicher Fruchtbarkeit beziehen kann, nachdem die nothwendigen und gemeindeüblichen Auslagen auf Bearbeitung des Bodens, Saat, Pflege und Einbringung der Producte in Abschlag gebracht worden sind.

§. 6.

Bey den Gebäuden wird auf die nothwendige Unterhaltung derselben, und auf den im Verlaufe einer bestimmten Zeit ganz oder zum Theile zu Grunde gehenden Capitalswerth, durch einen verhältniß-mäßigen Anschlag Rücksicht genommen, und dadurch der reine Ertrag in die Versteuerung gezogen.

§. 7.

Die Ausmittlung des reinen Grund- und Häuserertrages erfolgt im Wege der öconomischen Vermessung und Mappirung, und der Schätzung.

§. 8.

Die Vermessung haben eigene, wissenschaftlich gebildete, und practisch geübte Feldmesser aus dem Militär- und Civil-Stande vorzunehmen.

§. 9.

Es wird im Wege derselben für jede Gemeinde eine eigene Mappe verfaßt, in welcher ihr Umfang, ihre Begränzung, und jede einzelne inner derselben gelegene Grundfläche nach Verschiedenheit der Cultursgattung, der Person des Eigenthümers, der natürlichen oder künstlichen Begränzung, in der topographischen Lage, Figur, und in dem angenommenen Maßstabe bildlich dargestellt ist.

## §. 10.

Die Schätzung werden eigene mit den Local- und öconomischen Verhältnissen des Districtes, für welchen sie aufgestellt sind, genau bekannte, in der practischen Landwirthschaft unterrichtete, durch Rechtlichkeit und Unbefangenheit erprobte Commissäre vornehmen.

## §. 11.

Es wird dabei nach den Bestimmungen des 4., 5. und 6. §. vorgegangen und ausgemittelt: in wie viele Classen sich die Grundflächen jeder Cultursgattung, nämlich des Acker-, Wies- und Weinlandes, der Weiden, Waldungen u. s. w. in dem Umfange der betreffenden Gemeinde, nach der natürlichen Beschaffenheit des Bodens unterscheiden? Wie viel ein bestimmtes Flächenmaß jeder Cultursgattung und jeder Classe derselben im Mitteldurchschnitte Eines Jahres an den nach der gemeindeüblichen Cultivirungsart gewöhnlichen Producten einbringe, welcher bleibende mittlere Geldwerth derselben in Metallmünze beygelegt werden kann? Wie hoch sich der nothwendige Culturaufwand im Gelde belaufe, und wie viel nach dessen Abschlag als reiner Ertrag erübrige.

## §. 12.

Der für ein bestimmtes Flächenmaß jeder Cultursgattung und jeder Classe derselben, nach den Bestimmungen des vorhergehenden §. entworfene Tariff wird auf die einzelnen Grundflächen jedes Grundbesitzers in der Gemeinde, im Verhältnisse des Flächenmaßes, welches die Grundstücke einnehmen, angewendet; nachdem jedes derselben nach seiner Cultursgattung der Classe, die es betrifft, mit Rücksicht auf die Lage und die Beschaffenheit des Bodens angereicht worden ist.

## §. 13.

Die Gebäude werden durch Parification der Area und durch die Ausmittlung des Zinsertrages, nach der individuellen Beschaffenheit eines jeden in die Schätzung genommen.

## §. 14.

Die Schätzung der Grundstücke und der Gebäude wird ohne Rücksicht auf die persönlichen Verpflichtungen der Eigenthümer oder Besitzer gegen Dritte vorgenommen, es mögen diese Verpflichtungen rein persönlich, oder auf der Realität hypothecirt seyn. Capitalsschulden, Gelddienst, Natural-, Abstattungs- Roboth- und Zehentverbindlichkeiten, aus was immer für Titeln sie entspringen, werden bey der Schätzung des reinen Grund- und Hausertrages nicht berücksichtigt.

## §. 15.

Sowohl über die Vermessung und Mappirung, als über die Schätzung, erhalten die mit der Ausführung beauftragten Behörden und Individuen eigene detaillirte Instructionen, deren Bestimmungen, so weit es erforderlich ist, durch eigene Circular-Verordnungen allgemein werden bekannt gegeben werden.

## §. 16.

Die Resultate der Vermessung und Schätzung gelangen, bevor die Steuer nach solchen umgelegt wird, zur Kenntniß der Interessenten, und es ist diesen unbenommen, ihre Einwendungen und Beschwerden dagegen vorzubringen, welche gehört, untersucht, so ferne sie gegründet sind, ausgeglichen, und zur definitiven Entscheidung gebracht werden.

## §. 17.

Auf die nach Anhörung und Ausgleichung der vorgekommenen Reclamationen berichtigten Resultate der Vermessung und der Schätzung wird die jährlich, nach den Bedürfnissen des Staates, von Uns ausgesprochene und postulierte Summe der Grundsteuer in der Art umgelegt, daß jede Provinz, jeder Kreis, jeder District, jede Gemeinde, und jeder einzelne Grund- und Hausbesitzer vom Hundert des ausgemittelten reinen Ertrages einen der festgesetzten Steuersumme entsprechenden gleichen Antheil als Grundsteuer an den Staat zu entrichten hat.

## §. 18.

Die im Laufe der Zeit vorkommenden Veränderungen in der Person des Besitzers, und im Umfange des Besitzthumes, werden aufgenommen, und in der Art in Evidenz gehalten, daß die Anforderungen der Grundsteuer immer an den wirklichen Besitzer der Realitäten, auf die sie angelegt ist, und im Verhältnisse ihres Umfanges gestellt werden.

## §. 19.

Bey eintretenden Elementar-Unfällen, welche das Object der Grundsteuer für immer zerstören, nämlich: bey Wegschwemmungen, Versenkungen von Grundstücken, bey Abbrennung von Gebäuden u. s. w. erfolgt die Ausscheidung derselben, und die Aufhebung der Abgabe.

## §. 20.

Bey eintretenden Elementar-Unfällen, welche des der Versteuerung unterliegenden reinen Ertrag zeitweise ganz oder zum Theile verschlingen, werden zeitweise gänzliche oder theilweise Grundsteuer-Nachlässe gestattet.

## §. 21.

Dagegen werden die neu zuwachsenden Objecte der Grundsteuer, nämlich: Alluvionen von Grundstücken, neu errichtete Gebäude u. s. w., mit Rücksicht auf die erforderliche Ermunterung zu landwirthschaftlichen Verbesserungen, und zur Aufführung neuer Gebäude, der Versteuerung einbezogen.

## §. 22.

Von der Grundsteuer finden nach der persönlichen Eigenschaft der Grund- und Hausbesitzer keine Ausnahmen Statt; doch sollen davon losgezählt seyn:

- a) Alle Oberflächen, welche im Wege der Urproduction nicht benützt werden können, als: unfruchtbare Gebirge, Steinfelsen, öffentliche Straßen, Flüsse und Canäle;
- b) Beerdigungsplätze, so lange sie diese Bestimmung haben;
- c) Staats-Gebäude, Kirchen, Militär-Casernen und Spitäler

## §. 23.

Ueberzeugt von der Nothwendigkeit und den vielseitigen Vortheilen dieser Einrichtung, ist es Unser Wille, daß die Ausführung derselben möglichst beschleuniget, und die zu Gebothe stehenden Mittel in vollstem Maße benützt werden.

§. 24.

Da jedoch der erforderliche Aufwand an Zeit, Kosten und Hülfсарbeitern zu groß ist, als daß damit gleichzeitig im ganzen Umfange Unserer Deutschen und Italienischen Provinzen vorgegangen werden kann, so wollen Wir dieselbe Länderweise vornehmen.

§. 25.

Wir behalten Uns vor, die Länder zu bestimmen, so wie sie an die Reihe der nach diesen Grundsätzen vorzunehmenden Regulierung der Grundsteuer zu treten haben, und die Behörden bekannt zu geben, welchen die Leitung und die Ausführung übertragen wird.

§. 26.

Um jedoch denjenigen Ländern, in welchen das System früher zur Ausführung gebracht wird, die Vortheile desselben noch vor der allgemeinen Ausgleichung in Beziehung auf die Vertheilung im Innern zuzuwenden, wird die dermahl im ganzen angelegte Grundsteuer-Summe im Innern der Provinz nach den Resultaten der neuen Erhebungen umgelegt, die eigentlich stabile Quote für die Provinz im Ganzen aber erst dann bestimmt, wenn aus der Vollendung der Erhebungen in allen Provinzen das richtige Verhältniß derselben unter einander hervorgegangen ist.

Gegeben Wien, am 23. December 1817

Er. k. k. Majestät  
**Franz des Ersten**  
 politische  
**Gesetze und Verordnungen**  
 für die  
 Oesterreichischen, Böhmisches und Galizischen  
 Erbländer.

Auf allerhöchsten Befehl, und unter Aufsicht der höchsten Hofstellen herausgegeben.



**Fünf und vierzigster Band,**  
 welcher die Berechnungen vom 1. Januar bis letzten December 1817  
 enthält.

Hier und in allen Erbländern kostet dieser Band ungeb. 1 fl. 57 kr. C.M.

W i e n.  
 Aus der k. k. Hof- und Staats-Druckerey.  
 1819.

Sr. K. K. Majestät  
**Franz des Ersten**  
 politische  
**Gesetze und Verordnungen**  
 für die  
 Oesterreichischen, Böhmisches und Galizischen  
 Erbländer.

Auf allerhöchsten Befehl, und unter Aussicht der höchsten Hofstellen herausgegeben



**Fünf und vierzigster Band,**  
 welcher die Verordnungen vom 1. Januar bis letzten December 1817  
 enthält

Hier und in allen Erbländern kostet dieser Band ungeb. 1 fl. 57 kr. C.M.

W i e n.  
 Aus k.k. Hof- und Staats-Druckerey.  
 1819.

*Vir:*

*Besedilo zakona o zemljiškem davku z dne 23. decembra 1817 je prevzeto iz gornje uradne zbirke zakonov in predpisov za leto 1817, strani 391–398.*

*Prepis v latinico in oblikovanje ob 200. obletnici zakona izvedel: dr. Joc Triglav.*



---

*Dr. Joc Triglav, univ. dipl. inž. geod.  
Območna geodetska uprava Murska Sobota  
Lendavska ulica 18, SI-9000 Murska Sobota  
e-naslov: [joc.triglav@gov.si](mailto:joc.triglav@gov.si)*



# ZAKON O ZEMLJIŠKEM LAND TAXATION ACT, DAVKU, 23. 12. 1817 DECEMBER 23, 1817

Mi, Franc I.,

po božji volji cesar Avstrije; kralj Jeruzalema, Madžarske, Češke, Lombardije in Benetk, Dalmacije, Hrvaške, Slavonije, Galicije, Lobomeriie in Ilirije; nadvojvoda Avstrije; vojvoda Lorene, Salzburga, Štajerske, Koroške, Kranjske, Zgornje in Spodnje Šlezije; veliki vojvoda Transilvanije; Moravske; grof Habsburške in Tirolske itd. itd.

Zaradi nesorazmerij, do katerih trenutno prihaja na podlagi obstoječih pravil pri odmeri zemljiškega davka tako glede porazdelitve davčnih bremen za celotne dežele, okrožja, okraje in občine kot glede davčne obremenitve za vsakega posameznika, smo se, s ciljem odpraviti te nepravilnosti, po zrelem premisleku odločili, da v naših skupnih nemških in italijanskih deželah uvedemo sistem zemljiškega davka, ki je v osnovi poceni in z vidika uveljavitve in uporabe stabilna rešitev. Naši glavni stališči pri oblikovanju rešitve za, z vidika javnega interesa, tako pomembno področje sta: upoštevati načelo pravičnosti v največji možni meri, kjer predvsem z ustreznimi ukrepi jasno vzpodbujamo obdelavo zemljišč, ter kolikor se da prispevati k za družbo pozitivnemu napredku.

Tako odrejamo sledeče:

## §. 1.

Zemljiškemu davku so podvrženi vsa zemljišča v uporabi kot tudi vse stavbe.

## §. 2.

Za sama kmetijska pridelovalna zemljišča se zemljiški davek določi vsem rodovitnim površinam na površju Zemlje, in sicer glede na v denarni vrednosti ocenjeni pridelek, ki ga je mogoče pričakovati na določeni površini z običajno skrbnostjo kmetijske pridelave.

## §. 3.

Za stavbna zemljišča se zemljiški davek določi glede na ocenjeno donosnost za površino zemljišča, ki jo zaseda stavba, če bi bila ta površina uporabljena za svoj prvotni namen, ter glede na dohodek, ki ga ali bi ga lahko prinašala sama stavba.

## §.4.

Zemljiški davek se določi in odmeri glede na čisti donos.

## §.5.

Kot čisti donos smatramo: donos, ki ga lahko pričakuje posestnik od vsake njemu pripadajoče rodovitne površine Zemlje glede na dejansko vrsto rabe, ob krajevno običajnem načinu obdelave zemljišč in ob upoštevanju običajne letne rodnosti, po tem, ko so bili odšteti potrebni in krajevno običajni stroški obdelave zemljišč, setve, kmetijske pridelave ter spravila kmetijskih pridelkov.

## §. 6.

Pri stavbah se s sorazmernim odbitkom upošteva stroške vzdrževanja, ter se glede na starost stavbe zmanjša ali odpiše v celoti ali delno kapitalska vrednost ter se na ta način določi čisti donos, ki se upošteva pri obdavčevanju.

## §. 7.

Čisti donos od zemljišč in stavb se izračuna na temelju ekonomske izmere in kartiranja ter ocenjevanja donosa.

## §. 8.

Izmero zemljišč morajo opraviti posebno, znanstveno izobraženi in v praksi izkušeni zemljemerci iz vojaških in civilnih vrst.

## §. 9.

Za vsako občino se na poenoten način izdelajo katastrski načrti, kjer je prikazana velikost občine, potek meje občine ter znotraj občine vsaka posamezna zemljiška površina, ki jo določajo vrsta rabe zemljišča, lastnik ter naravne in umetne meje, topografska lega, oblika, kar mora biti izdelano v izbranem merilu, upoštevajoč topografske znake.

## §. 10.

Za ocenjevanje donosa, ki bo izvedeno na podlagi krajevnih in gospodarskih značilnosti posameznih okrajev, vzpostavljenih v ta namen, bodo imenovani okrajni komisarji, ki so izobraženi na področju kmetijstva ter preverjeno delujejo pravično in neodvisno.

## §. 11.

Zato se pri ocenjevanju donosa izhaja iz določil 4., 5. in 6. člena tega zakona, kjer se ugotavlja: v kolikih razredih se razlikujejo zemljiške površine glede na kakovost zemljišč v okviru določene občine, in sicer za vsako posamezno kulturo, torej za vrste rabe njive, travnike in vinograde, pašnike, gozdove itn.? Kolikšen je pričakovani povprečni letni pridelek za izbrano enoto površinske zemljišča pri posamezni kulturi vsakega razreda izbrane kulture ob krajevno običajnem načinu obdelave zemljišč in za krajevno običajni kmetijski pridelek na takih zemljiščih, pri srednji vrednosti denarja v protivrednosti kovanih novcev? Kako visoki so stroški kmetijske pridelave v denarni vrednosti in koliko se mora zato zmanjšati pričakovani letni donos za izračun čistega letnega donosa?

## §. 12.

Po določilih predhodnega člena se za vsako površinsko enoto zemljišča posamezne kulture in za vsak razred te kulture določi tarifa, ki se upošteva za vsako zemljiško parcelo posameznega posestnika v občini, ob upoštevanju površin teh zemljišč; na ta način se oceni vrednost zemljišča glede na kulturo in razred, upoštevajoč lego zemljišča in kakovost tal.

## §. 13.

Stavbe se ocenjujejo na temelju tako imenovane izravnane površine (parifkata) in ugotovljenega predvidenega donosa od te površine.

## §. 14.

Ocenjevanje zemljiških parcel in stavb se izvaja brez upoštevanja osebnih obveznosti lastnikov ali posestnikov proti tretjim osebam, naj bodo te obveznosti čisto osebne ali pa uradno registrirane kot hipoteke. Pri ocenjevanju čistega donosa zemljišč in stavb se prav tako ne bodo upoštevale kapitalske obremenitve, denarne obremenitve, naturalne-, podložniško-tlačne obveze in desetina, ne glede na to, iz katerega naslova izhajajo.

## §. 15.

Tako za izmero in kartiranje kot tudi za ocenjevanje donosa dobijo vsi za izvajanje teh zadev pooblaščen uradi in posamezniki svoja podrobna navodila, katerih določila, v kolikor je to potrebno, se morajo objaviti s posebnimi okrožnicami z namenom seznanitve dotičnih o teh navodilih.

## §. 16.

Pridobljene rezultate izmere in ocenjevanja je treba, preden so le ti uporabljeni za odmero davka, predstaviti zainteresiranim, katerim se prepušča možnost uveljavitve ugovorov ali pritožbe, ki jih je treba poslušati, preučiti, in če so ugovori oziroma pritožbe utemeljene, jih je treba upoštevati ter sprejeti končno odločitev.

## §. 17.

Na podlagi popravljenih rezultatov izmere in ocenjevanja, po obravnavi morebitnih ugovorov oziroma pritožb, se letno, glede na potrebe države, z naše strani določi in zahteva skupna vsota zemljiškega davka; v ta namen se za vsako deželo, vsako okrožje, vsak okraj, vsako občino ter vsakega posameznega posestnika zemljišča ali stavbe določi davčno obveznost kot delež ocenjenega čistega donosa.

## §. 18.

Spremembe, ki se s časom pojavijo glede posestnika kot tudi glede obsega pravice posedovanja zemljišč oziroma premoženja, se upošteva na način, da se te spremembe prevzamejo in shranijo v evidenci, tako da se zemljiški davek vedno določi resničnemu posestniku in v sorazmerju glede na obseg posesti.

## §. 19.

V primeru elementarnih nesreč, ko je predmet zemljiškega davka za vedno uničen, in sicer: pri odtujitvi zemljišč zaradi vodne erozije, posedanju zemljišč, če stavba popolnoma pogori, itn., se izloči zemljišče in ukine davek.

## §. 20.

V primeru elementarnih nesreč, ki začasno v celoti ali delno zmanjšajo čisti donos zemljišča, ki je osnova za določitev zemljiškega davka, se začasno v celoti ali delno opraviči plačilo zemljiškega davka.

## §. 21.

Po drugi strani bodo nastajali novi predmeti za odmero zemljiškega davka, in sicer: nanošena zemljišča, novo zgrajene stavbe itn., seveda z obzirom na nujne vzpodbude za izboljšavo pogojev kmetijske pridelave ter gradnjo novih stavb.

## §. 22.

Pri odmeri zemljiškega davka ni predvidenih nobenih izjem z vidika osebnih značilnosti posestnikov zemljišč in stavb. Vendarle so izjeme, kjer zemljiški davek ni predviden:

- a) vsa zemljišča, ki jih zaradi primarne rabe ni mogoče obdelovati, kot so: nerodovitni gorski svet, skalovite stene, javne ceste, reke in kanali;
- b) pokopališča, dokler služijo temu namenu;
- c) državne stavbe, cerkve, vojaški objekti in bolnišnice.

## §. 23.

Prepričani v nujnost in vsestranske prednosti teh določil, je naša želja, da se čim bolj pospeši izvedba le-teh, in da je treba sredstva, ki so za to na voljo, uporabiti v največji možni meri.

## §. 24.

Izdaten čas, visoki stroški in obsežna dela so razlog, da zahtevanih del ne bomo mogli začeti in izvajati istočasno v vseh nemških in italijanskih deželah, zato bomo naloge izvajati postopoma po deželah.

## §. 25.

Pridržujemo si pravico, da določimo vrstni red dežel, v katerih se bodo začela izvajati dela za določitev zemljiškega davka po tem zakonu, ter o tem obvestimo deželne oblasti, ki bodo prevzele vodenje in izvedbo zastavljenih nalog.

## §. 26.

Da bi čim prej uveljavili prednosti novega sistema zemljiškega davka po tem zakonu, se bo novi zemljiški davek uvedel v deželah, ko bo izvedena izmera in ocenjevanje, kjer pa še ne bodo upoštevane splošne prilagoditve davka glede na zahteve države, ampak le z vidika pravične notranje deželne porazdelitve davčnih bremen; davčno breme za deželo se bo naknadno določilo s stabilno kvoto, ko bodo naloge po tem zakonu zaključene v vseh deželah in bodo tako poznana razmerja davčnih obvez med deželami.

Izdano na Dunaju, 23. decembra 1817

Vir:

*Besedilo zakona o zemljiškem davku z dne 23. decembra 1817 je prevzeto iz gornje uradne zbirke zakonov in predpisov za leto 1817, strani 391–398.*

*Prevod v slovenski jezik: Anka Lisec in Miran Ferlan.*



*Izr. prof. dr. Anka Lisec, univ. dipl. inž. geod.*  
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo  
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana  
e-naslov: anka.lisec@fgg.uni-lj.si

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

# 3TRA – BREZPLAČNI PROGRAM ZA TRANSFORMACIJO PROSTORSKIH PODATKOV V NOVI REFERENČNI KOORDINATNI SISTEM SLOVENIJE

## 3TRA – A FREEWARE TOOL FOR THE TRANSFORMATION OF SPATIAL DATA INTO THE NEW COORDINATE REFERENCE SYSTEM OF SLOVENIA

*Sandi Berk*

### 1 UVOD

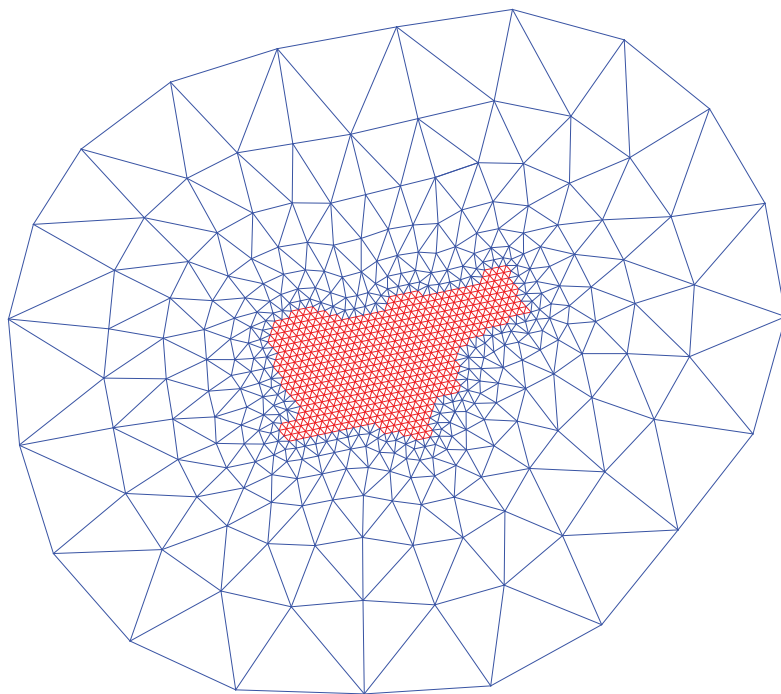
V Sloveniji smo v sklepnih fazi prehoda s starega (D48/GK) na novi ravninski referenčni koordinatni sistem (D96/TM). O strokovno in predvsem organizacijsko zahtevnem projektu priča dejstvo, da je bil sam protokol prehoda pripravljen že pred desetimi leti. Pravno podlago za izvedbo prehoda, katerega ključni korak je transformacija koordinat v prostorskih podatkovnih zbirkah v novi sistem, daje Zakon o državnem geodetskem referenčnem sistemu (ZDGRS, 2014). Geodetska uprava Republike Slovenije je skladno z 28. členom tega zakona zagotovila enoten model prehoda – vsedržavni model trikotniške transformacije. Poskrbela je tudi za brezplačni program, ki omogoča izvedbo transformacije koordinat po tem modelu.

Podrobnosti o prehodu nekaterih ključnih državnih prostorskih podatkovnih zbirk v novi referenčni koordinatni sistem so na voljo na spletnih straneh Geodetske uprave Republike Slovenije (2017a). V prispevku sta na kratko predstavljena transformacijski model in program za transformacijo koordinat. Podani so napotki za transformacijo vektorskih in rastrskih podatkov ter opozorila glede uporabe programa 3tra pri vodenju zbirke zemljiškega katastra.

### 2 VSEDRŽAVNI MODEL TRIKOTNIŠKE TRANSFORMACIJE, RAZLIČICA 4.0

Vsedržavni model trikotniške transformacije je model ravninske afine transformacije po trikotnih transformacijskih odsekih. Trikotniška transformacija je neprekinjena (zvezna) in povratna (reverzibilna) na območju države in širše okolice, kar omogoča tudi transformacijo območij sosednjih držav, ki jih pokrivajo državni sistemski načrti in karte, ter tudi uporabo na morju – v severni polovici Jadrana. Transformacijski trikotniki na ozemlju države sestavljajo skoraj pravilno trikotniško mrežo, s širitvijo navzven pa se trikotniki postopoma večajo (slika 1).

Vendarle pa je definicijsko območje transformacije omejeno. Zunaj sta tudi »izhodišči« starega in novega referenčnega koordinatnega sistema – sta dobrih 600 metrov vsaksebi in ležita blizu mesta Alessandria, približno 80 kilometrov vzhodno od Torina v Italiji.



Slika 1: Definijsko območje transformacije.

Prva različica vsedržavnega modela trikotniške transformacije je iz leta 2007. Takrat so bila oglišča transformacijskih trikotnikov kar izbrane vezne točke – na terenu fizično označene točke s kakovostno določenimi koordinatami tako v D48/GK kot tudi v D96/TM (Berk in Duhovnik, 2007). Izboljšana zasnova vsedržavnega transformacijskega modela temelji na virtualnih veznih točkah, ki na območju države tvorijo trikotnike s površino okoli 20 km<sup>2</sup>. Stranica trikotnika meri slabih 6,8 kilometra. Skupaj 899 virtualnih veznih točk sestavlja 1776 transformacijskih trikotnikov (Berk in Komadina, 2010 in 2013).

Prvotni niz okoli 2000 veznih točk je vseboval samo točke temeljnih geodetskih mrež in nekaterih navezovalnih mrež. Z analizami skladnosti D48/GK- in D96/TM-koordinat zemljiškokatastrskih točk, na primer v Pomurju, so odkrili neskladja in izpostavili pomen kakovosti transformacije pri ohranjanju kakovosti prostorskih podatkov (Berk, Komadina in Triglav, 2011). V letih 2014–2016 je bila kakovost trikotniške transformacije preverjena na vzorcih zemljiškokatastrskih točk po vsej državi; vključenih je bilo 80 testnih območij s približno 2500 ponovno izmerjenimi zemljiškokatastrskimi točkami (Berk in sod., 2015). Po naknadni zgostitvi veznih točk na nekaterih območjih države (tudi s točkami izmeritvenih mrež) na skupaj 3540 točk je bil izdelan izboljšan in verificiran model trikotniške transformacije, različica 4.0 (Berk in sod., 2016 in 2017). Točnost transformacije je za pretežni del državnega ozemlja višja od decimetrške. Transformacija praktično ohranja pravokotnost stavb – kotne deformacije so manjše od 17". Spremembe dolžin so manjše od 0,06 ‰ (6 cm/km), spremembe površin pa so manjše od 0,09 ‰ (0,9 m<sup>2</sup>/ha).

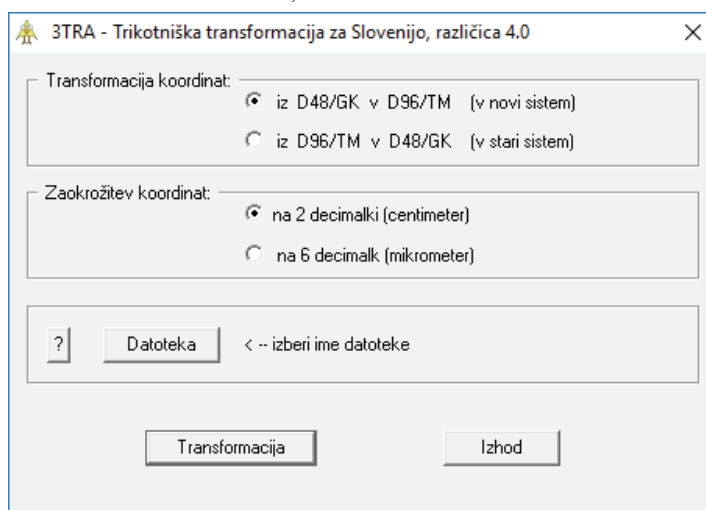


### 3 PROGRAM ZA TRANSFORMACIJO PROSTORSKIH PODATKOV 3TRA

Brezplačni program 3tra omogoča izvedbo transformacije datotek s prostorskimi podatki v nekaterih bolj razširjenih vektorskih in rastrskih formatih. Za transformacijo med starim in novim referenčnim koordinatnim sistemom je uporabljen vsedržavni model trikotniške transformacije, različica 4.0. Program je bil razvit v okolju MS Visual Studio 2017, v programskem jeziku Visual C++. S spleta si lahko snamete izvršljivo datoteko (3tra.exe), spremljajočo knjižnico za delo s shp-datotekami in uporabniški priručnik (Berk, 2017). Program zahteva operacijski sistem MS Windows, ki je novejši od Windows XP. Posebna namestitvev ni potrebna, s čarovnikom za ustvarjanje bližnjic pa lahko program 3tra postane dosegljiv prek ikone v obliki »trikotizirane« kokoške.

Ob zagonu programa 3tra se odpre pogovorno okno (slika 2), v katerem izberete:

- izvorni in ciljni referenčni koordinatni sistem (smer transformacije),
- število decimalnih mest pri koordinatah (zaokrožitev koordinat) in
- ime vhodne datoteke za transformacijo.



Slika 2: Osnovno pogovorno okno programa 3tra.

Program 3tra (različica 1.1, november 2017) podpira naslednje oblike vhodnih datotek:

- shp-datoteke (ArcView Shapefile Format),
- gen-datoteke (ArcInfo Generate Format, tudi plb/plv+pkb/pkv-datoteke),
- dat-datoteke (podatki o zemljiškokatastrskih točkah, tudi zkb/zkv-datoteke),
- dxf-datoteke (AutoCAD Drawing Exchange Format),
- csv-datoteke (MS DOS, ločeno z vejico ali s podpičjem),
- txt-datoteke (MS DOS, ločeno s tabulatorji ali presledki, tudi prn-datoteke),
- xyz-datoteke (tudi asc-datoteke),
- jpg-datoteke (Joint Photographic Experts Group Format, tudi jpeg-datoteke),
- tif-datoteke (Tagged Image File Format, tudi tiff-datoteke) in
- sid-datoteke (Multiresolution Seamless Image Database – MrSID).

Program 3tra vedno ohrani vhodne datoteke nespremenjene. Imena izhodnih datotek pa tvori iz imen vhodnih datotek, pri čemer je ime razširjeno z dodatkom »\_TM«, ko izvedete transformacijo v novi referenčni koordinatni sistem, oziroma z dodatkom »\_GK«, ko izvedete transformacijo v stari sistem. Program po potrebi tvori tudi istoimensko datoteko napak s pripono ».err« (iz angl. errors).

#### 4 TRANSFORMACIJA VEKTORSKIH PODATKOV

Pri vektorskih datotekah program 3tra odpre vhodno datoteko in jo prepisuje v izhodno datoteko. Ob tem transformira koordinate točk iz izvornega v ciljni referenčni koordinatni sistem, ostale vsebine pa ohrani nespremenjene. Osnovni algoritem za transformacijo posamezne točke je zelo enostaven in obsega:

- iskanje transformacijskega trikotnika, v katerem se nahaja točka (slika 1), in
- transformacijo koordinat točke s šestparametrično ravninsko afino transformacijo.

Program določi transformacijske parametre za posamezen trikotnik na podlagi vogalnih koordinat slednjega v izvornem in ciljnim referenčnem koordinatnem sistemu. Transformacijo v novi sistem (D48/GK → D96/TM) izvede po enačbah

$$e = A_1 + B_1 \cdot y + C_1 \cdot x$$

$$n = D_1 + E_1 \cdot y + F_1 \cdot x.$$

Transformacijo v stari sistem (D96/TM → D48/GK) izvede po enačbah

$$y = A_2 + B_2 \cdot e + C_2 \cdot n$$

$$x = D_2 + E_2 \cdot e + F_2 \cdot n.$$

$A_1, B_1 \dots F_1$  so parametri ravninske afine transformacije v novi referenčni koordinatni sistem,  $A_2, B_2 \dots F_2$  pa parametri povratne transformacije. Vsehrzavni model trikotniške transformacije torej za 1776 trikotnikov tvori po 10656 transformacijskih parametrov (tj.  $1776 \times 6$ ) za transformacijo v novi in prav toliko za transformacijo nazaj v stari sistem. Vsi ti parametri pa so izračunani iz vogalnih koordinat transformacijskih trikotnikov (torej iz koordinat 899 virtualnih veznih točk) v obeh sistemih – skupaj 3596 koordinat točk (tj.  $899 \times 2 \times 2$ ), ki so edini nujno potreben vhodni niz podatkov za tvorbo transformacijskega modela, topologijo mreže (slika 1) namreč določa Delaunayjeva triangulacija (Geodetska uprava Republike Slovenije, 2017b).

Morebitne točke zunaj definicijskega območja transformacije program ne transformira, ampak jo v izhodno datoteko samo prepíše. V tem primeru točko zabeleži tudi v err-datoteki. Odvisno od formata vhodne datoteke poda zaporedne številke takšnih točk ali ustrezne zaporedne številke vrstic vhodne datoteke ali oznake/številke točk (pri zemljiškokatastrskih točkah tudi s šifro katastrske občine) in seveda njihove koordinate.

Pričakovan vrstni red koordinat v vhodnih datotekah je najprej y- in nato x-koordinata oziroma najprej e- in nato n-koordinata. Pri besedilnih formatih so – razen ko gre za formatiran zapis z vnaprej določenimi širinami stolpcev (zkb-, zkv-, pkb- in pkv-datoteke) – ločila med koordinatami in/ali drugimi atributi točk tabulatorji in/ali presledki (gen-, plb-, plv-, txt-, prn- in xyz-datoteke) oziroma vejica in/ali podpičje (gen-, dat-, csv- in asc-datoteke). Ločilo pri koordinatah je decimalna pika, pogojno tudi decimalna vejica – če vejica ni uporabljena že kot ločilo med atributi točke. Program prepozna tudi koordinate točk, ki so podane v narekovajih, na primer „515200.61“, “515200.61”, »515200,61« in podobno.

Pri transformaciji shp-datoteke tvori program 3tra tudi projekcijsko datoteko (angl. projection file) s pripomočkom »prj«. Pri transformaciji iz novega v stari referenčni koordinatni sistem dobljena prj-datoteka namenoma ne podaja parametrov datumske transformacije (TOWGS84) oziroma so ti enaki 0. Za ohranitev položajne točnosti – razen ko zadošča že metrska – namreč sedemparametrična podobnostna transformacija ni primerna, ampak je treba vse podatke najprej transformirati v isti sistem z vsedržavnim modelom trikotniške transformacije (Berk in Boldin, 2017) – na primer s programom 3tra. Za združevanje tako pripravljenih podatkov (z enakimi prj-datotekami) pa so ob uvozu v GIS-okolje ti parametri nepomembni – niso uporabljani.

Pri transformaciji dxf-datoteke, razen za osnovne grafične gradnike (točka, daljica, lomnica), povsem stroga izvedba trikotniške transformacije ni enostavno izvedljiva. Modeliranje lokalnih popačenosti (distorzij) z odsekom afino transformacijo namreč povzroči tudi usmerjeni razteg – krog bi postal elipsa, torej drug grafični gradnik. V praksi so te nedoslednosti večinoma zanemarljive. Večja težava lahko nastopi pri uporabi blokov grafičnih gradnikov. Teh se je priporočljivo znebiti pred izvozom v format DXF, tako da jih razbijete na prvinske gradnike; v AutoCAD-u to storite z ukazom »Explode«.

## 5 TRANSFORMACIJA RASTRSKIH PODATKOV

Vsi trenutno podprti rastrski formati (jpg-, jpeg-, tif-, tiff- in sid-datoteke) omogočajo zapis georeferenciranih rastrov s pomočjo pomožne geolokacijske datoteke (angl. world file). Pripone teh datotek so tvorjene na podlagi pripone osnovnih datotek (jgw-, tfw- in sdw-datoteke). Pomožne geolokacijske datoteke je uvedla družba ESRI in podajajo informacije o umestitvi rastrske slike v prostor s šestparametrično afino transformacijo. Parametri po vrsticah geolokacijske datoteke so:

- projekcija zgornjega roba celice rastra na e- oziroma y-os (običajno dolžina stranice celice oziroma širina celice),
- projekcija zgornjega roba celice rastra na n- oziroma x-os (običajno 0),
- projekcija levega roba celice rastra na e- oziroma y-os (običajno 0),
- projekcija levega roba celice rastra na n- oziroma x-os (običajno dolžina stranice celice oziroma višina celice z negativnim predznakom),
- e- oziroma y-koordinata središča leve zgornje celice rastra (tj. abscisa središča leve zgornje celice rastra) in
- n- oziroma x-koordinata središča leve zgornje celice rastra (tj. ordinata središča leve zgornje celice rastra).

Pri transformaciji georeferenciranega rastra s programom 3tra gre za optimalno umestitev izvirnega rastra v ciljnem referenčnem koordinatnem sistemu. Obvezna je pripadajoča geolokacijska datoteka s parametri v izvornem sistemu. Sama rastrska datoteka ostane po transformaciji nespremenjena (ni prevzorčenja); spremeni se le geolokacijska datoteka.

Transformacije rastrske datoteke, ki ni v celoti znotraj definicijskega območja transformacije, program 3tra ne izvede. Ob uspešno izvedeni transformaciji pa v err-datoteko zapiše tudi osnovne informacije o načinu in kakovosti umestitve rastra v ciljnem referenčnem koordinatnem sistemu, ki vključujejo tudi koordinatna odstopanja v središčni in štirih vogalnih točkah rastra ter največje položajno odstopanje po transformaciji.

Zaradi optimalne določitve parametrov v geolokacijski datoteki zahteva program 3tra podatka o razsežnostih rastra (širini in dolžini območja v naravi), na podlagi katerih določi koordinate središčne in štirih vogalnih točk v izvornem referenčnem koordinatnem sistemu. Zadošča tudi približna ocena – v primeru skeniranih topografskih in preglednih kart skupaj z izvenokvirno vsebino. Razsežnosti rastra lahko podate z izborom ustrezne razdelitve na liste temeljnih topografskih načrtov, državnih topografskih ali preglednih kart, z izborom ustrezne celice hierarhične mreže ali pa z ročnim vnosom.

Program 3tra najprej izvede transformacijo središčne in štirih vogalnih točk rastra v ciljni referenčni koordinatni sistem – z vsedravnim modelom trikotniške transformacije, različica 4.0. Nato na podlagi parov koordinat teh točk v izvornem in ciljnem sistemu določi parametre za optimalno umestitev rastra v ciljnem sistemu (po metodi najmanjših kvadratov), in sicer:

- samo s pomiki po obeh koordinatnih oseh,
- s pomiki po obeh koordinatnih oseh in spremembo merila ali
- z afino transformacijo.

Afina transformacija je najboljši način umestitve rastrske slike v ciljnem referenčnem koordinatnem sistemu; ko je območje rastra v celoti znotraj enega samega transformacijskega trikotnika (s slike 1), je takšna umestitev matematično stroga – v nobeni točki rastra ni položajnih odstopanj glede na vsedravnim model trikotniške transformacije. Vendar pa nekateri programi ne zagotavljajo povsem pravilnega prikaza rastrske slike, ko se v geolokacijski datoteki poleg pomikov po obeh koordinatnih oseh pojavljata tudi zasuk in usmerjeni razteg (tj. ko sta drugi in tretji parameter različna od 0 ter je vsota prvega in četrtega parametra različna od 0). V tem primeru je priporočljiv drugi način umestitve rastrske slike – z določitvijo obeh pomikov in prilagoditvijo velikosti celice rastra. Mogoča je tudi še bolj poenostavljena (in manj natančna) umestitev zgolj z obema pomikoma, ki torej ohranja izvorno velikost celice rastra. Tudi ta način običajno povsem zadošča za kakovostno georeferenciranje rastrske slike.

Omeniti velja format GeoTIFF (Geographically Registered Tagged Image File Format) – različico formata TIFF, pri kateri so lahko informacije o georeferenciranju rastra zapisane tudi v glavi osnovne tif-datoteke. V tem primeru je treba preveriti, ali uporabljeno GIS-orodje upošteva informacije iz glave osnovne datoteke ali iz pomožne geolokacijske datoteke. V programu ArcMap na primer lahko date prednost tfw-datotekam na meniju Tools > Options > Raster ... kljukica pred »Use world file to define the coordinates of the raster«.

## 6 SKLEP

Vsedravnim model trikotniške transformacije delno odpravlja vplive popačenosti D48/GK. Zadnja različica transformacijskega modela (4.0) zagotavlja točnost transformacije, višjo od decimetrskje, za večji del države – posebej tam, kjer je kakovost podatkov najvišja (npr. večja urbana središča, ki so bila vključena v verifikacijo modela). Vendar se pojavljajo tudi območja, kjer ta model zaradi težav s homogenostjo starih detajlnih izmer ne zagotavlja zadostne kakovosti transformacije. Do nadaljnjega bo treba takšna območja, kjer se pojavljajo precejšnja odstopanja med lokalno transformacijo (na detajlu) in vsedravnim modelom trikotniške transformacije, obravnavati ločeno tudi v postopkih vzdrževanja zbirke zemljiškega katastra (Berk in sod., 2017).

Brezplačni program 3tra za transformacijo koordinat z uporabo zadnje različice vsedravnega modela trikotniške transformacije si lahko snamete s spleta (Berk, 2017). Namenjen je transformaciji prostorskih podatkovnih zbirk – še posebej tistih, ki niso v pristojnosti Geodetske uprave Republike Slovenije. Njihovo transformacijo v novi referenčni koordinatni sistem bodo namreč morali zagotoviti skrbniki teh zbirk (ZDGRS, 2014). Podatke, ki se vodijo datotečno, lahko transformirate neposredno s programom – vsaj za nekatere bolj razširjene formate, za ostale je treba prej izvesti pretvorbo v enega izmed podprtih formatov. Pri kompleksnejših prostorskih podatkovnih zbirkah lahko transformacijo izvedete s predhodnim izvozom koordinat točk iz geografskega oziroma zemljiškega informacijskega sistema (GIS/LIS) in ponovnim uvozom transformiranih koordinat. Tudi v tem primeru se za transformacijo lahko uporabi program 3tra. Za zahtevnejše sisteme pa bi lahko prišla v poštev tudi vgradnja lastne rešitve za transformacijo (v sam sistem). Podrobnejši opis načina vzpostavitve in algoritma trikotniške transformacije kot tudi parametre vsedravnega transformacijskega modela najdete na spletnih straneh Geodetske uprave Republike Slovenije (2017b).

**Literatura in viri:**

Berk, S. (2017). 3tra – Trikotniška transformacija za Slovenijo, različica 1.1. Ljubljana: Geodetska uprava Republike Slovenije. [http://www.e-prostor.gov.si/fileadmin/ogs/Transformacija\\_v\\_novi\\_koor\\_sistem/3tra.zip](http://www.e-prostor.gov.si/fileadmin/ogs/Transformacija_v_novi_koor_sistem/3tra.zip), pridobljeno 23. 11. 2017.

Berk, S., Boldin, D. (2017). Slovenski referenčni koordinatni sistemi v okolju GIS. Geodetski vestnik, 61 (1), 91–101. [http://www.geodetski-vestnik.com/61/1/gv61-1\\_berk.pdf](http://www.geodetski-vestnik.com/61/1/gv61-1_berk.pdf)

Berk, S., Duhovnik, M. (2007). Transformacija podatkov Geodetske uprave Republike Slovenije v novi državni koordinatni sistem. Geodetski vestnik, 51 (4), 803–826. [http://www.geodetski-vestnik.com/51/4/gv51-4\\_803-826.pdf](http://www.geodetski-vestnik.com/51/4/gv51-4_803-826.pdf)

Berk, S., Fabiani, N., Bric, V., Žagar, T., Janežič, M., Mivšek, E., Oven, K., Liseč, A., Čeh, M., Pavlovčič Prešeren, P., Stopar, B. (2016). Kontrola, izboljšava in verifikacija modela trikotniške transformacije za potrebe prehoda sloja ZK in drugih prostorskih zbirk iz D48/GK v D96/TM. Končno poročilo. Ljubljana: Geodetski inštitut Slovenije.

Berk, S., Fabiani, N., Fajdiga, D., Oven, K., Komadina, Ž., Čeh, M., Liseč, A., Pavlovčič Prešeren, P., Stopar, B. (2015). Verifikacija vsedravnega modela transformacije med D48/GK in D96/TM. Geodetski vestnik, 59 (1), 159–167. [http://www.geodetski-vestnik.com/59/1/gv59-1\\_berk.pdf](http://www.geodetski-vestnik.com/59/1/gv59-1_berk.pdf)

Berk, S., Komadina, Ž. (2010). Trikotniško zasnovana transformacija med starim in novim državnim koordinatnim sistemom Slovenije. V D. Perko (ur.), M. Zorn (ur.), Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2009–2010. GIS v Sloveniji, 10 (str. 291–299). Ljubljana: Založba ZRC.

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>

Berk, S., Komadina, Ž., Triglav, J. (2011). Analiza skladnosti D48/GK- in D96/TM-koordinat zemljiškokatastrskih točk v Pomurju. Geodetski vestnik, 55 (2), 269–283. DOI: <http://dx.doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2011.02.269-283>

Berk, S., Triglav, J., Komadina, Ž., Oven, K., Liseč, A., Čeh, M., Stopar, B. (2017). Vsedržavni model transformacije podatkov zemljiškega katastra iz D48/GK v D96/TM. V A. Liseč (ur.), Izmerjena dežela: 200 let katastra na Slovenskem. 45. Geodetski dan. Povzetki prispevkov (str. 29–32). Kranj: Društvo geodetov Gorenjske.

Geodetska uprava Republike Slovenije (2017a). Transformacija v novi koordinatni sistem. <http://www.e-prostor.gov.si/zbirke-prostorskih-podatkov/drzavni-koordinatni-sistem/transformacija-v-novi-koordinatni-sistem/>, pridobljeno 23. 11. 2017.

Geodetska uprava Republike Slovenije (2017b). Vsedržavna trikotniška transformacija med starim in novim državnim ravninskim referenčnim koordinatnim sistemom (D48/GK ↔ D96/TM) – transformacijski model (parametri) in algoritem izračuna koordinat. [http://www.e-prostor.gov.si/fileadmin/ogs/Transformacija\\_v\\_novi\\_koor\\_sistem/Trikotniška\\_transformacija\\_4.zip](http://www.e-prostor.gov.si/fileadmin/ogs/Transformacija_v_novi_koor_sistem/Trikotniška_transformacija_4.zip), pridobljeno 23. 11. 2017.

ZDGRS (2014). Zakon o državnem geodetskem referenčnem sistemu. Uradni list Republike Slovenije, 25/2014. <http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO6446>



Sandi Berk, univ. dipl. inž. geod.  
 Geodetska uprava Republike Slovenije  
 Zemljemerska ulica 12, SI-1000 Ljubljana  
 e-naslov: sandi.berk@gov.si

# KARTOGRAFIJA ZA OPTIMIZEM

# CARTOGRAPHY FOR OPTIMISM

*Joc Triglav*

---

## 1 UVOD

To jesen sem se doma ob večerih ukvarjal z zgodovino našega katastra, v službi pa predvsem z njegovo prihodnostjo. Neposreden povod za ukvarjanje z zgodovino katastra je seveda 200-letnica franciscejskega katastra, ki jo proslavljamo prav v dneh izida te številke Geodetskega vestnika. Razlog za ukvarjanje s prihodnostjo katastra pa je bila prevedba obstoječih stavbnih katastrskih vrst rabe v »221 zemljišče pod stavbo – ZPS«, ki je na Geodetski upravi RS potekala to jesen.

Kot geodeti dobro vemo: ni katastra brez kartografije in načrtov. To dejstvo je bilo nesporno ugotovljeno pred stoletji in ima vsaj enako veljavo tudi danes. In prav to dejstvo mi je omogočilo, da katastrske kartografske podatke s kančkom domišljije vidim in gledam tudi v malo drugačni luči. Dva takšna primera, ki sta mi bila v veselje in mi vzbujata optimizem, vam predstavljam v nadaljevanju.

Opomba: Toplo priporočam bralcu, da si slike v članku ogleda na spletni strani <http://www.geodetski-vestnik.com>, kjer so objavljene v barvah. Črno-bele slike v tiskani izdaji revije, ki jo držite v rokah, vam lahko ponudijo le sive občutke.

## 2 PRIMER IZ BELE KRAJINE

Konec junija letos, ob razglasitvi odločitve mednarodnega arbitražnega sodišča o državni meji med Slovenijo in Hrvaško, so bili v medijih izpostavljeni nekateri primeri določitve »nerazumljivo zapletenega« poteka državne meje. Eden od takih je Brezovica pri Metliki v Beli krajini. Državna meja je bila tam določena po katastrskih mejah. Razlog za vse tiste zareze, zavoje in enklave na državni meji je torej treba poiskati pri viru, tj. v arhivskih katastrskih načrtih. Na spletni strani Arhiva RS sem poiskal katastrske načrte franciscejske izmere dežele Kranjske iz leta 1824 za katastrsko občino Grabrovec, v kateri leži območje Brezovice. Posamične detajlne liste katastrskih načrtov sem poravnal s koordinatno mrežo in jih obrezal, tako da sem odstranil izvenokvirno vsebino načrtov. Nato sem tako obrezane liste združil v mozaik, da bi videl širšo sliko obmejnega območja (slika 1).

In glej, res, na dveh svetlo obarvanih »praznih« območjih katastrske občine Grabrovec je vpisana navedba, da so parcele obdavčene k cesarsko-kraljevemu Slunjskemu mejnemu regimentu in vključene v



občino Grabrovec (nem. *Gemeinde Grabrouz*). Slunjski mejni regiment je bil del okraja Žumberak (nem. *Sichelburg*), katastrska občina Grabrovec pa je spadala v novomeško kresijo.



Slika 1: Katastrski načrt franciscejske izmere katastrske občine Grabrovec iz leta 1824 (vir katastrskih načrtov: Arhiv RS – Franciscejski kataster dežele Kranjske, Novomeška kresija, k. o. Grabrovec, <http://arsq.gov.si/Query/archivplansuche.aspx?ID=9512>).

Ko sem sliko pogledal, mi je takoj priklicala podobo dobrovoljnega in nasmejanega kužka foksterijerja. Malo sem pobrskal po spletu in hitro našel sliko kužka, katerega glava je precej ustrezala kartografski podobi obmejnega dela k. o. Grabrovec (slika 2).



Slika 2: Kužek vrste foksterijer, kandidat za primerjavo z arhivskim katastrskim načrtom k. o. Grabovec (vir slike: <http://petcollectionworld.com/dog/fox-terrier-review-and-wallpapers/attachment/wire-fox-terrier-puppy-picture/>).

Kužek na sliki sicer deluje precej resno, ampak to sem pripisal ograji v ozadju slike, ki omejuje njegov svet prostega gibanja. Z mejami in ograjami na njih namreč nimajo težav samo ljudje. Za moj namen primerjave s katastrskim načrtom me je zanimala le kužkova glava, zato sem naredil izrez samo s kužkovo glavo (slika 3a) in ga obdelal s slikovno funkcijo zaznave robov (angl. *edge detection*), da bi zajel osnovni obris (slika 3b).



Slika 3:

- a) levo – izrez kužkove glave iz slike 2,
- b) desno – osnovni obris glave, pridobljen iz slike 3a s slikovno funkcijo zaznave robov.

Sledil je zadnji korak preveritve podobnosti, ki je prikazan na sliki 4.



Slika 4: Kombinirani prikaz obmejnega predela k. o. Grabrovec in glave kužka foksterijerja s slike 1 in slike 3b. Kužkov »kartografsko podprt« širok nasmeh vzbuja optimizem.

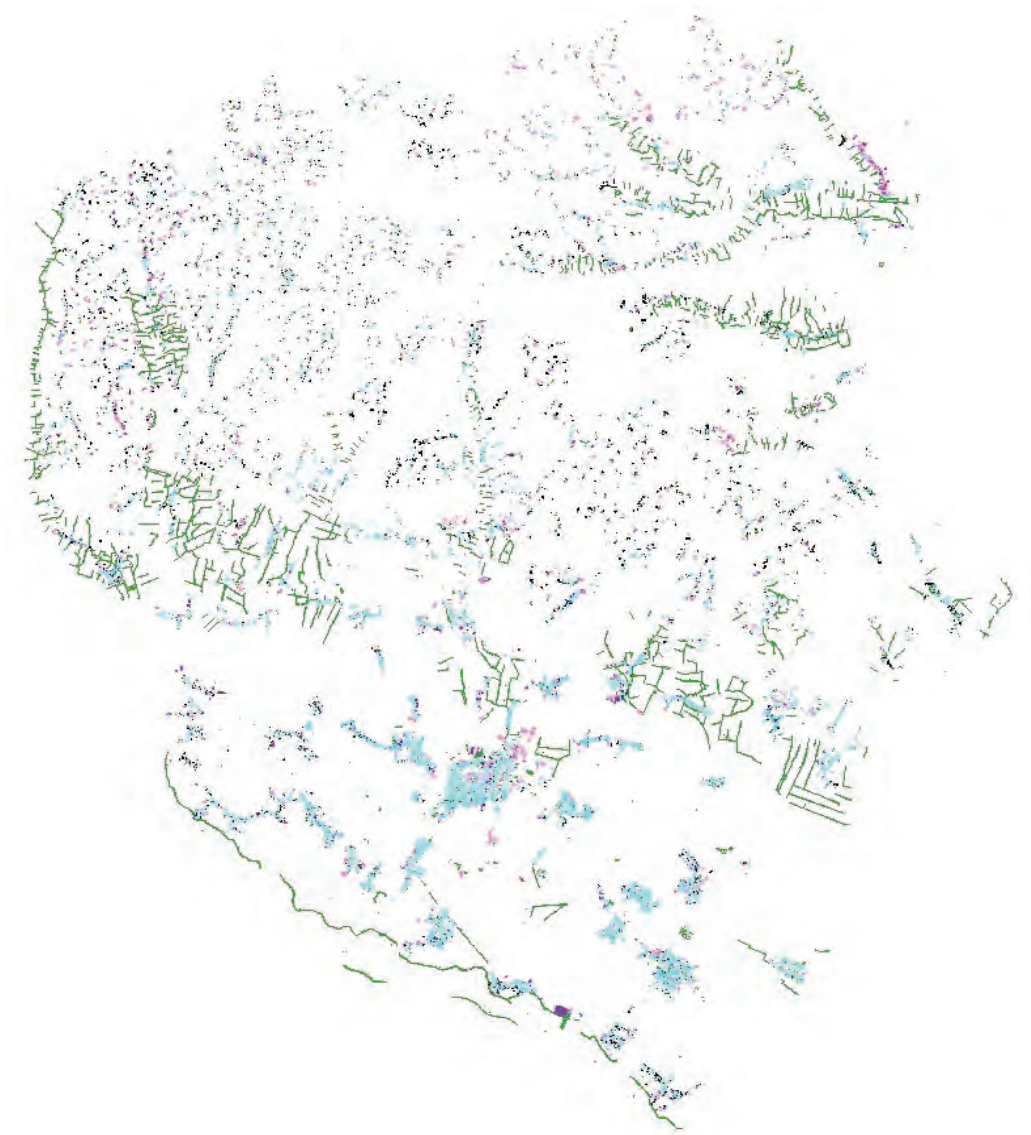
Kot vidite, podloženi katastrski načrt prej resnemu mlademu foksterijerju prav z eno od enklav pričara širok nasmeh skoraj do ušes. V tej skladni optimistični podobi vidim namig na dober obet, da bomo tudi mi in naši sosede Hrvati zmogli z dobro voljo ter z obojestranskim geodetskim znanjem in izkušnjami uresničiti odločitev arbitražnega sodišča in vzpostavili državno mejo v naravi na najboljši mogoč način.

### 3 PRIMER IZ PREKMURJA

Kot sem omenil na začetku, je letošnjo jesen na Geodetski upravi RS potekala prevedba stavbnih katastrskih vrst rabe v »221 zemljišče pod stavbo – ZPS«. Za območje geodetske pisarne Murska Sobota je bila izvedena v dveh krogih. Končne rezultate prevedbe sem si takoj po prejemu podatkov grafično ponazoril za vseh 135 katastrskih občin geodetske pisarne Murska Sobota, pri čemer sem z različnimi barvami prikazal posamezne kategorije prevedbe stavbnih katastrskih vrst rabe. Sliko sem si za analitične potrebe seveda podrobno ogledoval »od blizu« in jo primerjal z grafiko katastrskih prikazov posameznih katastrskih občin ter prišel do zanimivih ugotovitev, vendar to ni predmet tokratnega zapisa.

Zanimiva je namreč slika kot celota, tj. slika območja geodetske pisarne Murska Sobota s prikazom razporeditve prevedbe stavbnih katastrskih vrst rabe. Ko sem namreč s funkcijo »zoom all« pogledal celo sliko stavbnih rab na območju geodetske pisarne, sem lahko opazil izrazit profil kuštrave glave fanta s koničastim nosom in trmasto brado (slika 5).

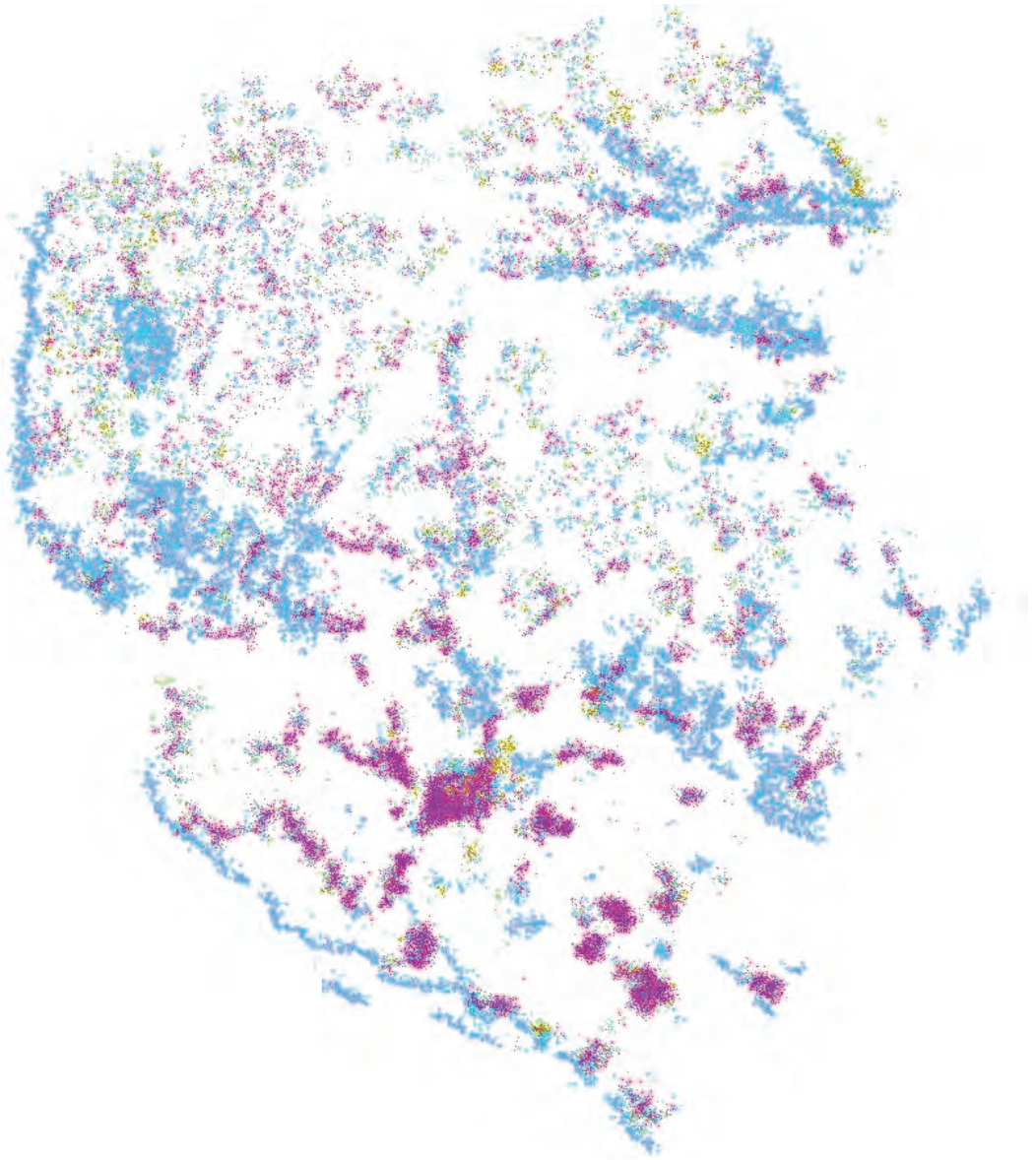




Slika 5: Prikaz kategorij prevedbe stavbnih katastrskih vrst rabe za območje geodetske pisarne Murska Sobota. »Točkovno« so v tem prikazu označene stavbe različnih kategorij prevedbe, linijski objekti v prikazu pa so protipoplavni nasipi in melioracijski jarki (= vrsta rabe »205 – funkcionalni objekt«).

In čeprav orglice res ni videti na sliki, mi je ob tem od nekod prišla na misel še krasna stara pesem Alfija Nipiča o kuštravem fantu, ki sleherni dan na ulici igra na orglice in poje o času, »... ko ljubezen vladala bo svetu vsem, vladala bo vsem ljudem ...«. Pesem je že prava, manjkajo pa še prave barve.

Da bi dobil »polnejšo« in hkrati bolj »točkasto« sliko prevedbe, sem uporabil slikovno funkcijo eksplozije (angl. *explosion*). Ker je ravno praznični čas – saj veste, proslavljamo 200 let franciscejskega katastra in še novo leto je tu –, sem točke v sliki obarval v barvah prazničnih lučk (slika 6).

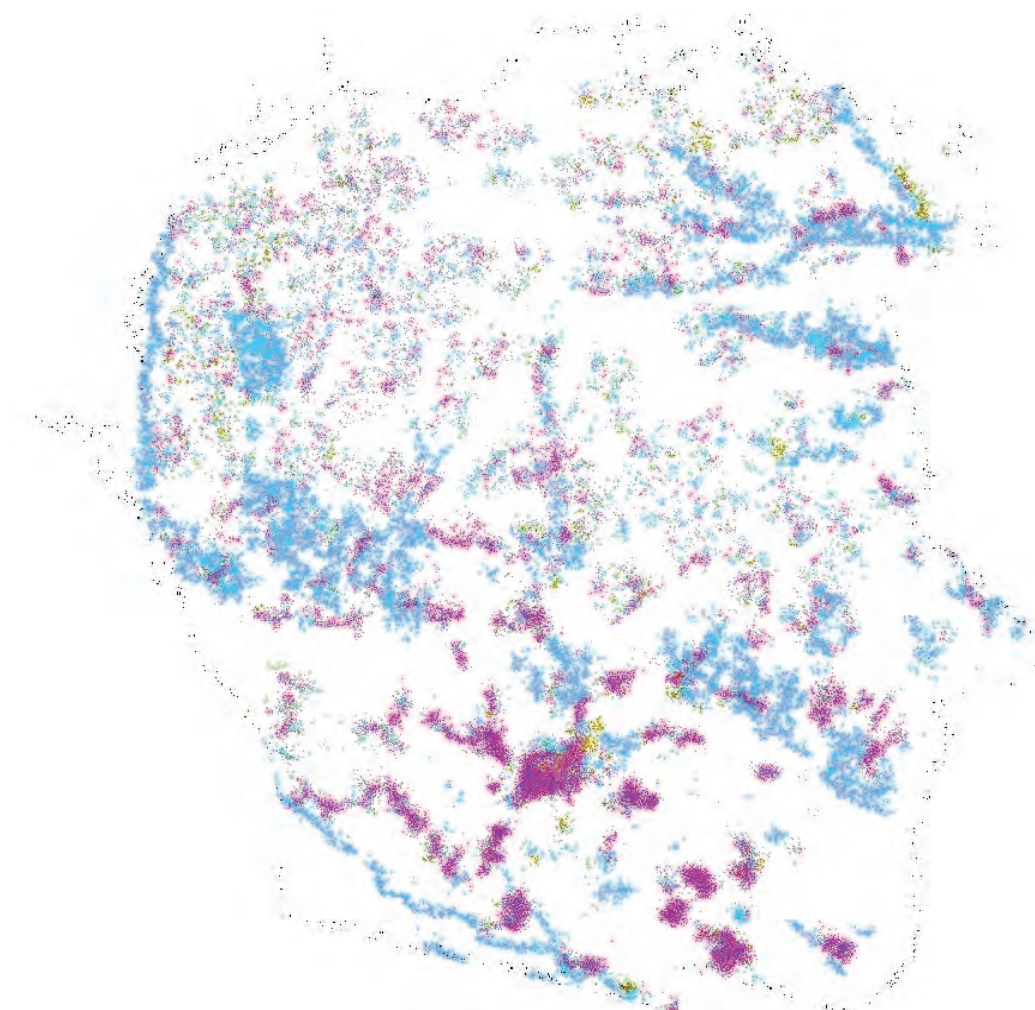


Slika 6: Grafika slike 5 po uporabi slikovne funkcije eksplozije in prilagoditvi barvne skale na barve novoletnih lučk.

Nato sem takšno sliko združil z obrisom glave kuštravega fanta (slika 7). Rezultat opisanega postopka si lahko ogledate na sliki 8.



Slika 7: Obris glave kuštravega fanta.



Slika 8: Združena grafika slike 6 in slike 7.



#### 4 SKLEP

Sklep glede tega nenavadnega slikovnega zapisa pravzaprav prepuščam bralcu. Z gornjima primeroma sem le želel ponazoriti, da lahko v kartografskih prikazih, pa najsi bodo prastari ali najsodobnejši, s kancem domišljije vidimo veliko več kot le to, čemur je kartografski prikaz v osnovi namenjen. Če se potrudite, da je vaša domišljija pozitivno in optimistično naravnana, boste v kartografskih izdelkih poleg novih pomenov vedno lahko našli tudi spodbude za odprt pozitiven odnos ne samo do stroke in svojih sodelavcev, temveč do soljudi nasploh. V skritih kotičkih optimizma in pozitivne domišljije boste odkrili možnosti za dobre in učinkovite rešitve tudi na videz nerešljivih težav. Vzemite si čas za podrobnosti, vsekakor, a pri tem nikar ne pozabite na celotno sliko!

Samo pomislite: dobrodušni nasmejani kužek nakazuje smer rešitve navidezno težkih mejnih problemov, namesto suhoparne prevedbe stavbnih katastrskih vrst rabe pa si lahko pričarate na desetisoče prazničnih lučk in zraven še krasno pesem o ljubezni »v svetu vsem«. Če še niste, poskusite kdaj tudi sami. Predstavljena primera sta vam lahko pri tem le v spodbudo. Optimizem in domišljija, ki ju boste uporabili pri svojem delu in razmišljanju, vam bosta odpirala vedno nove slike in nove poti ter dajala ton vašim odločitvam. Sicer to običajno ni in tudi ne bo enostavno opravilo, a zagotovo je vedno zanimivo, dobro za vaše počutje in praviloma tudi strokovno koristno!



---

*Dr. Joc Triglav, univ. dipl. inž. geod.*  
Območna geodetska uprava Murska Sobota  
Lendavska ulica 18, SI-9000 Murska Sobota  
e-naslov: [joc.triglav@gov.si](mailto:joc.triglav@gov.si)

# PREDSTAVITEV PROGRAMA PROJEKTOV EPROSTOR IN TRETJI SLOVENSKI DAN INSPIRE

*Erna Flogie Dolinar*

Geodetska uprava Republike Slovenije ter direktorat za prostor, graditev in stanovanja na ministrstvu za okolje in prostor sta za potrebe usklajenega in kakovostnega upravljanja prostora ter učinkovitega gospodarjenja z nepremičninami v finančni perspektivi 2014–2021 pripravila *Program projektov eProstor* (v nadaljevanju: eProstor). Prva in hkrati otvoritvena konferenca projekta, imenovana *Predstavitev Programa projektov eProstor* in 3. slovenski *INSPIRE dan*, je potekala v petek, 1. decembra 2017, v Hiši Evropske unije v Ljubljani.

Med številnimi gosti so bili ministrica za okolje in prostor Irena Majcen, ministrica brez resorja, pristojna za razvoj, strateške projekte in kohezijo Republike Slovenije, Alenka Smerkolj ter vodja vladne projektne pisarne, zadolžene za spremljanje izvajanja strateških vladnih projektov Renato Golob. Na konferenci je bilo navzočih več kot štirideset predstavnikov različnih institucij iz Slovenije – ministrstev, upravnih enot, inštitutov, občin inženirske zbornice, fakultet, zasebnih podjetij ipd.



Slika 1: Gostje in glavni govorniki na konferenci eProstor.



Slika 2: Irena Majcen, ministrica za okolje in prostor.

V uvodu konference je ministrica za okolje in prostor Irena Majcen izpostavila: *»Na ministrstvu želimo s tem projektom pospešiti in izboljšati procese na področju prostorskega načrtovanja, graditve objektov in upravljanja nepremičnin. S tem bomo pomembno prispevali k izboljšanju konkurenčnosti in ozelenitvi gospodarstva ter izboljšanju poslovnega okolja. Na poti do cilja želimo odpraviti nepotrebne administrativne ovire, omogočiti brezpapirno elektronsko poslovanje in zagotoviti enostavno dostopne kakovostne uradne podatke o nepremičninah, prostoru in graditvi.«* Ob tem je dodala, da je prvi korak na poti k zastavljenemu cilju že pripravljena prenovljena prostorska in gradbena zakonodaja, ki poenostavlja procese ter daje podlago za elektronsko poslovanje. Prav tako je v pripravi zakonodaja na področju evidentiranja nepremičnin. *»V naslednjem koraku nas čaka razvoj informacijskih rešitev, izboljšava in zajem določenih podatkov ter prehod na elektronski način poslovanja.«*

Projekt je tako kompleksen, da zahteva vključenost več resorjev, sredstva, s katerimi je financiran, pa upravlja služba vlade Republike Slovenije za razvoj in evropsko kohezijsko politiko. Ministrica Alenka Smerkolj je na konferenci poudarila pomen uvrstitve programa eProstor v Operativni program za izvajanje evropske kohezijske politike 2014–2020. »Za gospodarsko rast oziroma še boljše sonaravno rast, pa tudi za nova delovna mesta, je nedvomno treba pospešiti in izboljšati tudi procese na področju prostorskega načrtovanja, graditve objektov in upravljanja nepremičnin.« Skupna višina sredstev, namenjenih za izvedbo programa, je sicer 22,4 milijona evrov, od tega Evropski sklad za regionalni razvoj prispeva 17,9 milijona evrov.



Slika 3: Alenka Smerkolj, ministrica brez resorja, pristojna za razvoj, strateške projekte in kohezijo Republike Slovenije.



Slika 4: Anton Kupic, generalni direktor Geodetske uprave Republike Slovenije.

Generalni direktor Geodetske uprave Republike Slovenije Anton Kupic je izpostavil pomen eProstora za Geodetsko upravo Republike Slovenije: »Lokacijska izboljšava grafičnega dela zemljiškega katastra, informacijska prenova nepremičninskih evidenc, skeniranje preostalega dela arhiva geodetskih elaboratov, zajem manjkajočih podatkov in povezovanje področja prostorskega načrtovanja s sistemom evidentiranja nepremičnin ter zagotavljanje *medopravilnosti in souporabe prostorskih podatkov na standardiziran in evropsko primerljiv način so ključni rezultati, ki smo si jih zastavili v programu projektov eProstor.*« Ob tem je dodal, da bo z realizacijo zastavljenih ciljev ter s hkratno spremembo področne zakonodaje ministrstvo za okolje in prostor skupaj z Geodetsko upravo Republike Slovenije omogočilo elektronsko poslovanje na področju prostorskega načrtovanja in upravljanja nepremičnin. »V naslednjih štirih letih nas čaka obilo dela in sprejem vrste ključnih odločitev. Zastavljene cilje pa bomo dosegli zgolj s tesnim sodelovanjem vseh deležnikov tako v javni upravi kot tudi v akademskih in znanstveno-raziskovalnih ustanovah ter zasebnim sektorjem.«

V nadaljevanju konference je pomen eProstora za prostorsko načrtovanje in graditev izpostavila generalna direktorica direktorata za prostor, graditev in stanovanja na ministrstvu za okolje in prostor Barbara Radovan. Povzela je, da so bile do sedaj glavne pomanjkljivosti obstoječa zakonodaja, pomanjkanje uradnih zbirk prostorskih podatkov, ki bi omogočale podporo vsem procesom od načrtovanja prostora do izgradnje objekta na lokalni in državni ravni, pomanjkljivi podatki o pozidanih zemljiščih in nezazidanih stavbnih zemljiščih, pomanjkanje fleksibilnosti glede elektronskega poslovanja. Te pomanjkljivosti se odpravljajo z Zakonom o urejanju prostora in Zakonom o graditvi. »Posredni cilji projekta *eProstor so tako izboljšanje konkurenčnosti ter ozelenitev gospodarstva in poslovnega okolja, odprava administrativnih ovir,*

*brezpapirno elektronsko poslovanje in enostaven dostop do podatkov. Vloga projekta pa je realizacija določb nove zakonodaje, vzpostavitev sistemov ePlan in eGraditev ter medsebojno povezljivi, enostavno dostopni in standardizirani podatki na državni ravni.»*



Slika 5: Barbara Radovan, generalna direktorica direktorata za prostor, graditev in stanovanja na ministrstvu za okolje in prostor.



Slika 6: Mag. Jurij Bertok, direktor direktorata za informatiko na ministrstvo za javno upravo.

Pomen eProstora in povezovanje z državno informatiko pa je izpostavil mag. Jurij Bertok, direktor direktorata za informatiko na ministrstvo za javno upravo, ki se je v svoji predstavitvi dotaknil tudi razvoja državne informatike v prihodnje.

Prvi del konference je zaključila mag. Erna Flogie Dolinar, namestnica generalnega direktorja na Geodetski upravi Republike Slovenije in vodja programske skupine eProstora, ki je predstavila ključne cilje in pričakovane rezultate eProstora. *»Z eProstorom se povezujejo trije ključni stebri, in sicer prostor, graditev in nepremičnine. Novi sistemi se povezujejo na zakonodajni, vsebinski in tokrat tudi na informacijski ravni. S tem bo zagotovljena večja preglednost, učinkovitost, kakovost ter omogočen lažji nadzor.«* V nadaljevanju je predstavila organizacijsko in finančno strukturo projekta ter med ključnimi rezultati izpostavila prehod na elektronski način poslovanja na področju prostora, graditve in nepremičnin, odpravo administrativnih ovir, standardizacijo postopkov, storitev in izdelkov na teh področjih, medsebojno povezljivost sistemov, večjo informiranost, učinkovitejše storitve ter hitrejši vpis in učinkovitejši dostop do dovoljenj za gradnjo.



Slika 7: Mag. Erna Flogie Dolinar, namestnica generalnega direktorja na Geodetski upravi Republike Slovenije in vodja programske skupine eProstora.



Slika 8: Tiskovna konferenca eProstora.

Pred drugim delom konference je bila izvedena tiskovna konferenca, na kateri so predstavniki medijev postavljali vprašanja ministrici za okolje in prostor, generalnemu direktorju Geodetske uprave Republike Slovenije in generalni direktorici direktorata za prostor, graditev in stanovanja.

eProstor je sestavljen iz štirih vsebinskih projektov, ki so medsebojno povezani in soodvisni. V drugem delu konference so bili podrobneje predstavljeni cilji in pričakovani rezultati posameznih vsebinskih projektov. Tako sta projekt *Skupna infrastruktura za prostorske informacije* predstavila Tomaž Petek in mag. Uroš Mladenović, *Prostorski informacijski sistem* Jurij Mlinar, *Informacijsko prenavo nepremičninskih evidenc* mag. Ema Pogorelčnik ter *Zajem in izboljšava podatkov* Franci Ravnihar.



Slika 9: Franci Ravnihar, Renato Golob, mag. Ema Pogorelčnik, Jurij Mlinar, Tomaž Petek, Daniele Francioli.



Slika 10: Tomaž Petek, vodja kontaktne točke za INSPIRE Slovenija.

V okviru Programa projektov eProstor bodo podprti tudi ukrepi za vzpostavitev enotne informacijske infrastrukture za prostorske in nepremičninske podatke v Sloveniji ter omrežne storitve za prostorske in nepremičninske podatke. S tem bo Slovenija izpolnila tudi del obveznosti, ki nam jih nalaga evropska direktiva INSPIRE. Zato je v sklepnem delu konference potekal tudi 3. slovenski dan INSPIRE, na katerem je Tomaž Petek predstavil stanje glede izvajanja direktive INSPIRE, Daniele Francioli, zunanji svetovalec Evropske komisije (Skupno raziskovalno središče), pa podrobneje Register šifrantov.

Mag. Erna Flogie Dolinar, univ. dipl. inž. geod.  
Geodetska uprava RS  
Zemljemerska ulica 12  
1000 Ljubljana

# SEZNAM DIPLOM NA ODDELKU ZA GEODEZIJO UL FGG

OD 1. 8. 2017 DO 31. 10. 2017

*Teja Japelj*

## UVOD

Spet rutina, dnevne obveznosti in ritem, ki mu komaj sledimo. So počitnice res že minile? So sploh bile? Zadnje mesece smo vpisali študente, ki želijo študirati oziroma nadaljevati študij na naši fakulteti, vendar bi se našel prostor še za koga, upajmo na boljše čase.

Veliko zanimivega in poučnega lahko preberemo tudi v zaključnih nalogah naših študentov, ki so zagotovo ponosni na to, kar so dosegli. Diploma je največja nagrada za dokončano delo, študij, za študenta in njegove bližnje, ki so ga na poti spodbujali. Med branjem zanimivih tem se lahko seznanite z rešitvami različnih problemov in si obogatite znanje na strokovnem področju.

Na univerzitetnem študijskem programu prve stopnje geodezija in geoinformatika je bilo uspešnih devet študentov, na visokošolskem strokovnem študijskem programu prve stopnje tehnično upravljanje nepremičnin šest študentov, za katere močno upamo, da so se odločili nadaljevati študij na drugi stopnji. Na magistrskem študijskem programu druge stopnje geodezija in geoinformatika pa gre po koncu študija novim izzivom naproti devet študentov.

## GEODEZIJA IN GEOINFORMATIKA, 2. STOPNJA

Marko Grabljevec Vzpostavitev geodetske višinske mreže in analiza geoidnih višin na območju Krvavca

Mentor: doc. dr. Božo Koler

Somentorja: doc. dr. Miran Kuhar, asist. Tilen Urbančič

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=97607>

*Magistrska naloga obravnava vzpostavitev geodetske višinske mreže na južnem pobočju Krvavca od vznožja do cerkve Marije Snežne na vrhu. Novo stabiliziranim točkam so bile določene nadmorske višine z metodami geometričnega nivelmana in trigonometričnega višinomerstva. Z izravnavo višinskih razlik v mreži smo določili nadmorske višine točk s pripadajočo natančnostjo. V nalogi je predstavljena tudi primerjava izmerjenih geoidnih višin z geoidnimi višinami modelom geoida 2000 in 2010. Izmerjene geoidne višine smo pridobili na podlagi nadmorskih višin, določenih s postopkom trigonometričnega višinomerstva ter RTK, in statično metodo GNSS-izmere.*

Matej Hauptman Študija možnosti homogenizacije položajne in geometrijske kakovosti zemljiškokatastrskega prikaza

Mentorica: izr. prof. dr. Anka Lisec

Somentorja: asist. dr. Marjan Čeh, Barbara Trobec, univ. dipl. inž. geod.

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=96477>



*V magistrskem delu smo preučili možnosti homogenizacije položajne in geometrijske kakovosti zemljiško-katastrskega prikaza na obravnavanem območju katastrske občine 392 Krčevina pri Ptujju, ki obsega tri dele. Predhodno smo si ustrezno pripravili vhodne podatke in odpravili topološke napake v celotni katastrski občini. V programskem okolju Systra smo izvedli postopek homogenizacije zemljiškokatastrskega prikaza po delih katastrske občine ločeno in na dva različna načina. Z dodajanjem pogojev relativne geometrije v model izravnave točk smo želeli izboljšati stanje zemljiškokatastrskega prikaza na območjih z manjšo gostoto kakovostnih veznih točk. Dobljeno stanje po homogenizaciji smo analizirali v programskem okolju SysGeoPro ter odpravili dobljene topološke napake in popačenja na obravnavanem območju. Izvedli smo primerjalno analizo rezultatov obeh načinov (metod) homogenizacije in preučili učinek dodajanja pogojev na rezultat položajne homogenizacije zemljiškokatastrskega prikaza. Ugotovili smo, da je kakovost zemljiškokatastrskega prikaza odvisna od izvornih podatkov in metod vzdrževanja grafičnega zemljiškega katastra. Spoznali smo, da lahko s postopkom homogenizacije močno izboljšamo kakovost podatkov grafičnega zemljiškega katastra, njihovo zanesljivost pa bomo povečali le z nadštevilčnostjo opazovanj.*

**Uroš Jamnik**      Klasifikacija pokrovnosti z uporabo podatkov OpenStreetMap in satelitskih posnetkov Sentinel-2

**Mentor:**            prof. dr. Krištof Oštir

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=96470>

*V magistrski nalogi sem predstavil postopek izdelave kart pokrovnosti z brezplačnimi in prostodostopnimi podatki. Takšen postopek klasifikacije tal je ponovljiv, ne le za območje Slovenije, ampak za katero koli območje na Zemlji. Predstavljena sta pojma pokrovnosti in rabe tal. Opisane so najpomembnejše zbirke o rabi in pokrovnosti tal za območje Slovenije. Predstavljeni so načini klasifikacije, razvrščanje v razrede in izvajanje analize kakovosti klasifikacije. Kot vir satelitskih posnetkov za izdelavo naloge je predstavljen program Copernicus in satelita Sentinel-2. Opisan je projekt OpenStreetMap, ki sem ga uporabil za vir učnih vzorcev klasifikacije. Izdelal sem tri karte pokrovnosti za izbrano območje na podlagi učnih vzorcev zemljevida OpenStreetMap. Vir satelitskih posnetkov je satelit Sentinel-2. Karte se razlikujejo glede na število učnih vzorcev, saj je bil namen naloge ugotoviti optimalno število le teh za izdelavo karte pokrovnosti. Z analizo rezultatov sem ugotovil, da dva razreda pokrovnosti (razred gozd grmičevje in zaraščanje ter razred vode) dosegata zadostne rezultate. Za optimalno število učnih vzorcev pri izdelavi karte pokrovnosti se je izkazala karta s tremi učnimi vzorci. Domneve, ki sem jih preizkusil v magistrski nalogi, sem potrdil z dokazom, da je postopek klasifikacije mogoče opraviti samodejno ter da zemljevid OpenStreetMap prinaša dobre, vendar lahko tudi nezanesljive podatke.*

**Dejan Jenko**      Klasifikacija pokrovnosti z uporabo podatkov OpenStreetMap in satelitskih posnetkov Sentinel-2

**Mentor:**            prof. dr. Krištof Oštir

**Somentorja:**    viš. pred. dr. Mojca Foški, dr. Žiga Kokalj

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=96464>

*V magistrski nalogi obravnavamo problematiko določitve nezazidanih stavbnih zemljišč, katerih podatki o lokaciji in površini so težava marsikatere občine. Čeprav je ročno posodabljanje podatkovnih slojev časovno in finančno zahtevno, se postopki samodejnega posodabljanja le redko uporabljajo. Metodologija določitve nezazidanih stavbnih zemljišč, predstavljena v pričujoči magistrski nalogi, temelji na sodobnih postopkih objektivno usmerjene analize, s katero določimo pokrovnost zemljišč in interpretacijo zazidanih stavbnih*

zemljišč. S prostorskim presekom v GIS-okolju in obdelavo (čiščenjem) podatkov ustvarimo sloj potencialno nezazidanih stavbnih zemljišč. Zasnovo metodologijo smo preizkusili na treh študijskih območjih v Občini Trebnje, rezultate – sloje nezazidanih stavbnih zemljišč – pa primerjali s slojem, ustvarjenim na podlagi vizualne interpretacije in vektorizacije. Ugotovili smo, da avtomatski zajem nezazidanih stavbnih zemljišč ob dopolnjevanju z ročnim zajemom lahko doseže kakovost, primerljivo ročnemu zajemu.

Ksenija Kotar      Geografsko obtežena regresijska analiza selitev in delovne mobilnosti v Sloveniji v obdobju 2000–2013

Mentor:            doc. dr. Samo Drobne

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=96476>

*V magistrskem delu analiziramo priselitvene tokove in prihodne tokove delovne mobilnosti v Sloveniji. Analizo smo izvedli z dvema regresijskima metodama za obdobje trinajstih let, med letoma 2000 in 2013. Z globalno metodo OLS smo ocenili vpliv neodvisnih spremenljivk na priselitvene tokove in prihodne tokove delovne mobilnosti v modelu za celotno državo, z lokalno metodo GOR pa smo ocenili vpliv neodvisnih spremenljivk v posamezni občini. Prihodne tokove delovne mobilnosti obravnavamo kot nadomestek za priselitvene tokove. Rezultate obeh analiz smo posebej za posamezno pojasnjevalno spremenljivko primerjali med seboj. Pri globalni metodi OLS smo rezultate primerjali med zaporednimi leti od 2000 do 2013, pri lokalni metodi GOR pa smo pri priselitvenih tokovih med seboj primerjali lokalne modele med letoma 2004 in 2007, pri tokovih delovne mobilnosti pa lokalne modele za obdobje pred samim vrhom gospodarske krize v Sloveniji, med njim in po njem. Rezultati so za lažje razumevanje zbrani v preglednicah ter prikazani s kartografskimi prikazi. Ugotovili smo, da je Ljubljana celotno obravnavano obdobje pomembno regionalno središče, saj privlači prihodne tokove delovne mobilnosti, posledično pa v svojo okolico privlači priselitvene tokove.*

Petra Levičar      Možnosti katastrskega preurejanja zemljišč pri obstoječih linijskih infrastrukturnih objektih

Mentorica:        izr. prof. dr. Anka Lisec

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=96467>

*Magistrsko delo obravnava področje, ki je aktualno na mednarodni ravni – katastrsko preurejanje zemljišč ob večjih posegih v prostor. V študiji obravnavamo komasacije in druge instrumente za zemljiško preurejanje v Sloveniji ter v izbranih evropskih državah. Za Nemčijo, Švedsko, Češko in Nizozemsko podajamo pregled instrumentov za zemljiško preurejanje, s poudarkom na tistih, ki so primerni za preureditve ob gradnji velikih infrastrukturnih objektov. Pri tem se kot pomemben vidik izpostavlja trajnostni prostorski razvoj, poudarjene so tudi druge ekonomske in družbene koristi celovitega preurejanja zemljišč. V teoretičnem delu smo preučili literaturo s predmetnega področja in predstavili ključna dejstva, pomembna za obravnavo zemljiških preureditev. Dobre prakse so pomembno sredstvo pri spreminjanju obstoječih ali uvedbi novih instrumentov oziroma rešitev, zato smo predstavili nekaj uspešno izvedenih postopkov iz slovenskega prostora. Za osvetlitev problematike smo v empiričnem delu naloge obravnavali študijsko območje, ki je vplivno območje večjega infrastrukturnega objekta – avtoceste. Ugotovili smo, da so na tem območju neustrezni pristopi preurejanja zemljišč ob umestitvi avtoceste v prostor povzročili parcelno strukturo, ki zelo otežuje rabo zemljišč, tveganje pri registraciji, upravljanju in transakcijah zemljišč. Tako po slovenskih izkušnjah kot po izkušnjah v obravnavanih državah se komasacija prepozna kot pomemben instrument za zemljiško preurejanje in reševanje problematike parcelne razdrobljenosti ob umeščanju večjih infrastrukturnih objektov v prostor.*

Grega Šoič Analiza kakovosti določitve položaja v realnem času z uporabo različnih sistemov GNSS

Mentor: prof. dr. Bojan Stopar

Somentorja: asist. dr. Oskar Sterle, dr. Markus Roland

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=96475>

*Vsako leto se izvede nekaj izstrelitev novih satelitov v različnih globalnih navigacijskih satelitskih sistemih (GNSS) z namenom izboljšanja globalne pokritosti z navigacijskim satelitskim signalom. To hkrati omogoča, da določitev položaja z uporabo sistemov GNSS postaja vedno bolj uporabljana tehnika v različnih aplikacijah določitve položaja. GNSS omogoča določitev položaja visoke točnosti in natančnosti v realnem času z visoko hitrostjo izvajanja meritev, in sicer 1 Hz ali celo 10 Hz. Ta lastnost je zelo zaželeno pri projektih stalno potekajočega monitoringa, zato GNSS-monitoring postaja vedno bolj uporabljen pristop. GNSS-monitoring se običajno izvaja z uporabo tehnik diferencialnega GNSS. Tako je bil namen te raziskave ovrednotiti in primerjati rezultate določitve položaja v realnem času z uporabo tehnik diferencialnega GNSS ter podatkov opazovanj različnih kombinacij frekvenc in različnih sistemov GNSS. Za namen raziskave je bil nad 14-dnevnimi nizi eno- in dvofrekvenčnih opazovanj GNSS, pridobljenih s treh GNSS-sprejemnikov, ki so tvorili dva, 51 in 13.990 metrov dolga, bazna vektorja, izveden večkratni preračun določitev položaja v realnem času. Nizi so vsebovali opazovanja GNSS-sistemov GPS, GLONASS in BeiDou, med katerimi je bilo mogoče narediti sedem različnih kombinacij. Serije koordinat določitev položaja v realnem času, ki so bile izračunane na podlagi vseh kombinacij med sedmimi kombinacijami sistemov GNSS, opazovanji dveh frekvenc in dveh dolžin baznih vektorjev, so bile analizirane in primerjane med sabo. Naloga se zaključuje z razpravo o rezultatih opravljene raziskave, ki so predstavljeni v obliki grafičnih prikazov in statističnih indikatorjev. Ugotovitve pokažejo razliko v rezultatih ob uporabi različnih sistemov GNSS ločeno ali kombiniranja med njimi. Kot samostojen sistem se za najbolj točnega izkaže GPS, medtem ko kombinacija vseh treh sistemov GNSS vrne najboljše numerične vrednosti rezultatov.*

Mateo Turčič Izdelava 3D-modela gradu Smlednik iz posnetkov brezpilotnega letalnika

Mentor: doc. dr. Dušan Petrovič

Somentor: asist. dr. Klemen Kozmus Trajkovski

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=97610>

*V magistrskem delu smo uporabili brezpilotni letalnik za snemanje gradu Smlednik. Pridobljene posnetke smo geolocirali v državni koordinatni sistem. Te iste posnetke, nadirne in poševne, smo združili ter na njihovi podlagi izdelali digitalni trirazsežni model gradu Smlednik. Digitalni trirazsežni model smo uporabili za izdelavo fizičnega trirazsežnega modela ter modela za obogateno resničnost.*

Borut Žula Ocena položajne kakovosti zemljiškokatastrskih točk

Mentor: prof. dr. Bojan Stopar

Somentor: asist. dr. Marjan Čeh

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=96471>

*V magistrskem delu smo analizirali položajno kakovost ZK-točk v koordinatnem sistemu D96/TM za območje k.o. Krčevina pri Ptujju. Absolutna kakovost je bila ocenjena s primerjavo koordinat ZK-točk, ki smo jih določili s terensko izmero v koordinatnem sistemu D96/TM s predhodno določenimi v koordinatnem sistemu D96/TM in*

*D48/GK. Koordinate ZK-točk smo določili na terenu z metodo izmere GNSS-RTK, kjer smo upoštevali smernice Navodila za nadzor kakovosti podatkov v novem koordinatnem sistemu. Koordinate ZK-točk, ki so bile predhodno določene v koordinatnem sistemu D48/GK, smo transformirali v koordinatni sistem D96/TM z regionalnimi in v lastnem postopku določenimi transformacijskimi parametri. Relativno kakovost koordinat ZK-točk smo ocenili na podlagi odstopanj med na terenu izmerjenimi dolžinami in dolžinami, izračunanimi iz koordinat ZK-točk.*

## GEODEZIJA IN GEOINFORMATIKA, 1. STOPNJA

---

Nataša Jožef      Analiza uporabnosti programskega paketa FME

Mentorica:      izr. prof. dr. Anka Lisec

Somentorja:    viš. pred. dr. Miran Ferlan, asist. Jernej Tekavec

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=96502>

---

Meta Krivic      Razvoj naselij Smokuč in Rodine v občini Žirovnica

Mentorica:      doc. dr. Alma Zavodnik Lamovšek

Somentorica:   viš. pred. dr. Mojca Foški

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=96478>

---

Jan Magyar      Izdelava metričnega prikaza dna Blejskega jezera na osnovi podatkov snemanja s sonarjem Lowrance Elite-5 HDI

Mentor:          izr. prof. dr. Dušan Kogoj

Somentor:      asist. dr. Klemen Kregar

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=96485>

---

Petra Podržaj    Navezava vodomernih lat ob slovenski obali na nivelmansko mrežo Slovenije

Mentor:          doc. dr. Božo Koler

Somentor:      asist. Tilen Urbančič

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=95014>

---

Jošt Rakovec    Ničelna izmera geodetske mreže HE Brežice

Mentorica:      doc. dr. Simona Savšek

Somentor:      doc. dr. Aleš Marjetič

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=94555>

---

Nina Stajenko    Analiza kart slovenskega ozemlja v 18. in 19. stoletju

Mentor:          doc. dr. Dušan Petrovič

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=94828>

---

Simon Šanca      Kinematična metoda PPP (Precise Point Positioning) določitve položaja v GNSS

Mentor:          prof. dr. Bojan Stopar

Somentor:      asist. dr. Oskar Sterle

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=95441>

---

Barbara Šket      GNSS-izmera za oceno višinske točnosti digitalnega modela reliefa na območju nadvoza Dolgi most

Mentorica:      doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren

Somentor:      asist. dr. Dejan Grigillo

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=96500>

---

Patricija Vrhovšek      Analiza podatkov Landsat daljšega časovnega obdobja

Mentor:          prof. dr. Krištof Oštir

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=95442>

## TEHNIČNO UPRAVLJANJE NEPREMIČNIN, 1. STOPNJA

---

Marko Berus      Kartografska podpora študiji potresa v Brežicah 1917

Mentor:          doc. dr. Dušan Petrovič

Somentorici:      izr. prof. dr. Anka Lisec, Ina Cencić, univ. dipl. inž. fizike

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=94359>

---

Tim Marovt      Geodetska dela pri gradnji vodovoda naselja Orle

Mentor:          izr. prof. dr. Tomaž Ambrožič

Somentor:      doc. dr. Božo Koler

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=94457>

---

Miha Pajnič      Vzpostavitev mreže točk za preizkus instrumentov RTK-GNSS

Mentor:          izr. prof. dr. Tomaž Ambrožič

Somentorica:      doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=94458>

---

Anja Papež      Statična izmera zavarovalne mreže v okolici stalne postaje GNSS v Kočevju

Mentorica:      doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=96497>

---

Špela Žorko      Analiza trga stavbnih zemljišč in komunalni prispevek v občini Grosuplje

Mentorica:      izr. prof. dr. Maruška Šubic Kovač

Somentor:      asist. dr. Peter Lamovec

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=96496>

---

Helena Žužel      Analiza sistema zemljiške administracije na Norveškem

Mentor:          viš. pred. dr. Miran Ferlan

Somentorica:      izr. prof. dr. Anka Lisec

<https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=96495>

# GEO & IT NOVICE

*Aleš Lazar, Klemen Kregar*

## Novosti iz Trimbla



Na sejmu Intergeo 2017 je Trimble predstavil nova mehanska **tahimetra serije C**, ki predstavljata vmesni člen med najpreprostejšimi tahimetri serije M in boljšimi (tudi robotiziranimi) serije S. C3 in C5 sta na voljo v štirih različicah glede kotnih natančnosti, in sicer 1, 2, 3 ali 5". Oba instrumenta omogočata merjenje dolžin z natančnostjo 2,0 mm + 2 ppm s prizmo in 3,0 mm + 2 ppm brez reflektorja. Doseg merjenja znaša 5 kilometrov in 800 metrov brez reflektorja. Novost je funkcija avtofokus, s katero Nikonova optika sama izostril sliko. Model C5 ima naložen programski paket Trimble Access, ki se upravlja prek zaslona, občutljivega na dotik. S 4,3 kilograma teže, 12-urnim časom delovanja

baterije in IP66-zaščito sta oba instrumenta primerna za vsakodnevno uporabo, ki je udobna in zagotavlja natančne rezultate v vseh razmerah.

**Trimble Penmap** je prva Trimblova geodetska aplikacija za zajem GNSS-opazovanj s pametnim mobilnim telefonom s sistemom android. Povezovanje z GNSS-sprejemniki poteka prek bluetootha. Penmap ponuja vse osnovne funkcije za geodetska dela na terenu, omogoča pa tudi uvoz GIS in CAD, ki jih lahko uporabnik kombinira s satelitskimi posnetki – na primer Google Maps, OpenTopoMaps, ArcGIS World Street ipd. Nastavimo lahko vir popravkov opazovanj, tako da z vidika natančnosti zagotavlja podobne sposobnosti kot konvencionalne geodetske kontrolne enote. Penmap omogoča tudi zajemanje slik prek fotoaparata telefona, kar ima lahko vlogo dodatnega atributa točke ali kontrole zajete vsebine. Prek Trimble Connecta (sistem v oblaku) omogoča geodetu na terenu takojšen prenos oziroma sinhronizacijo podatkov s pisarno (in nasprotno).

Trimble je predstavil tudi novo različico svojega osrednjega programa za geodezijo **Trimble Business Center 4.0**. Program ponuja integracijo vseh vrst meritev – nivelmanskih, tahimetričnih, GNSS, oblakov točk, fotografij, in to tudi v formatih drugih proizvajalcev. V programu je veliko pozornosti namenjene združljivosti z uveljavljenimi GIS- in CAD-programi, kar omogoča enostavno integracijo z obstoječo



programsko opremo. Novi Trimble Business Center ponuja še vrsto razširitev in modulov, kot so: napredno načrtovanje, foto modul, modul za pripravo podatkov, GIS-modul in pa modul za obdelavo oblakov točk. Nova je tudi aplikacija v oblaku Trimble Clarity, ki je namenjena sodelovanju in omogoča prikaz vseh vrst prostorskih podatkov zgolj prek spletnega brskalnika različnim (tudi negeodetskim) uporabnikom.

Vir: Trimble, november 2017 – <http://www.trimble.com>

## Sentinel-5P bo spremljal onesnaženost zraka

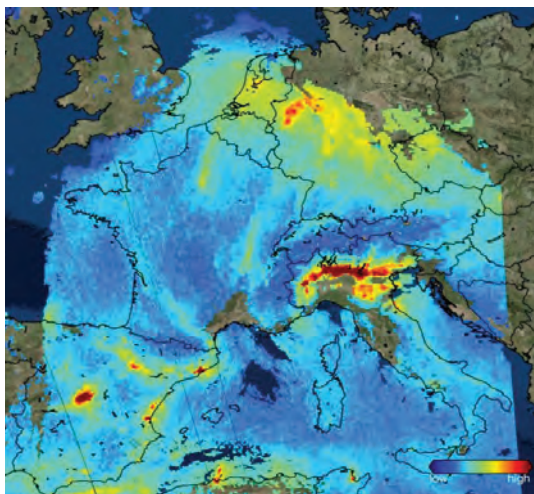
Dne 13. oktobra 2017 so pri programu Evropske unije Copernicus s triletno zamudo končno izstrelili četrti satelit Sentinel, ki bo zajemal podatke o onesnaženosti zraka. Satelit, težek 820 kilogramov, je s kozmodroma Plesetsk v severni Rusiji v vesolje odnesla raketa Rockot ob 11.27 (CEST). Ključni instrument na satelitu je 'TROPOspheric Monitoring Instrument' (Tropomi), ki zaznava vidno, UV-, blizu- in kratkovalovno IR-svetlobo. S temi podatki je mogoče ovrednotiti koncentracije ozona, metana, ogljikovega monoksida, žveplovega dioksida in drugih kazalcev onesnaženja atmosfere.

Sentinel-5 Precursor je eden prvih satelitov, ki zagotavlja spremljanje onesnaženja z visoko ločljivostjo ter bo omogočal dnevni in celo urni monitoring onesnaženja. V petek, 1. decembra, je satelit že dostavil prve posnetke.

Kakovost zraka postaja zelo pomembna tema v velikih mestih. Čisto mogoče bomo v prihodnosti med vremensko napovedjo lahko slišali tudi podatke o onesnaženosti zraka, vsaj v državah, ki so del projekta Copernicus. Podatki bodo na voljo brezplačno, uporabljali jih bodo lahko ne le znanstveniki, ampak tudi vlade in podjetja, ki se ukvarjajo z zmanjševanjem onesnaženosti zraka. Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS) bo ponudil načine za interpretacijo kompleksnih podatkov v oblike, ki jih bodo lahko uporabljali programi ali pa bodo razumljive ljudem.

Prejšnje misije Sentinel so se osredotočale na vreme, kopno in oceane, medtem ko je ta namenjena ozračju. Satelit leti v relativno nizki orbiti in uporablja nove tehnike za zaznavanje onesnaženja. Tako lahko zaznava koncentracije ogljikovega monoksida na velikih območjih, kar je bilo do sedaj problematično zaradi redkejši pokritosti površja s senzorji. Časovna ločljivost podatkov bo v urah, kar bo omogočilo veliko podrobnejše spremljanje kakovosti zraka, predvsem na občutljivih območjih, kjer je ta odvisna že od manjših sprememb vlažnosti in temperature zraka. V podatkih bodo zajeti tudi vplivi manjših ali večjih dogodkov, kot so požari ali lokalne spremembe vremena, tako da jih bomo lahko upoštevali v napovedih.

Vir: ESA, november 2017 – <http://www.esa.int>; GIS LOUNGE, november 2017 – <https://www.gis-lounge.com/>



## Leica geosystems predstavlja nov skener in GNSS-anteno



Leica napoveduje novi skener **ScanStation P50**, ki bo lahko meril na razdaljah do kilometra. Skener je nadgradnja prejšnjega P40 in ponuja hitrosti skeniranja do milijon točk na sekundo. Leica oglašuje, da je instrument namenjen širšemu krogu uporabnikov, saj z dosegom omogoča uporabo na novih področjih zajemanja stvarnosti. Zaradi večjega dosega naj bi se povečala tudi varnost merskih ekip, saj se jim ne bi bilo treba več približevati

nevarnim predelom, ki jih morajo poskenirati (na primer v kamnolomih). Tudi objekte, kot so dolgi mostovi, jezovi, nebotačniki in veliki izkopi, ki jih doslej ni bilo mogoče v celoti kakovostno skenirati, bo z novim instrumentom mogoče zajeti v celoti. Skener zagotavlja najvišjo kakovost 3D-podatkov in HDR-slikovni zajem. Tako kot predhodniki ima dvoosni kompenzator, kljub dolgemu dosegu pa natančnost meritev ni poslabšana.

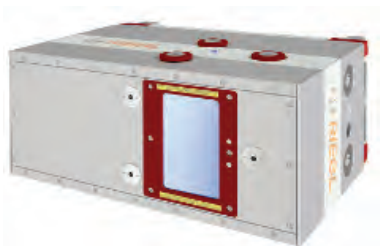
Poleg novega skenerja so pri Leici Geosystems izdelali novo **RTK GNSS-anteno GS18 T**, ki je odporna proti magnetnim motnjam in je ni treba držati navpično nad točko. To omogoča tehnologija, ki združuje GNSS in IMU (inercialno mersko enoto), je neobčutljiva za magnetno polje in ne zahteva kalibracije. Z nagnjenim togim grezilom lahko sedaj merimo točke, ki se jih prej ni dalo, na primer: točko pod avtom, cev v jašku ali vogal hiše. Merilno jedro 7. generacije omogoča zajem na 555 kanalih, umetna inteligenca, vgrajena v algoritme RTKplus, pa »pametno« odloča o odstranitvi odbitih ali zašumljenih signalov. Za doseganje centimetske natančnosti lahko pridobimo popravke opazovanj s sistemom Smartlink prek satelitov brez permanentnih postaj in omrežij. Antena ima označbo robustnosti IP66/IP68 in lahko deluje v ekstremnih temperaturah od  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ , vgrajen ima 4G-modem za povezavo v brezžično omrežje in radijski modem UHF. Anteno lahko upravljamo s kontrolerjem Leica CS20 ali tablico Leica CS35 in programsko opremo Leica Captivate.



Vir: Leica Geosystems, november 2017 – <https://leica-geosystems.com>; Spatial Source, november 2017 – <https://www.spatialsource.com.au>

## Riegl VQ-780i

Novi **Riegl VQ-780i**, prvič uradno predstavljen na Intergeu 2017, je visoko zmogljiv, robusten, lahek in kompakten aerolaserski skener za ultra širok (FOV  $60^{\circ}$ ) zajem prostorskih podatkov za zračno kartiranje. Njegova visoka produktivnost meritev s 25 hkratnimi impulzi v zraku pri hitrosti ponavljanja impulzov do 1 MHz omogoča visoko učinkovitost aerolaserskega skeniranja. Pri tem zagotavlja enakomerno porazdelitev točk z visoko natančnostjo ( $\pm 2\text{ cm}$ ). Sistem je primeren za aerolasersko skeniranje



s polnovalovno obliko signala pri nizki (najmanj 100 metrov), srednji in visoki (do 5000 metrov) višini leta. Pri novem modelu so uporabili napredno Rieglovo LIDAR-tehnologijo in dobro preizkušeno oblikovanje. Kot novost je dodana nova funkcija za odpravo atmosferskega šuma.

Vir: Riegl, november 2017 – <http://www.riegl.com>

## Satelitski posnetki posledic tornada v turčiji



Dne 13. novembra je na sredozemski obali v turški provinci Antalya nastal tornado. Po prehodu z morja na kopno je povzročil veliko škode na kmetijskih zemljiščih, avtomobilih in hišah, poškodovanih je bilo 38 ljudi. Podjetje European Space Imaging (EUSI), ki je eno vodilnih dobaviteljev satelitskih posnetkov visoke ločljivosti, je s satelita WorldView-2 pridobilo posnetke visoke ločljivosti za območje vasi Mavikent v okolju Kumluca, kjer je tornado prešel na kopno. Posnetek je bil zajet tri dni po nesreči in zelo lepo prikazuje pot tornada. Razlog za nastanek tornada je bila vodna tromba, ki se je združila s hudim neurjem. Hitrosti vetra v vrtincu so dosegale tudi 200 km/h. Turški organ za katastrofe in izredne dogodke je že zagotovil zatočišča za oškodovane prebivalce, zato lahko brez slabe vesti občudujemo vzorec, ki ga je vrtnec narisal na površje Zemlje.

Vir: GISCafé, november 2017 – <https://www10.giscafe.com>; EUSI, november 2017 – <http://www.euspaceimaging.com>

## Google prevajalnik uporablja nevronske mreže

Prevajalnik Google translate obstaja že več kot deset let. Dolgo je temeljil na strojni metodi prevajanja, kar pomeni, da je prevajal besedo po besedo. S tem se je pri prevodu pogosto izgubljal pomen ali kontekst besedila. Novembra 2016 so prevajalnik nadgradili z umetno inteligenco (GNMT – Google Neural Machine Translation), s čimer je naenkrat postal zelo natančen in »pameten«. Besedilni sistem ne prevaja več dobredno, temveč skuša razbrati pomen stavka in ga uporabiti v kontekstu. Prevodi so postali bistveno natančnejši in uporabnejši. Z novo tehnologijo so sprva prevajali le med večjimi svetovnimi jeziki, letos

septembra pa so vključili tudi slovenščino. GNMT naj bi sam razvil vmesni jezik, ki so ga pri Googlu poimenovali zero-shot. Vmesni jezik je zapisan samo v računalniški obliki in za ljudi ni berljiv, programu pa pomaga zakodirati pomen stavkov, ki jih potem prevede v poljubi jezik.

Vir: Google translate, november 2017 – <https://translate.google.com/community>; Prolingua, november 2017 – <https://prolingua.si/>

---

### **Morda niste vedeli:**

Oktobra 2017 so borovniškimi jamarji na območju Rombona odkrili nov prehod v breznu Hudi Vršič, s katerim se je globina te jame povečala na več kot tisoč metrov. Brezno Hudi Vršič so odkrili in do globine 620 metrov raziskali italijanski jamarji okrog leta 1990. Spodnjih 385 metrov je popolna vertikala, imenovana Zlatorog. Ekipa jamarjev pod vodstvom Jamarskega kluba Borovnica je leta 2003 opravila prvi spust v brezno in na globini 200 metrov nad Zlatorogom našla nov prehod, ki jih je v **štirinajstih** letih in po približno **šestdesetih** odpravah v brezno pripeljal s prvotnih 620 metrov globine do današnjih 1026 metrov in s prvotnih 737 metrov dolžine do današnjih 4525 metrov. S tem dosežkom se je seznam slovenskih jamskih »globinskih tisočakov« povzpel na število 8. Primat najgloblje jame v Sloveniji pripada breznu Čehi 2, ki s 1505 metri globine zaseda 6. mesto na svetovni lestvici najglobljih jam. Kaninsko-rombonski gorski masiv v Julijskih Alpah, nad Bovcem in dolino reke Soče, je eno redkih območij na zemeljski obli, kjer debelina skladov karbonatnih kamnin omogoča nastanek jam in brezen globine tudi 2000 metrov. (STA znanost, november 2017)

---

*Aleš Lazar, univ. dipl. inž. geod.*  
MAGELAN skupina d.o.o.  
Glavni trg 13, SI-4000 Kranj  
e-naslov: lazarales@gmail.com

*dr. Klemen Kregar, univ. dipl. inž. geod.*  
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo  
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana  
e-naslov: Klemen.Kregar@fgg.uni-lj.si

# GEODETSKI INSTRUMENTI IN OPREMA NA SLOVENSKEM OB 200-LETNICI KATASTRA V DRŽAVNEM ZBORU RS

*Jožica Marinko*



Zveza geodetov Slovenije je v sodelovanju z Geodetsko upravo Republike Slovenije, Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani ter Geodetskim inštitutom Slovenije pripravila razstavo *Geodetski instrumenti in oprema na Slovenskem*, in sicer je želela z njo simbolično zaznamovati 200-letnico začetka sodobnega katastra na Slovenskem. Kot smo v tem letu že večkrat poročali, je avstrijski cesar Franc I. 23. decembra 1817 podpisal Zakon o zemljiškem davku (nem. *das Grundsteuerpatent*). S tem se je začela sistematična katastrska izmera vseh dežel avstrijskega dela nekdanje monarhije, torej tudi večinskega dela slovenskega ozemlja. To je bil povod za nastanek tako imenovanega franciscejskega katastra, na katerem se je razvijal današnji zemljiški kataster.

Razstavo, pripravljeno pod strokovnim vodstvom mag. Janeza Slaka z Geodetske uprave RS, so odprli v ponedeljek, 11. decembra 2017, ob 11. uri v preddverju velike dvorane državnega zbora. Zbrane je nagovoril gostitelj dogodka, predsednik državnega zbora dr. Milan Brglez. V nagovoru je med drugim dejal, da se verjetno premalo zavedamo pomena geodezije. »*Geodetska stroka v razvitih državah prevzema glavno vlogo na področju razvoja prostorske podatkovne infrastrukture,*« je dodal in sklenil: »*V pričujočo razstavo, ki ponuja vpogled v delček bogate kulturne dediščine, je bilo nedvomno vložena veliko truda ... Zato iskrene čestitke in pohvale vsem, ki ste kakorkoli sodelovali pri pripravi in izvedbi te razstave. Naj vam tudi v prihodnje ne zmanjka veselja do vašega dela in naklonjenosti do vede, ki spada v sam vrh tehničnih ved.*«



Slika 1: Slavnostni govornik dr. Milan Brglez, predsednik državnega zbora. (Foto: Jani Demšar)



Številne udeležence sta pozdravila tudi direktor Geodetske uprave RS Anton Kupic ter predsednik Zveze geodetov Slovenije mag. Blaž Mozetič. V sklepnem delu prireditve nas je po razstavi s svojimi anekdotami popeljal zbiratelj starih instrumentov in avtor razstave mag. Janez Slak.



Slika 2: Mag. Janez Slak, avtor razstave; Anton Kupic, generalni direktor Geodetske uprave RS; dr. Milan Brglez, predsednik državnega zbora RS; mag. Blaž Mozetič, predsednik Zveze geodetov Slovenije. (Foto: Jani Demšar)



Slika 3: Odprtja razstave so se udeležili številni gostje iz geodetske stroke in političnih krogov. (Foto: Jani Demšar)

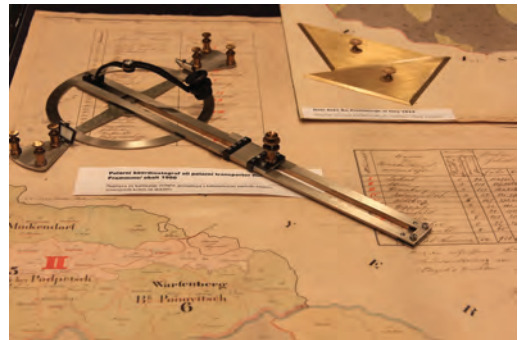




Slika 4: Obiskovalci odprtja razstave. (Foto: Jani Demšar)



Slika 5: Utrinek z razstave: arhivska zbirka geodetskih instrumentov. (Foto: Jani Demšar)



Slika 6: Razstavljeni geodetski eksponat. (Foto: Jani Demšar)

Ustvarjalci razstave dokazujejo, da se kulturna dediščina skriva tudi v (za laično javnost) ozkih strokovnih krogih, pa kljub temu zelo vpliva na širšo družbo, in prav je, da se je zavedamo, jo spoštujemo, dokumentiramo, hranimo in varujemo za prihodnje rodove.

Naj na koncu spomnimo še, da smo letos pri Zvezi geodetov Slovenije v sodelovanju z Geodetsko upravo Republike Slovenije, Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani, Geodetskim inštitutom Slovenije ter drugimi sorodnimi institucijami organizirali in načrtovali več dogodkov:

- **izid monografije *Geodetski instrumenti in oprema na Slovenskem (Surveying Instruments and Equipment in Slovenian Lands)***, avtorja: Janez Slak in Boštjan Pucelj; urednik: Joc Triglav;

- *razstava Geodetski instrumenti in oprema na Slovenskem, s poudarkom na Dolenjski, 24. februar–13. april 2017, Dolenjski muzej, Novo mesto;*
- *slavnostna akademija s koncertom Big banda Orkestra Slovenske vojske, 23. maj 2017, Brdo pri Kranju;*
- *45. Geodetski dan – Izmerjena dežela: 200 let katastra na Slovenskem, strokovni posvet, 24. maj 2017, Brdo pri Kranju;*
- *razstava Geodetski instrumenti in oprema na Slovenskem, s poudarkom na Gorenjski, 26. maj–18. junij 2017, Mestna hiša v Kranju – Gorenjski muzej;*
- *razstava Geodetski instrumenti in oprema na Slovenskem, s poudarkom na celjskem območju, 5.–27. oktober, Pokrajinski muzej Celje;*
- *razstava Geodetski instrumenti in oprema na Slovenskem, s poudarkom na celjskem območju, 8. november–2. december 2017, Muzej premogovništva Slovenije, Velenje;*
- *razstava Geodetski instrumenti in oprema na Slovenskem ob 200-letnici katastra, 11.–15. december 2017, Državni zbor Republike Slovenije;*
- *postavitev geodetske točke v središču Ljubljane, odprtje predvidoma v decembru 2017, Ljubljana.*

V imenu Zveze geodetov Slovenije iskrena hvala vsem, ki ste prispevali k tako bogatim in odmevnim dogodkom ob 200-letnici začetka katastra na Slovenskem.

---

Jožica Marinko

generalna sekretarka Zveze geodetov Slovenije

e-naslov: jozica.marinko@gov.si

# OB 200-LETNICI KATASTRA SLAVNOSTNO TUDI NA DUNAJU

*Anka Lisec*

V letošnjem letu smo se večkrat spomnili, da sega začetek sodobnega parcelnega katastra na Slovenskem v daljno leto 1817, ko smo z Zakonom o zemljiškem davku nekdanjega avstrijskega cesarstva dobili pravno podlago za temeljito katastrsko izmero naših dežel.

Pomembno obletnico so še posebej zaznamovali v glavnem mestu takratnega cesarstva, v današnjem v glavnem mestu Republike Avstrije, to je na Dunaju. Ob tej priložnosti je njihova državna geodetska služba (nem. *Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen*) izdelala informativno spletno stran o začetkih in razvoju katastra v Avstriji (<http://www.kataster200.at/>) ter izdala monografijo *Österreichisches Kulturgut – 200 Jahre Kataster* (slov. *Avstrijska kulturna dediščina – 200 let katastra*). V njej so med drugim predstavljeni različni katastrski sistemi, ki imajo skupne korenine v franciscejskem katastru. Stanje in trende razvoja nepremičninske administracije v Sloveniji je v monografiji predstavil dr. Joc Triglav z Geodetske uprave RS.



Slika 1: Z naslovnice informativne spletne strani <http://www.kataster200.at/>.

Prvi mednarodno odmeven dogodek je potekal v maju, natančneje od 17. do 19. maja 2017 na Dunaju, in sicer je bilo to tradicionalno 34-letno zasedanje predstavnikov geodetskih uprav z območja nekdanjega avstrijskega cesarstva, v katerih je izvor katastra povezan s franciscejskim katastrom z začetka 19. stoletja. Prireditve sta se udeležila predstavnika Geodetske uprave RS.



Od 1. do 4. oktobra 2017 je bila na Dunaju letna skupščina združenja evropskih geodetskih in katastrskih uprav *Eurogeographics*, ki združuje 63 članic iz 51 držav Evrope in širše regije. Na dogodku se je zbralo 125 udeležencev, ki so zastopali 50 organizacij iz 45 držav, tudi iz Slovenije, kjer so državo zastopali predstavniki Geodetske uprave RS. Med zasedanjem generalne skupščine se je zvrstilo več okroglih miz, na katerih so sodelovali generalni direktorji nacionalnih geodetskih in katastrskih uprav. Obravnavali so aktualne teme, kot so vloga geodezije in državne geodetske uprave v digitalni ekonomiji, inovativne rešitve kot pomembne storitve državne prostorske podatkovne infrastrukture, vloga uradnih prostorskih podatkov in storitev v trajnostnem razvoju ipd. Prireditev se je končala s slavnostno akademijo ob 200-letnici začetka parcelnega katastra v Avstriji in širši regiji.

Sledila je mednarodna konferenca na temo vizije zemljiškega katastra z naslovom *Common Vision* (slov. *Skupna vizija*), ki je potekala 5. in 6. oktobra 2017 na Dunaju. Poleg gostiteljice, avstrijske državne geodetske uprave BEV (nem. *Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen*), so dogodek skupno organizirale naslednje evropske institucije oziroma zveze:

*Eurogeographics*, zveza nacionalnih geodetskih in katastrskih uprav evropskih držav;

- CLGE (angl. *The Council of European Geodetic Surveyors*), Svet evropskih inženirjev geodezije;
- UNECE WPLA (angl. *United Nation Economic Commission for Europe – Working Party on Land Administration*), Delovna skupina za upravljanje nepremičnin pri Ekonomski komisiji Združenih narodov za Evropo;

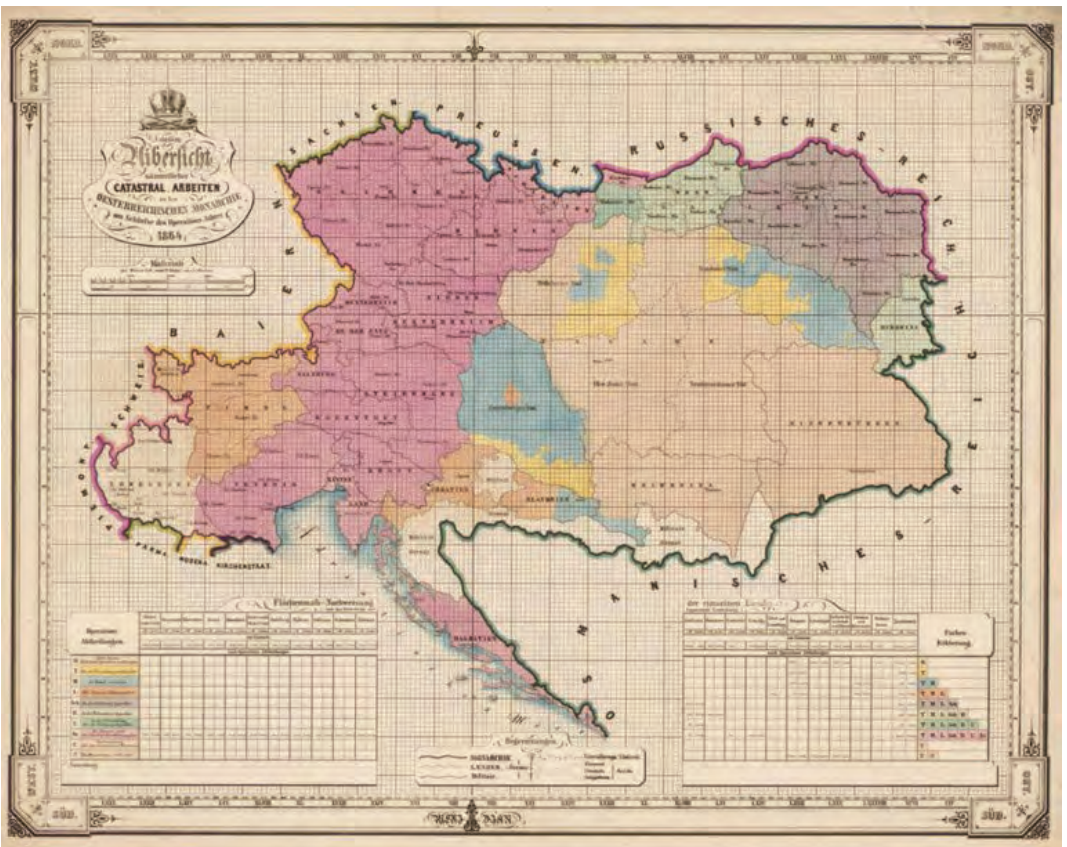


Slika 2: Udeleženci mednarodne konference o viziji razvoja katastra nepremičnin Common vision (Vir: BEV).

- ELRA (angl. *European Land Registry Association*), Evropsko združenje zemljiških registrov (op. v Sloveniji zemljiška knjiga);
- EULIS (angl. *European Land Information Service*), evropska mreža za povezovanje informacij o nepremičninah;
- PCC (angl. *Permanent Committee on Cadastre in the European Union*), Stalni komite za katastre v Evropski uniji, ki je združenje uradnih državnih katastrskih organizacij v državah članicah Evropske unije.

Konference sva se iz Slovenije udeležila predstavnika Univerze v Ljubljani, Fakultete za gradbeništvo in geodezijo. Med predstavitvami o stanju na področju nepremičninske administracije ter razvojnih trendov velja izpostaviti predstavitev Maurice Barbierija, predsednika CLGE iz Švice, ki je poudaril pomen uradnega nadzora državnih institucij na področju katastra – tako kakovosti podatkov kot kakovosti storitev.

Novembra je avstrijska zveza geodetov organizirala strokovno srečanje na temo katastra v regiji. Srečanja se je udeležila tudi skupina geodetov iz Slovenije, med drugim predsednik Zveze geodetov Slovenije. V novembru in decembru se avstrijski katastrski uradi predstavljajo javnosti z dnevi odprtih vrat in javnimi predstavitvami delovanja le-teh.



Slika 3: Stanje vzpostavitve katastrskega operata leta 1864 s prikazom območij glede na fazo izvedbe (arhiv BEV, Dunaj).

Naj za zaključek tega prispevka sklenem s statistiko franciscejske katastrske izmere avstrijskih in italijanskih dežel. Ta se je izvedla v skupno 30.556 katastrskih občinah na več kot 300.000 km<sup>2</sup>. Na terenu je bilo določenih in izmerjenih približno 49 milijonov parcel, ki so bile grafično predstavljene na 164.375 listih katastrskih načrtov. Izmera, ki se je sicer začela leta 1817 v Spodnji Avstriji in na Primorskem, se je v avstrijskem delu monarhije končala šele 1861., nazadnje sta bili v izmero vključeni Tirolska in Predarlška, poročča Lego (1968) v svoji publikaciji z naslovom *Geschichte des Österreichischen Grundkatasters*.

---

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

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija

e-naslov: [anka.lisec@fgg.uni-lj.si](mailto:anka.lisec@fgg.uni-lj.si)



# SREČANJE CELJSKEGA IN ZAGREBŠKEGA GEODETSKEGA DRUŠTVA

*Rafael Bohak*

Celjsko geodetsko društvo je 7. oktobra organiziralo srečanje s člani zagrebškega geodetskega društva. Pobudo so dali zagrebški kolegi na letošnjem Geodetskem dnevu. Po sprejemu smo si po krajšem pešačenju ob Savinji najprej ogledali razstavo geodetskih instrumentov in opreme v Celjskem pokrajinskem muzeju. Ogled je potekal ob zanimivi predstavitvi avtorja razstave mag. Janeza Slaka. V nadaljevanju smo si v muzeju ogledali znameniti celjski strop, zgodovino celjskih grofov in rimske izkopanine, imenovane mesto pod mestom.



Slika 1: Ogled razstave geodetskih istrumentov.



Slika 2: Ogled celjskega stropa.

Po sprehodu skozi stari del Celja smo srečanje nadaljevali z malico pod šotorom na Zupanc placu blizu Šešč pri Preboldu. Večina se nas je nato napolila na ogled jame Pekel, nekateri pa so se že pričeli ogrevati za načrtovano športno srečanje.

Po ogledu jame smo se spet zbrali na Zupanc placu. Popoldne se nam je pridružil predsednik Zveze geodetov Slovenije mag. Blaž Mozetič. Najprej sva s predsednikom zagrebškega geodetskega društva

Brunom Pacadijem na kratko predstavila delovanje obeh društev. Kratek nagovor sta imela še predsednika Zveze geodetov Slovenije mag. Blaž Mozetič in Zveze geodetov Hrvaške dr. Rinaldo Paar. Ob tem smo si izmenjali priložnostna darila. V imenu pokrovitelja srečanja je v odsotnosti direktorja Geodetskega zavoda Celje prisotne pozdravil Matej Kovačič.



Slika 3: Skupinska fotografija udeležencev srečanja pred Pokrajinskim muzejem Celje.



Slika 4: Nagovor predsednikov obeh društev in zvez geodetov Slovenije in Hrvaške.

Sledila je zelo napeta nogometna tekma moških ekip. Skoraj do konca je bila mreža obeh vratarjev nedotaknjena. Žal pa smo morali gostitelji v napeti končnici zmago prepustiti zagrebškim kolegom. Kljub zagrizenosti tekmecev se je srečanje končalo brez poškodb, kar je dokaz dobre telesne pripravljenosti in uigranosti obeh ekip.



Slika 5: Obe nogometni ekipi



Slika 6: Po napornem navijanju.

Po prigrizku in navezovanju stikov smo se sprijeli še v metanju kovinskih obročev in pikadu. Proti večeru je navkljub lepemu jesenskem dnevu postalo hladnje, zato je nas je z udarno glasbo ogrel naš DJ Luka. Ob tem so se nekateri preizkusili tudi za mikrofonom.



Slika 7: Zapel nam je tudi predsednik zagrebškega geodetskega društva.



Slika 8: Še ena medsosedska fotografija.

Po zelo zanimivem in prijetnem celodnevem druženju smo se ob slovesu dogovorili, da se naslednje leto srečamo v Zagrebu.

Zahvala Geodetskemu zavodu Celje za pokroviteljstvo, Petri pa za organizacijo srečanja.

---

*Rafael Bohak, za Celjsko geodetsko društvo  
e-naslov: rafko.bohak@gov.si*

## DOLENJSKI GEODETI V ROMUNIJU

*Melita Rataj*

V zadnjem tednu maja smo se dolenski geodeti podali na pot v deželo z razgibano, velikokrat tragično zgodovino, vendar s popolno duhovno enotnostjo prebivalcev, kar že stoletja občudujejo vsi njeni obiskovalci. Nič ni tako globoko zaznamovalo Romunije kot mit o srednjeveškem vladarju grofu Drakuli. Grozovite zgodbe o njegovi krutosti in nesmrtnosti, poznane iz knjig in filmov, so polne norega praznovanja. Domačini ga namreč še danes slavijo kot domoljuba in velikega junaka, ki jih je varoval pred Turki.

Romunija pa premore še veliko več junaških legend, ima čudovita starodavna mesta, pravljicne srednjeveške gradove v Transilvaniji ter pravoslavne samostane v Moldaviji. Radovednost vsakega popotnika budi na trenutke že prav mistični prizori, ki so prava paša za oči. Popotnik se kar naenkrat gleda iz oči v oči z daljno preteklostjo. Težko bi še kje v Evropi našli kljub dramatičnim dogodkom in spremembam skozi več stoletij tako nedotaknjeno deželo. Z neokrnjenimi gozdovi Karpatov na eni strani in neskončnimi žitnimi polji na drugi je dežela lep primer raznovrstnosti in pestrosti, ki jo je mogoče zaslediti v njihovih kulturi, umetnosti in kulinariki.

V poznih večernih urah smo se iz Novega mesta z udobnim turističnim avtobusom odpeljali proti Madžarski, tam mimo Blatnega jezera in Budimpešte do romunske meje. V dopoldanskih urah smo prispeli v Romunijo, natančneje v Oradeo – mesto, imenovano ‚vrata Romunije‘, s palačo oziroma citadelo s kar 365 okni, baročno katedralo, pravoslavno »lunino« cerkvijo ... Mesto, ki te prevzame s svojo urejenostjo, tako da si zaželiš samo posedati na osrednjem trgu in opazovati pisano mimoidočo množico. Sledilo je nadaljevanje poti v Cluj Napoco ter ogled prestolnice Transilvanije z gradovi, utrdбами, parki in botaničnimi vrtovi. Večer smo sklenili v prijetni notranjosti njihovih lokalov.

Po zajtrku smo se odpravili v Turdo, kjer smo si privoščili atraktiven in poučen ogledal rudnika kamene soli. Nato nas je pot vodila do Sighisoare, mesta, ki je pravi biser Transilvanije ter s svojo citadelo, urnim stolpom, cerkvico na griču, obzidjem ... za mnoge najbolj romantično mesto Romunije. In zanimivimi, kar malo skrivnostnimi hišami, med katerimi je tudi rojstna hiša Vlada Tepeša – transilvanskega grofa Drakule. Za grofa so pravili, da je željan krvi, in ker je imel na plašču izrezanega zmaja, mu je to prineslo vzdevek Dracul – hudič. Po krajših ogledih smo nadaljevali proti Sibiiu, mestu, ki slovi po številnih slikovitih trgih, muzeju domače obrti, katoliški in evangeličanski cerkvi ... Večer smo zaključili v prijetni restavraciji, kjer so nas zabavali njihovi folklorni plesalci, po odhodu proti hotelu pa močno zmočil romunski dež.

Zadnji dan smo nadaljevali proti Hunedoari, ki je industrijski kraj z nekdaj največjo železarno v državi. Njegova posebnost je največji grad v Romuniji, kjer je živel Matija Korvin in kjer je bil grof Drakula sedem let zaprt. Grad je iz 14. stoletja in je zgrajen v gotskem slogu. Nadaljevali smo proti Aradu. To je znano vinorodno območje, poznano predvsem po rdečih vinih. Ustavili smo se v enem izmed tamkajšnjih vinotočev, kjer smo si privoščili degustacijo in dobro kosilo. Iz vinotoča smo odhajali že kar dobre



volje, tako da je pot skozi Madžarsko proti Sloveniji minila v zelo dobrem vzdušju. Žejo smo si tešili z dolenskim posebnem in se do doma pošteno nasmejali.

Poleg uradnega vodiča, ki nam je celoten izlet izčrpno podajal podatke o takšnih in drugačnih zanimivostih Romunije, se moram še posebno zahvaliti našemu članu Janezu Slaku. Skrbel je za strokovno plat izleta ter nas s svojim zanimivim pripovedovanjem navduševal s podrobnostmi in anekdotami, ki ga spremljajo pri zbiranju arhivskega gradiva o geodetskih instrumentih in drugi opremi. Predstavil nam je tudi nastanjanje letos izdane knjige *Geodetski instrumenti in oprema na Slovenskem*.

V Romunijo smo se odpravili z različnimi mnenji in zadržki. Dežela nas je presenetila s svojimi urejenimi mesti, zeleno pokrajino in gostoljubnostjo. Tako da le na pot – čakajo vas pozitivna presenečenja.



Zapisala: Melita Rataj  
Foto: udeleženci izleta

Zveza geodetov Slovenije  
LJUBLJANSKO GEODETSKO DRUŠTVO

## PLANINSKI IZLET ČLANOV LGD NA OTOK LASTOVO

*Janez Dotti*

Kot vsako leto smo se tudi letos člani Ljubljanskega geodetskega društva odpravili na pohodniški planinski izlet na jadranski otok. Tokrat smo si za cilj izbrali Lastovo. Izlet je v nadaljevanju predstavljen z opisom dogajanja po dnevih in s fotografijami, ki govorijo več kot besede.



Slika 1: Utrinek s trajekta. Foto: Muck.



Slika 2: Duhovni utrinek s pohoda. Foto: Muck.

### 1. dan – 22. 9. 2017:

- odhod ob 1.00 z Dolgega mosta – 49 udeležencev,
- ob 8.00 prihod v Split in prosti čas do odhoda trajekta ob 10.15 za Korčulo (Vela Luka),
- ob 13.00 prihod v Velo Luko in odhod trajekta na Lastovo ob 13.45,
- prihod v naselje Ubli na Lastovem ob 15.30,
- prevoz s kombiji do tri kilometre oddaljenega hotela v Pasadurju,
- po prihodu v hotel prosti čas za kopanje (plaža čez cesto, povezana z majhnim mostičkom čez kanal, ki povezuje dva zaliva) ali samostojne ogleda,
- večerja v hotelu ob 19.00.

### 2. dan – 23. 9. 2017:

- že ob 7.00 vzpon na najvišji vrh Lastova – Hum (417 m) po dveh smereh s približno polovico udeležencev na vsaki:
  - prva smer: peš od hotela ob morju ter naprej po kolovozu in kozji stezi do vrha,
  - druga smer: prevoz s kombijem do Ublija in vzpon po cesti do vrha;
- zaradi sončnega vremena brez oblaka na vrhu izreden pogled na okoliško lastovsko otočje – Korčulo, Vis, Biševo in Palagružo,



- vrnitev do hotela (prva skupina) oziroma izlet do naselja Lastovo in plovba z ladjico v dveh skupinah na otoček Saprun (oddaljen približno uro od Pasadurja oziroma pol ure od naselja Lastovo),
- na otočku kopanje in ribji piknik,
- vrnitev z ladjico v hotel in večerja z nastopom domače moške klape – okteta,
- oba večera je bila večerja postrežena na krasni terasi hotela,



Slika 3: Sladki utrinek s pohoda. Foto: Muck.



Slika 4: Zgodovinski utrinek s pohoda. Foto: Muck.

### 3. dan – 24. 8. 2017:

- ob 6.00 odhod s kombiji do trajektnega pristanišča Ubli,
- ob 7.00 odhod katamarana v Split,
- ob 10.15 prihod v Split in prosto do odhoda ob 12.00,
- vožnja do etno vasi Pakovo selo (nad slapovi reke Krke),
- dobrodošlica z višnjevačo, ogled posestva – predvsem obnovljene hiše, kako so nekoč živeli,
- pokušina drniškega pršuta in kosilo v njihovi restavraciji,
- po kosilu odhod proti domu in prihod na Dolgi most ob 22.00.



Slika 5: Čudoviti utrinek s pohoda. Foto: Muck.



Slika 6: Etnografski utrinek s pohoda. Foto: Muck.



Slika 7: Prijateljski utrinek s pohoda. Foto: Muck.

Se vidimo naslednje leto na naslednjem jadranskem otoku!

Zapisal: Janez Dotti, za Ljubljansko geodetsko društvo  
e-naslov: pismo@lgd.si

Foto: Miha Muck, za Ljubljansko geodetsko društvo  
e-naslov: lija.milos@gmail.com

Zveza geodetov Slovenije  
LJUBLJANSKO GEODETSKO DRUŠTVO

## IZLET STAREJŠIH ČLANOV LGD PO DOLENJSKEM IN POSAVJU

*Lija Šušteršič*

Leto je hitro minilo in 12. oktobra 2017 smo se starejši člani Ljubljanskega geodetskega društva odpravili na vsakoletno ekskurzijo. Pridružili so se nam »pripravniki« za upokožitev in nekoliko znižali naše starostno povprečje. Letos smo si kot cilj omislili ogled dela Dolenjske in Posavja. Tako kot vedno smo potepanje pričeli na parkirišču Dolgi most v Ljubljani. Ob sedmih zjutraj smo se odpeljali vznemirljivim doživetjem naproti.

Z avtoceste smo pri Trebnjem zavili proti Mirni in Mokronogu, kjer se je naše raziskovanje tega dela Dolenjske pravzaprav pričelo. V Mokronogu nas je pričakala gospa Renata, ki je prevzela vodenje po slikoviti pokrajini. Gospa je turistična vodička in na vsa naša vprašanja je imela zelo poučne odgovore.



Slika 1: Postanek v Šentjanžu – Puš'lcu Dolenjske.



Slika 2: Na turistični kmetiji Gnidica.

Najprej smo se ustavili v vasi Gabrijele na kmetiji Bruno, kjer so nam ob prihodu postregli s kavo, čajem, sokom, po želji tudi s čim močnejšim. Sledila je pokušina njihovega novega proizvoda, testenin, ki jih imenujejo 'gabaroni', in izdelkov iz ovčjega mleka s sosednje kmetije. Gabaroni so ročno izdelane domače testenine različnih okusov in brez umetnih dodatkov. Bili so odlični, čeprav servirani za zajtrk, kar je bilo nekaj posebnega. Tovrstne proizvode in še kaj smo lahko tudi kupili v njihovi trgovini.

Sledila je vožnja mimo Krmelja do Šentjanža. Tu smo se sprehodili po starem delu kraja in si ogledali obnovljeno cerkev. Po ogledu smo se odpeljali po slikoviti panoramski cesti do Save, skozi Sevnico in naprej do Lončarjevega Dola. Obiskali smo turistično kmetijo Gnidica, kjer se ukvarjajo s predelavo mesa in peko kruha v krušni peči. Poznani so predvsem po prašičih pasme mangulica, za katere je značilno, da imajo dlako kot ovce in se vse leto pasejo po okoliških pašnikih. Opazovali smo jih v naravnem okolju in se nasmejali njihovim norčijam. Po ogledu kmetije je sledila pokušina njihovih dobrot, lahko smo tudi kupili njihove proizvode.





Slika 3: Še en utrinek s turistične kmetije Gnidica.



Slika 4: Še zadnji, najlepši utrinek s turistične kmetije Gnidica.

Naša naslednja postaja je bila hidrocentrala Blanca, ki pa ni bila v programu, zato je bilo presenečenje udeležencev ekskurzije več kot očitno. Ogledali smo si glavne dele elektrarne, njen predstavnik pa nam je strokovno razložil njeno delovanje in nam odgovoril na vsa zastavljena vprašanja. Tudi o tragični nesreči pred leti smo izvedeli nekaj podrobnosti. Utopljenim v spomin stoji pred mostom spomenik.

Po ogledu hidrocentrale smo se vrnilo v Sevnico in obiskali grad, ki kraljuje nad mestom. Vodička nam je podrobno opisala zgodovino gradu, ki je večkrat menjal obliko in lastnike. V zadnjem obdobju so bila na stavbi in v okolici opravljena številna obnovitvena dela. Danes se grad s starim mestnim jedrom pod njim povezuje v čudovito srednjeveško celoto, vredno ogleda. Pohvalijo se lahko z bogato zgodovinsko dediščino, ki smo si jo tudi ogledali. Sedaj je grad Sevnica kulturni, zgodovinski in protokolarni objekt ter središče kulturnega dogajanja. Ponuja tudi čudovit razgled, ki sega daleč po dolini Save.

Slika 5: Domače okrepčilo *Pri Vidkotu* v vasi Okroglice.

Slika 6: »Za prijatelje si je treba čas vzeti!«

Na koncu potepanja po Dolenjski in Posavju smo si v vasi Okroglice privoščili še pozno kosilo. *Pri Vidkotu*, kot se jim reče po domače, so nam za konec celodnevne družbe postregli z zares odličnim kosilom. Cesta do tja se je vzpenjala strmo navzgor in dvonadstropni avtobus, v katerem smo se peljali, poti ne bi zmozel brez sedaj že dobro poznane šoferja Ivana. Pa tudi brez Miloša in Staneta, ki se je že kot »mlajši-starejši član« popolnoma vključil v organizacijo prednovoletnih ekskurzij starejših članov LGD, tako doživetih izletov ne bi bilo. Vsi smo bili zadovoljni, ker smo se imeli res lepo. Tudi vreme nam je bilo naklonjeno, saj je ves dan sijalo sonce. Polni vtisov smo se v poznih večernih urah vrnilo v Ljubljano. Obljubili smo si, da se drugo leto zopet vidimo. Nihče ne sme manjkati!

Zapisa: Lija Šušteršič, za Ljubljansko geodetsko društvo  
pismo@lgd.si

Foto: Lija in Miloš Šušteršič, za Ljubljansko geodetsko društvo  
lija.milos@gmail.com

# RGSM – REGIONAL GEODETIC STUDENT MEETING

*Patricija Barbo, Maruša Cestnik, Anže Gracar, Klemen Lovenjak*

Regionalno srečanje študentov geodezije (RGSM – *Regional Geodetic Student Meeting*) je tradicionalna vsakoletna konferenca študentov geodezije in geoinformatike z območja nekdanje Jugoslavije, na kateri se študentje spoznavajo z geodetsko stroko v državi gostiteljici, seveda pa je še kako pomembno tudi neformalno vzdrževanje stikov med udeleženci. Začetki segajo v leto 2010, ko so se prvega RGSM-ja v Srbiji udeležili študenti ljubljanske, zagrebške in domače, beograjske fakultete. Z leti je dogodek zrasel, danes prihajajo tudi študenti fakultet iz Novega Sada, Skopja, Sarajeva, Banjaluke ... Prizorišča se izmenjujejo vsako leto. Letos je prišla na vrsto Ljubljana.

Tako je Društvo študentov geodezije Slovenije (DŠGS) med četrtkom, 26. oktobra, in nedeljo, 29. oktobra 2017, organiziralo štiridnevno srečanje, ki se ga je poleg petnajstih študentov Fakultete za gradbeništvo in geodezijo (FGG) udeležilo 41 študentov drugih fakultet iz balkanske regije. Začeli smo z dobrodoščilo na naši fakulteti. Najprej je zbrane pozdravil predsednik DŠGS Alen Šraj, sledil je pozdravni nagovor predsednika študentskega sveta FGG Benjamina Cerarja.

Uradni del dogodka se je pričel z nagovorom prof. dr. Bojana Stoparja, predstojnika oddelka za geodezijo. Uvodnemu pozdravu je sledila kratka predstavitev FGG in projektov, s katerimi se trenutno ukvarjajo na oddelku. Govorniški oder je nato pripadel mag. Romanu Renerju, ki je predstavil Geodetski inštitut ter projekt dostopnosti in povečanja mobilnosti oseb s posebnimi potrebami. Naslednji je bil na vrsti Andrej Mesner iz podjetja IGEA. S predavanjem z naslovom *Sistemi zemljiške administracije v regiji* je predstavil razlike v ureditvah zemljiško-katastrskih sistemov v državah, iz katerih prihajajo udeleženci. Strokovni del smo sklenili s predstavitvami projektov študentov.

Večerno druženje smo nato pričeli v Pivovarni Union, kjer so nam najprej predstavili zgodovino in sodobno proizvodnjo, sledila je večerja z obvezno degustacijo. Nato smo se odpravili v enega od ljubljanskih barov, kjer smo z druženjem ob karaokah večer zaključili.

Drug dan je s predavanjem o geodetskih metodah merjenja ledenikov v Sloveniji začela dr. Mihaela Triglav Čekada z Geodetskega inštituta. Potem smo se s FGG odpravili na sedež centra odličnosti Vesolje-SI, kjer razvijajo prvi slovenski satelit. Direktor prof. Tomaž Rodič nam je predstavil do sedaj opravljeno delo in izzive, s katerimi se srečujejo. Ogleдали smo si tudi maketo satelita v naravni velikosti. Naslednje predavanje sta imela Nejc Dougan in Anže Žnidaršič iz podjetja Flycom, ki sta predstavila aplikacije GIS, na katerih delajo. Po kosilu so si lahko udeleženci na strehi fakultete ogledali geodetski instrumentarij, ki ga uporabljajo naši študenti. Na ogled so bili tudi zgodovinski geodetski instrumenti, ki so razpostavljeni po četrtem nadstropju. Udeležence je po razstavi vodil izr. prof. dr. Dušan Kogoj.

Popoldne smo se študenti pomerili na skupinskem tekmovanju v orientacijskem teku po središču Ljubljane, s končnim ciljem na gradu. Sledila je večerja v gostilni Šestica, kjer smo si privoščili tradicionalno slovensko hrano, videli smo pa tudi nastop slovenske folklorne skupine.

Sobota je bila namenjena strokovni ekskurziji na Gorenjsko. Najprej smo se odpravili v Planico. Predstavili so nam zgodovino smučarskih skokov in skakalnic v dolini pod Poncami. Zanimiva je bila tudi predstavitev kletnih prostorov, kjer imajo v poletnih mesecih urejen prostor z umetnim snegom in ustrezno nizkimi temperaturami. Ker je treba biti v našem poklicu dobro telesno pripravljen, smo se na vrh velikanke odpravili kar peš. Vzpon smo vsi uspešno prestali. Na zaletni mizi nam je asist. dr. Tilen Urbančič predstavil geodetska dela, povezana z gradnjo in vzdrževanjem letalnice. Ogledu Planice je sledilo kosilo, po katerem smo se odpravili na Bled. Tu smo se ob zvokih kitare sproščali v lepi naravi, manjkale niso niti kremne rezine.

Pozno popoldne smo se vrnili v Ljubljano, kjer smo imeli zadnjo večerjo v gostilni Pod lipo. Sledilo je samoumevno veseljačenje do ranih ur, ki je bilo zaradi premika ure na zimski čas podaljšano za 60 minut. Nedeljsko dopoldne smo preživeli v kavarnah ob Ljubljani, kjer je tudi padla odločitev, da se dobimo ob letu osorej v Novem Sadu. Verjamemo, da bomo vsi udeleženci letošnjega RGSM srečanje ohranili v lepem spominu. Poleg pridobivanja strokovnih znanj smo navezali prijateljske stike, ki jih bomo vzdrževali tudi sicer. Tako je v letošnjem letnem načrtu DŠGS pristala tudi strokovna ekskurzija v Srbijo.

DŠGS se ob tej priložnosti zahvaljuje FGK in podjetjem IGEA, DFG Consulting, Flycom, GIZ-GI, Merilo ter Pekarni Blanka, ki so s sponzorskimi sredstvi pripomogli k izvedbi dogodka. Zahvala gre tudi Geodetskemu inštitutu in Zvezi geodetov Slovenije za strokovno podporo pri organizaciji.

Naslednji podoben dogodek, ki se ga bomo udeležili v našem društvu, je junijsko mednarodno srečanje študentov geodezije (*International Geodetic Student Meeting – IGSM*), na katerem se snidejo študentje geodezije in geoinformatike z vsega sveta. Letos je organizacija pripadla Valenciji. Dragi študenti, že zdaj vabljeni v Španijo!



Patricija Barbo, Maruša Cestnik, Anže Gracar, Klemen Lovenjak



# TEMATSKI VEČERI GEODEV MEETUP

*Nejc Dougan*

---

Področji geodezije in geoinformatike se vse bolj prepletata z drugimi strokami, na primer računalništvom. Ogromne količine prostorskih podatkov, ki so nam na voljo, je treba hitro obdelati. Postopke in analize lahko precej avtomatiziramo, če le poznamo prava orodja. Dejstvo je, da je za geodeta vse pomembnejše vsaj osnovno znanje programiranja.

Zaradi večje potrebe po sodelovanju med geodeti, programerji in drugimi strokovnjaki smo se odločili organizirati serijo tematskih večerov, imenovanih GeoDev meetup (‚Geo‘ za geodezijo, ‚Dev‘ za programiranje in ‚meetup‘ za srečanje), s katerim želimo predvsem povezati vse, tako geodete kot negeodete, ki se ukvarjajo z obdelavo in prikazovanjem prostorskih podatkov. Tematski večeri so odlična priložnost za izmenjavo izkušenj, znanja in mreženje.

Prvo srečanje je potekalo 23. 10. 2017 v prostorih Kreativnega centra Poligon (Tobačna). Srečanje, ki se ga je udeležilo približno petdeset geo-entuziastov, smo začeli z dvema predstavitevama:

- primer izdelave vtičnika Python za QGIS – Vtičnik za ‚geokodiranje‘ naslov z uporabo Google-Maps API-ja, Nejc Dougan (Flycom);
- PgRouting – Izračun območij dostopnosti, Klemen Špruk (Flycom).

Prosojnice in koda so dostopne na repozitorju GitHub Geodevslovenia/meetup. Po uradnem delu se je razvila živahna razprava ob pogostitvi, ki jo je omogočilo Ljubljansko geodetsko društvo.

Naslednji dogodek bo potekal 14. 12. 2017, prav tako v prostorih Kreativnega centra Poligon. Tema večera bodo web tehnologije:

- prikaz in projiciranje prostorskih podatkov v realnem času z WebGL-om, dr. Bojan Šavrič (ESRI);
- R Shiny aplikacije za vsak žep: ideja, izvedba in uporaba na primeru aplikacije wolfexplorer, Roman Luštrik (Oddelek za biologijo, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani) in Žan Kuralt (Oddelek za biologijo, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani).

V prvem polletju 2018 načrtujemo še dva tematska večera, predvidoma v marcu in maju. Vstop na vse dogodke je prost. Več informacij o dogodkih ter razprave o preteklih in prihodnjih temah lahko najdete na naslednjih povezavah:

- skupina Facebook: <https://www.facebook.com/geodevslovenia>
- skupina Meetup: <https://www.meetup.com/GeoDev-Meetup-Slovenia/>
- odlagališče informacij na GitHubu: <https://github.com/geodevslovenia/meetup>

---

*Nejc Dougan*

Flycom d.o.o., Moste 26b, SI4247 Žirovnica  
e-naslov: [nejc.dougan@flycom.si](mailto:nejc.dougan@flycom.si)

# KOLENDAR STROKOVNIH SIMPOZIJEV

V OBDOBJU JANUAR–MAREC 2018

*Aleš Lazar*

## V SLOVENIJI

---

26.–27. januar 2018    **10. Informativa**  
Ljubljana, Slovenija  
Spletna stran: <http://www.informativa.si>

---

13.–15. februar 2018    **IFAM & INTRONIKA 2018**  
Ljubljana, Slovenija  
Spletna stran: <http://www.icm.si/>

---

14.–15. marec 2018    **46. Geodetski dan**  
Maribor, Slovenija  
Spletna stran: <http://www.zveza-geodetov.si>

## V TUJINI

---

15.–17. januar 2018    **14<sup>th</sup> International Conference on Location Based Services**  
Zurich, Švica  
Spletna stran: <http://lbs18.ethz.ch/>

---

6.–7. februar 2018    **2<sup>nd</sup> International workshop on Spatial Data Quality**  
Denver, ZDA  
Spletna stran: <http://www.eurogeographics.org/event/2nd-international-workshop-spatial-data-quality>

---

5.–7. februar 2018    **ASPRS Annual Conference and International Lidar Mapping Forum (ILMF 2018)**  
Valletta, Malta  
Spletna stran: <http://conferences.asprs.org/denver-2018/>

---

7.–9. februar 2018    **2018 IGNSS conference on Global Navigation Satellite Systems (GNSS) and related Position, Navigation and Timing (PNT) technologies**  
Sydney, Avstralija  
Spletna stran: <http://www.ignss2018.unsw.edu.au>

- 
- 15.–16. februar 2018    **Conference “Geodesy, Mine Survey and Aerial Topography**  
Moskva, Rusija  
Spletna stran: <http://www.con-fig.com>
- 
- 15.–17. marec 2018    **EUROGEO 2018**  
Köln, Nemčija  
Spletna stran: [www.eurogeography.eu/conference-2018/](http://www.eurogeography.eu/conference-2018/)
- 
- 17.–19. marec 2018    **4<sup>th</sup> International Conference on Geographical Information Systems Theory, Applications and Management (GISTAM 2018)**  
Funchal, Madeira, Portugalska  
Spletna stran: <http://www.gistam.org/>
- 
- 18.–21. marec 2018    **Geo-information for Disaster Management (Gi4DM)**  
Istanbul, Turčija  
Spletna stran: <http://www.gi4dm2018.org/>
- 
- 21.–23. marec 2018    **GIS Ostrava 2018**  
Ostrava, Češka  
Spletna stran: <http://gisak.vsb.cz/gisostrava/>
- 
22. marec 2018    **Eurogeographics Open Data workshop**  
Bruselj, Belgija  
Spletna stran: <http://www.eurogeographics.org/event/open-data-workshop>
- 
- 26.–29. marec 2018    **6<sup>th</sup> International Conference On Remote Sensing and Geo-Information of the Environment (RSCy2018)**  
Pafos, Ciper  
Spletna stran: <http://gisak.vsb.cz/gisostrava/>
- 
- 27.–29. marec 2018    **GRASF Conference 2018**  
Dubaj, ZAE  
Spletna stran: <http://www.grasf.ae/>

Sporočila s podatki o nacionalnih in mednarodnih kongresih, simpozijih in srečanjih s področja geodezije, upravljanja zemljišč in na splošno geoinformatike v Sloveniji ali v tujini pošiljajte na e-naslov: [lazarales@gmail.com](mailto:lazarales@gmail.com).

---

*Aleš Lazar, univ. dipl. inž. geod.*  
MAGELAN skupina d.o.o.  
Glavni trg 13, SI-4000 Kranj  
e-naslov: [lazarales@gmail.com](mailto:lazarales@gmail.com)



DRUŠTVO GEODETOV



SEVEROVZHODNE SLOVENIJE

Zveza geodetov Slovenije in Društvo geodetov severovzhodne Slovenije

**vabita na**

**46. GEODETSKI DAN TER 7. EVROPSKI DAN GEODETOV IN GEOINFORMATIKOV,  
KI BOV ČETRTEK, 15. MARCA, IN PETEK, 16. MARCA 2018, V HOTELU CITY V MARIBORU.**



Tradicionalno dvodnevno srečanje bo ponudilo pester program, kar napovedujeta že četrtkovo popoldansko odprtje razstavnega prostora in slavnostna akademija. Strokovni petkov posvet bo prinesel zanimiva predavanja priznanih tujih in domačih strokovnjakov, s katerimi se bomo dotaknili aktualnih tem v naši stroki.

Geodetski dan s slovesno akademijo je tudi vaša priložnost, da se predstavite, bodisi kot razstavljalci, sponzorji ali donatorji, ter tako podprete naša prizadevanja, da bi bilo srečanje kakovostno in uspešno.

Kolegice, kolegi, sponzorji, donatorji in razstavljalci!

Vabilo sprejmite kot najavo Geodetskega dneva ter si že danes rezervirajte čas za udeležbo na našem tradicionalnem srečanju 15. in 16. marca 2018.

S podrobnejšimi podatki o vsebini in sami prireditvi boste seznanjeni v kratkem, in sicer: na spletnem mestu društva ([www.drustvogeodetov-svs.si/](http://www.drustvogeodetov-svs.si/)) ter Zveze geodetov Slovenije ([www.zveza-gepdetov.si](http://www.zveza-gepdetov.si)).

Vljudno vabljeni!

*Predsednik  
programskega odbora*  
dr. Božo Koler

*Predsednik  
Zveze geodetov Slovenije*  
mag. Blaž Mozetič

*Predsednik  
organizacijskega odbora*  
Jože Dajnko



DRUŠTVO GEODETOV



SEVEROVZHODNE SLOVENIJE

The Association of Surveyors of Slovenia and the Society of Surveyors from  
North-East Slovenia

**announce**

**46TH SLOVENIAN LAND SURVEYING DAY AND 7TH DAY OF THE EUROPEAN  
SURVEYOR AND GEOINFORMATION,  
TO BE HELD ON 15 MARCH AND 16 MARCH 2018, AT CITY HOTEL IN MARIBOR, SLOVENIA.**



On Thursday, March 15, there will be the official opening of the professional exhibition of companies and institutions, followed by a ceremonial academy. A professional symposium on Friday, March 16, will include presentations provided by distinguished guests from abroad and recognised experts from Slovenia, on topics of current interest in the profession.

Slovenian Surveying Day with the ceremonial academy is also an opportunity for you to advertise your activities as exhibitor, sponsor, or donor, in support of our efforts to organise a high quality and successful event.

Dear colleagues, dear sponsors and donors, dear exhibitors!

This invitation is just an announcement – we hope you will reserve the date and plan your participation in this traditional professional event on March 15-16, 2018.

For more information, please visit the websites [www.drustvogeodetov-svs.si/](http://www.drustvogeodetov-svs.si/) or [www.zveza-gepdetov.si](http://www.zveza-gepdetov.si).

You are cordially invited to attend.

*Chair of the  
Programme Committee*  
Božo Koler Phd

*President of the Association of  
Surveyors of Slovenia*  
Blaž Mozetič MSc

*Chair of the Organising  
Committee*  
Jože Dajnko

## MILLER INNSBRUCK / 1920\* /

---

Miller Innsbruck

---

Odčitavanje horizontalnega kroga teodolita, ki je zaščiten v kovinskem ohišju, omogočata mikroskopa z mikrometrsko razdelbo, ki sta nameščena diametralno nasproti. Natančnost odčitavanja kotov je 1 minuta. Vertikalni krog, katerega 360-stopinjska razdelba je nanesena na kovinskem krogu, ni zaščiten. Odčitavanje kotov omogočata nonija, nad katerima sta nameščeni lupi. Natančnost odčitavanja vertikalnega kota je 1 minuta, nonij je razdeljen na 10 enot. Instrument spada v začetek 20. let prejšnjega stoletja. V daljnogledu je nameščen Reichenbachov nitni križ, daljnogled ima izvlečni okular. Na daljnogledu je nameščena nivelacijska libela, ob vertikalnem krogu pa tudi zavarovalna libela. Z instrumenti tega tipa so se opravljale meritve do sredine 60. let prejšnjega stoletja.

Instrument hrani Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo pri Univerzi v Ljubljani (UL FGG).

---

*Avtor besedila: mag. Janez Slak      Fotografija: Boštjan Pucelj*





# KOLEKTOR



**RIKO**<sup>®</sup>

Globalni inženiring  
za srečo ljudi



*cestno  
podjetje  
kranj d.o.o.*



Ul. XIV divizije 10  
SI 3000 Celje

t +386 3 42 56 700  
f +386 3 42 56 727

e-mail: info@gz-ce.si  
www.gz-ce.si

# Geodetski zavod **Celje**

**LAND CADASTRE**  
ZEMLJIŠKI KATASTER

**INTERNATIONAL PROJECT**  
mednarodni projekti

**GIS applications**  
GIS aplikacije

knjave@geodetski-zavod.si

**IACS CONTROLS**  
IAKS kontrole

**LASER SCANNING**  
LASERSKO SKENIRANJE

**CONTROL OF ANIMALS**  
KONTROLA ŽIVALI

**DIGITAL DATA BASES**  
DIGITALNE BAZE PODATKOV  
research  
raziskave

**TOPOGRAPHY**  
TOPOGRAFIJA

**spatial plans**  
prostorski načrti

local plans  
občinski plans

**statistika**  
statistical services

real estate  
nepremičnine

**developmet**  
razvoj

**LAND MANAGEMENT**  
UREJANJE ZEMLJIŠČ

DALJINSKO ZAZNAVANJE  
**REMOTE SENSING**

**PUBLIC INFRASTRUCTURE CADASTRE**  
kataster GJI

**AGRICULTURAL INFORMATION SYSTEMS**  
KMETIJSKI INFORMACIJSKI SISTEMI

**LAND CONSOLIDATION**  
KOMASACIJE

civil surveying  
inženirska geodezija

**SPATIAL DATA**  
PROSTORSKI PODATKI

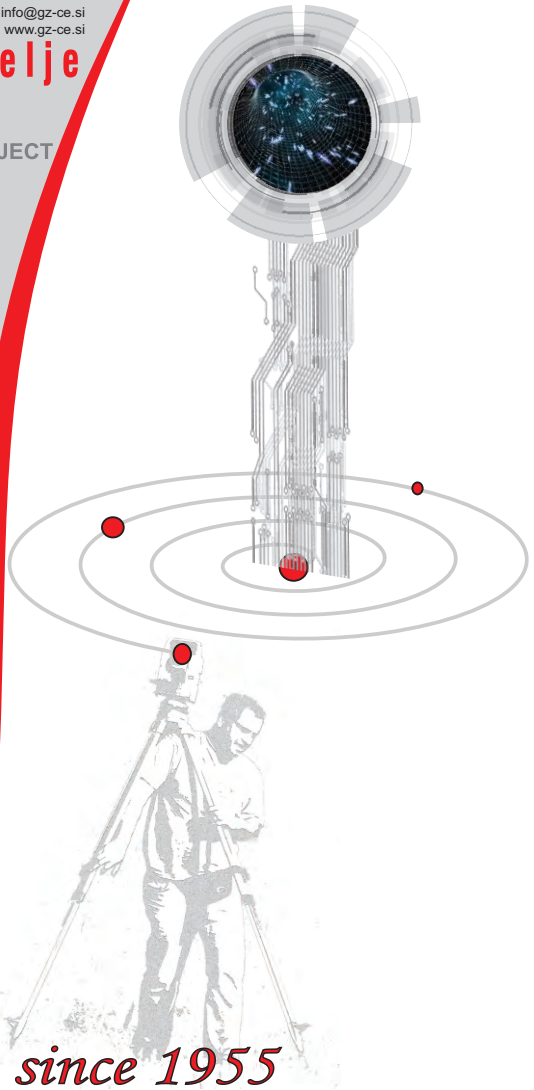
**BUILDINGS CADASTRE**  
KATASTER STAVB

**CARTOGRAPHY**  
KARTOGRAFIJA

**spatial plans**  
prostorski načrti

**CURRENT STATE ANALYSIS**  
ANALIZA STANJA

**SPATIAL PLANNING AND MANAGEMENT**  
NAČRTOVANJE IN UREJANJE PROSTORA



*since 1955*

IZRAVNAJMO TENZIJE POSLOVNEGA SVETA,  
PODAJMO SI ROKE DRAGI POSLOVNI PARTNERJI  
IN KRENIMO SKUPAJ NOVIM IZZIVOM NAPROTI!

HIVALA VAM ZA SKUPNIH 60 LET!

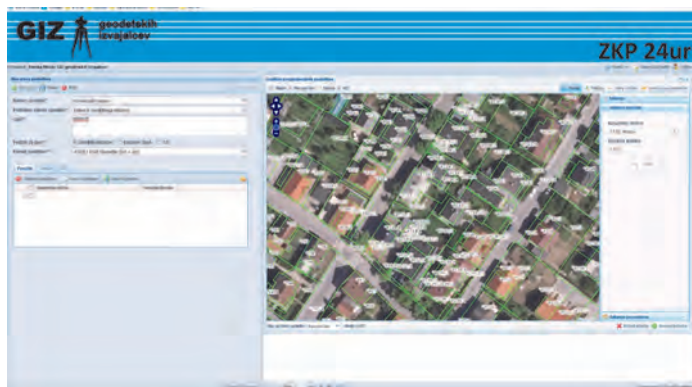
# ELEKTRONSKI DOSTOP

DO PODATKOV

ZEMLJIŠKEGA KATASTRA, KATASTRA

STAVB IN ZBIRNEGA KATASTRA GJI

## ZKP 24 UR



Vse dodatne informacije dobite na  
spletni strani GIZ GI  
[www.giz-gi.si](http://www.giz-gi.si)

ali po elektronski pošti  
[giz-gi@giz-gi.si](mailto:giz-gi@giz-gi.si).



**Vesele praznike  
in srečno novo leto 2018**

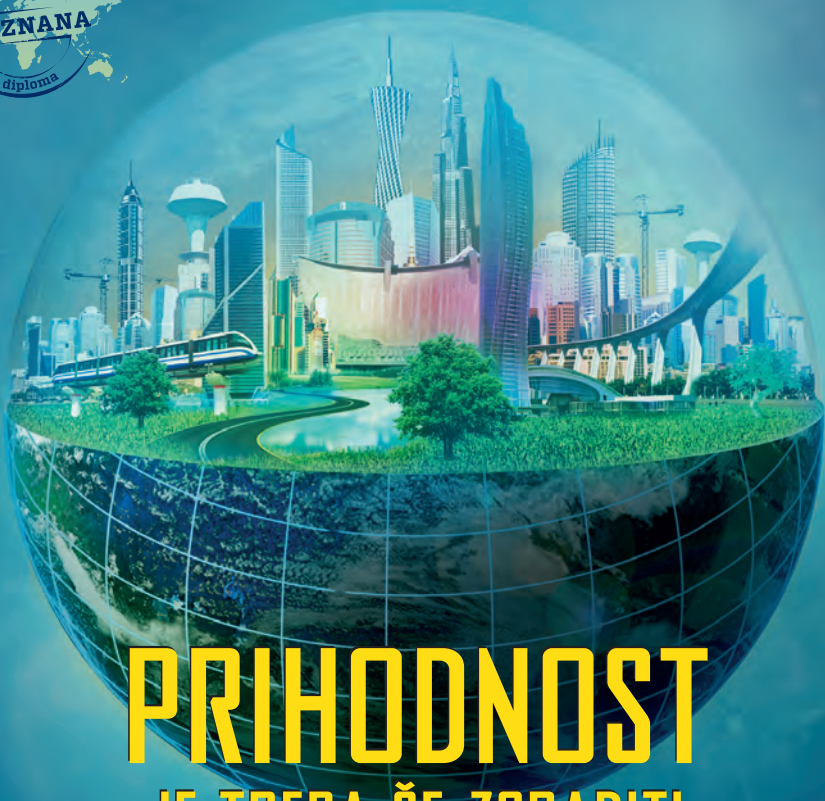
***Merry Christmas  
and a Happy New Year 2018***



**GEODETSKI INŠTITUT SLOVENIJE**

Geodetski inštitut Slovenije, Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana  
tel.: 01 200 29 00, faks: 01 425 06 77, e-pošta: info@gis.si  
medmrežje: www.gis.si





# PRIHODNOST JE TREBA ŠE ZGRADITI

GRADBENIŠTVO, OKOLJSKO GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJA  
SKOZI CELOTNO ZGODOVINO ČLOVEŠTVA PREMKAJO MEJE ZNANEGA.  
PRIHODNOST PRINAŠA TRAJNOSTNE IZZIVE NA ZEMLJI IN NOVE V VESOLJU.

**BOŠ ZRAVEN, KO SE BO GRADILA PRIHODNOST?**

Vpiši se na Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo  
Univerze v Ljubljani z mednarodno priznano diplomom.

**Fakulteta redno izvaja bolonjske študijske  
programe I., II. in III. stopnje!**

Univerza v Ljubljani  
Fakulteta *za gradbeništvo in geodezijo*

