

GEODETSKI VESTNIK

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



Letnik 63, št. 3, str. 311–464, Ljubljana, september 2019. Izidejo štiri številke na leto.
Naklada te številke: 1200 izvodov.

Prosto dostopno na spletnem naslovu: <http://www.geodetski-vestnik.com>.

Vol. 63, No. 3, pp. 311–464, Ljubljana, Slovenia, September 2019. Issued four times a year.
Circulation: 1,200 copies.

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

IF JCR (2018): 0,606

IF SNIP (2018): 0,543



*Geodetski vestnik je odprtodostopna revija.
Recenzirani objavljeni članki so indeksirani in povzeti v:*

*Social Sciences Citation Index (SSCI)
Social Scisearch (SSS) in*

Journal Citation Reports/Social Sciences Edition (JCR/SSE)

Geodetski vestnik je indeksiran in povzet tudi v bibliografskih zbirkah:

GEOBASE(TM), ICONDA – International Construction Database, DOAJ – Directory of Open Access Journals, SCOPUS, 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 an open access journal.
The reviewed papers are indexed and abstracted in:*

*Social Sciences Citation Index (SSCI)
Social Scisearch (SSS) and*

Journal Citation Reports/ Social Sciences Edition (JCR/SSE)

Indexed and abstracted is also in those bibliographic data bases:

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

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

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

Geodetski vestnik is partly subsidized by the Slovenian Research
Agency.

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

GLAVNA IN ODGOVORNA UREDNICA

dr. Anka Lisec

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Slovenija

Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana

Tel.: +386 1 4768 560

e-naslov: urednik@geodetski-vestnik.com

PODROČNI UREDNIKI

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

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

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

dr. Kristof Oštir, področni urednik za *daljinsko zaznavanje in geoinformatiko*

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

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

MEDNARODNI UREDNIŠKI ODBOR

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

dr. Janja Avbelj (Eumetsat, Darmstadt, Nemčija)

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

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

Sandi Berk (Geodetska uprava RS, Ljubljana, Slovenija)

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

Miran Brumec (Inženirska zbornica Slovenije)

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

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

dr. Joep Crompvoets (KU Leuven, Public Governance Institute, Leuven, Belgija)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Tomaž Petek (Geodetska uprava RS, Ljubljana, Slovenija)

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

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

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

dr. Anton Prosen (Ljubljana, Slovenija)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

EDITOR-IN-CHIEF

Anka Lisec, Ph.D.

University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Slovenia
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenia
Phone: +386 1 4768 560
E-mail: editor@geodetski-vestnik.com

FIELD AND SUB-FIELD EDITORS

Božo Koler, Ph.D., field editor for Engineering Geodesy
Mojca Kosmatin Fras, Ph.D., field editor for Photogrammetry
Božena Lipej, Ph.D., field editor for Real Estate Management and Recording
Krištof Oštir, Ph.D., field editor for Remote Sensing and Geoinformatics
Bojan Stopar, Ph.D., field editor for Geodesy and Geophysics
Alma Zavodnik Lamovšek, Ph.D., field editor for Spatial Planning

INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

Ivan R. Aleksić, Ph.D. (University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering, Belgrade, Serbia)
Janja Avblej, Ph.D. (Eumetsat, Darmstadt, Germany)
Branislav Bajat, Ph.D. (University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering, Belgrade, Serbia)
Tomislav Bašič, Ph.D. (University of Zagreb, Faculty of Geodesy, Zagreb, Croatia)
Sandi Berk (Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia, Ljubljana, Slovenia)
Giuseppe Borruso, Ph.D. (University of Trieste, DEAMS, Trieste, Italy)
Miran Brumec (Slovenian Chamber of Engineers)
Raffaella Cefalo, Ph.D. (University of Trieste, Department of Engineering and Architecture, Trieste, Italy)
Vlado Ceti, Ph.D. (EC, Joint Research Centre, Ispra, Italy)
dr. Joep Cromptvoets (KU Leuven, Public Governance Institute, Leuven, Belgium)
Marjan Čeh, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Ljubljana, Slovenia)
Walter Timo de Vries, Ph.D. (Technical University of Munich, München, Germany)
Urška Demšar, Ph.D. (University of St. Andrews, St. Andrews, Scotland, United Kingdom)
Samo Drobne, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Ljubljana, Slovenia)
Erna Flogie Dolinar, M.Sc. (Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia, Ljubljana, Slovenia)
Thomas Kalbro, Ph.D. (Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden)
Dušan Kogoj, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Ljubljana, Slovenia)
Žiga Kokalj, Ph.D. (ZRC SAZU, Institute of Anthropological and Spatial Studies)
Miran Kuhar, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Ljubljana, Slovenia)
Reinfried Mansberger, Ph.D. (University of Natural Resources and Life Sciences, IVFL, Vienna, Austria)
Leiv Bjarte Mjøs, Ph.D. (Bergen University College, Bergen, Norway)
Gerhard Navratil, Ph.D. (Vienna Technical University, Vienna, Austria)
Tomaž Petek (Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia)
Dušan Petrovič, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Ljubljana, Slovenia)
Alenka Poplin, Ph.D. (Iowa State University, College of Design, Ames, Iowa, USA)
Andrea Pódör, Ph.D. (Óbuda University, Székesfehérvár, Hungary)
Anton Prosen, Ph.D. (Ljubljana, Slovenia)
Dalibor Radovan, Ph.D. (Geodetic Institute of Slovenia, Ljubljana, Slovenia)
Fabio Remondino, Ph.D. (Fondazione Bruno Kessler, 3DOM, Trento, Italy)
Miodrag Roić, Ph.D. (University of Zagreb, Faculty of Geodesy, Zagreb, Croatia)
Balázs Székely, Ph.D. (Eötvös Loránd University, Budapest, Hungary)
Bojan Šavrič, Ph.D. (ESRI Ltd, Redlands, California, USA)
Maruška Šubic Kovač, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Ljubljana, Slovenia)
Joc Triglav, Ph.D. (Surveying and Mapping Authority, Murska Sobota, Slovenia)
Mihaela Triglav Čekada, Ph.D. (Geodetic Institute of Slovenia, Ljubljana, Slovenia)
Arvo Vitikainen, Ph.D. (Alto University, Aalto, Finland)
John C. Weber, Ph.D. (Grand Valley State College, Department of Geology, Allendale, Michigan, USA)
Klemen Zakšek, Ph.D. (Rosen Group, Lingen, Nemčija)

IZDAJATELJ

Zveza geodetov Slovenije

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

IZDAJATELJSKI SVET

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

TEHNIČNO UREJANJE IN OBLIKOVANJE

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

LEKTORIRANJE

Manica Baša

UREJANJE SPLETNIH STRANI

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

TISK

SIMPRO d.o.o., Brezovica

DISTRIBUCIJA

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

TRŽENJE (OGLASNO TRŽENJE)

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

NAVODILA AVTORJEM

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

PUBLISHER

Association of Surveyors of Slovenia

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

PUBLISHING COUNCIL

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

TECHNICAL EDITOR AND DESIGN

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

SLOVENE PROOFREADING

Manica Baša

WEB PAGE EDITING

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

PRINT

SIMPRO d.o.o., Brezovica

DISTRIBUTION

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

MARKETING (ADVERTISING)

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

INSTRUCTIONS FOR AUTHORS

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

VSEBINA CONTENTS

UVODNIK | EDITORIAL

<i>Anka Lisec</i>	STOLETNICA THE CENTENARY	317
<i>Blaž Mozetič</i>	STO LET HRAMA GEODETSKEGA ZNANJA ONE HUNDRED YEARS OF THE HOME OF LAND-SURVEYING KNOWLEDGE	321

RECENZIRANI ČLANKI | PEER-REVIEWED ARTICLES

<i>Melita Ulbl, Martin Smodiš</i>	PRENOVA SISTEMA MNOŽIČNEGA VREDNOTENJA NEPREMIČNIN V SLOVENIJI RENOVATION OF THE REAL PROPERTY MASS VALUATION SYSTEM IN SLOVENIA	325
<i>Dejan Jenko, Mojca Foški, Krištof Oštir, Žiga Kokalj</i>	ZAJEM NEPOZIDANIH STAVBNIH ZEMLJIŠČ Z OBJEKTNO KLASIFIKACIJO PODATKOV ORTOFOTA IN AEROLASERSKEGA SKENIRANJA DELINEATION OF VACANT BUILDING LAND USING ORTHOPHOTO AND LIDAR DATA OBJECT CLASSIFICATION	344
<i>Jiří Šandera, Přemysl Štych</i>	KARTIRANJE SPREMENB RABE ZEMLJIŠČ IZ NJIVSKIH POVRŠIN V TRAJNE TRAVNIKE Z NAPREDNIMI METODAMI CHANGE DETECTION WORKFLOW FOR MAPPING CHANGES FROM ARABLE LANDS TO PERMANENT GRASSLANDS WITH ADVANCED BOOSTING METHODS	379
<i>Baris Suleymanoglu, Metin Soykan</i>	PRIMERJAVA ALGORITMOV ZA FILTRIRANJE ZA IZDELAVO DMR IZ LIDARSKIH PODATKOV: ŠTUDIJSKI PRIMER BERGAMA, TURČIJA COMPARISON OF FILTERING ALGORITHMS USED FOR DTM PRODUCTION FROM AIRBORNE LIDAR DATA: A CASE STUDY IN BERGAMA, TURKEY	395

STROKOVNE RAZPRAVE | PROFESSIONAL DISCUSSIONS

<i>Joc Triglav</i>	415
PODATKOVNE ZGODBE Z 'BRADO' IN 'VONJEM' PO D96/TM DATA SERIES WITH A 'A BEARD' AND 'A SCENT' OF D96/TM	
<i>Anka Lisec, Simona Savšek, Miran Kubar, Bojan Stopar</i>	425
STO LET ŠTUDIJA GEODEZIJE NA UNIVERZI V LJUBLJANI A HUNDRED YEARS OF SURVEYING STUDIES AT THE UNIVERSITY OF LJUBLJANA	
<i>Sandi Berk</i>	435
ZEMLJEMERSKA ULICA SURVEYOR STREET	

NOVICE IZ STROKE | NEWS FROM THE FIELD

NOVICE IZ GEODETSKIH DRUŠTEV | NEWS FROM PROFESSIONAL SOCIETIES

RAZNO | MISCELLANEOUS

MARIJA REPANIČ – NOVA DOKTORICA ZNANOSTI NA ODDELKU ZA GEODEZIJO UL FGG
DIPLOME IN MAGISTERIJI NA ODDELKU ZA GEODEZIJO UL FGG, OD 1. 5. 2109 DO 31. 7. 2019

Slike na naslovnici:

Utrinki iz slavnostne akademije ob 100-letnici UL FGG. (Foto: mediaspeed.net)

STOLETNICA THE CENTENARY

Anka Lisec

glavna in odgovorna urednica | Editor-in-chief

Dragi bralci in bralke Geodetskega vestnika!

V tokratnem uvodniku ne morem mimo omembe pomembne obletnice za našo stroko na Slovenskem. Med petimi ustanovnimi članicami Univerze v Ljubljani, ki je bila ustanovljena na podlagi *Zakona o Univerzi Kraljestva Srbov, Hrvatov in Slovencev v Ljubljani* z dne 23. julija 1919, je bila namreč tudi Tehniška fakulteta. Ta je od vsega začetka izvajala študijske programe tudi za področji gradbeništva in zemljemerstva. Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo pri Univerzi v Ljubljani torej štejem za naslednico nekdanje Tehniške fakultete, tako je fakulteta v začetku septembra v Cankarjevem domu s slavnostno akademijo simbolično zaznamovala svoj stoti rojstni dan. Ob tej priložnosti so bile podeljene jubilejne plakete posameznikom in institucijam, ki so izjemno prispevali k ugledu in razvoju fakultete in stroke.

Začetki sodobnega visokošolskega izobraževanja na področju geodezije so pri nas torej povezani z ustanovitvijo Univerze v Ljubljani, čeravno zametki izobraževanja geodetov in zemljemercev na Slovenskem segajo v daljno 18. stoletje. Znanje na tej univerzi so pridobivale generacije geodetov in geodetinj – pa ni bilo vedno lahko. Mnogo pohval in tudi kritičnih misli v zvezi z visokošolskim izobraževanjem geodetov v Sloveniji je zaslediti v različnih arhivskih zapisih, tudi v starih številkah vestnika.

Ob prebiranju zapisov, predvsem iz petdesetih, šestdesetih in sedemdesetih let preteklega stoletja, se vedno znova izpostavlja težava pomanjkanja ustreznega izobraženega in usposobljenega kadra. Pomanjkanje kadrov ni pestilo le zasebne in upravne sfere, vedno znova se omenja pomanjkanje kadrov za geodetske raziskovalno-razvojne naloge in visokošolsko izobraževanje. Sporočila o nujni potrebi po prenovi študijskih programov, ki bo v študij prinesla nova znanja, nove tehnologije in odgovore na družbene potrebe, so prav tako stalnica od vsega začetka študija geodezije na ljubljanski univerzi. Priporočam pregled starih zapisov, marsikatera misel je še danes več kot aktualna.

Kritično obdobje za visokošolsko izobraževanje na področju geodezije je bilo, poleg prvih let geodetskega študija na Univerzi v Ljubljani, predvsem po drugi svetovni vojni. Več desetletij stagniranja stroke in gospodarstva po veliki gospodarski krizi konec dvajsetih let preteklega stoletja se je kazalo v katastrofalni kadrovski sliki geodetske stroke. V povojnem obdobju nato zelo izstopa izredno hiter napredek stroke in visokošolskega izobraževanja, kar velja pripisati predvsem takrat javnim raziskovalnim zavodom ali javnim podjetjem, ki so bila močno vpeta v izobraževalni program na univerzi, naj tu omenim leta 1953 ustanovljeni Inštitut za geodezijo in fotogrametrijo (danes Geodetski inštitut). Dolgoletno dejavno sode-

lovanje razvojnih kadrov v teh inštitucijah s pedagogi in raziskovalci na univerzi ter izjemna angažiranost geodetov na takratni geodetski upravi, v občinah ter drugih družbenih skupnostih so prinašali izjemne rezultate. Pomembno vlogo je ves ta čas imelo društvo oziroma zveza geodetov, ki je v petdesetih letih začelo izdajati svoj bilten, kasneje preimenovan v Geodetski vestnik.

Koliko neverjetnih ur, energije in poguma so posamezniki in skupine vložili v razvoj geodetskih študijskih programov in same stroke, si sploh ne moremo predstavljati. Naj tako sklenem uvodnik z mislijo, ki sem jo kot zaposlena na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani imela priložnost deliti z udeleženci slavnostne akademije ob 100-letnici fakultete:

»Navdušeno raziskovanje in nesebični prenos novih dognanj v prakso sta tista, ki spreminjata našo družbo – vedno znova. Ob stoletnici velja zahvala vsem, ki so si upali razmišljati nekoliko drugače, so brezkompromisno verjeli v napredek in 'odprto' znanost ter s svojimi idejami navdihovali mlajše generacije!«

Dear Readers of Geodetski vestnik,

It is impossible to avoid mentioning an anniversary that is important for the development of our profession in Slovenia. The Technical Faculty was among the five founding members of the University of Ljubljana, which was founded with the *Act on the University of the Kingdom of Serbs, Croats and Slovenes in Ljubljana* of 23 July 1919. From the very beginning, the university offered study programmes in civil engineering and land surveying. Thus, we can consider the Faculty for Civil and Geodetic Engineering at the University of Ljubljana as the descendant of the former Technical Faculty, which is why a solemn ceremony took place at the beginning of September in Cankarjev dom in Ljubljana to mark its centenary. This was also the opportunity to present people and institutions with jubilee awards for their exceptional contributions to the reputation and development of the faculty and the profession.

The beginning of modern higher education in land surveying in Slovenia is thus associated with the founding of the University in Ljubljana, though one may claim that the roots of land surveying and measuring education date back to the 18th century. Many generations of land surveyors acquired knowledge at the university – and it was not always easy. Different archives, as well as old issues of the journal, are full of praise and also critical voices regarding the higher education of land surveyors in Slovenia.

The shortage of properly educated and skilled personnel is often mentioned in the records, especially those from the 1950s, '60s, and '70s. This was not only an issue in the private and administrative spheres; numerous articles mention the shortage of staff for surveying research and development tasks and higher education. Another constant from the very beginning of land-surveying studies at the University of Ljubljana are urgent calls for the upgrading of study programmes that would include new knowledge and new technologies in the courses, as well as address social needs of the time. I warmly recommend you to search through old records; many of the thoughts that you will find remain valid.

Apart from the first years of surveying studies at the University of Ljubljana, the period after WW II was especially critical for higher education in land surveying. Several decades of stagnation in the profession and the economy that followed the Great Depression at the end of the 1920s resulted in a human-resources catastrophe in land surveying. Because of that, the rapid development of the profession and higher education after the war is all too obvious, predominantly because of research institutions and companies, which were all public at the time, were strongly linked to university education programmes.

Perhaps the Institute of Geodesy and Photogrammetry that was founded in 1953 (today the Geodetic Institute of Slovenia) should be mentioned here. Long years of active cooperation of development departments in these institutions with teaching and research staff at the University, combined with extraordinary enthusiasm of surveyors at the national surveying and mapping authority of the time, in municipalities and other social bodies yielded exceptional results. The society or the association of land surveyors constantly played a significant role. In the 1950s, they started publishing a bulletin that was later named Geodetski vestnik.

It is impossible to imagine the incredible amount of working hours, energy and courage that different individuals or groups dedicated to the development of geodesy study programmes and the profession itself. Allow me to end the editorial with a thought that – as an employee at the Faculty of Civil and

Geodesy Engineering at the University of Ljubljana – I had the opportunity to share with the guests at the solemn ceremony dedicated to the hundredth anniversary of the faculty:

Enthusiastic exploration and unselfish transferring of new findings into practice are the factors that change our society – over and over again. The 100th anniversary is a fine opportunity to express thankfulness to everybody who dared to think out of the box, who fervently believed in development and “open” science, and whose ideas inspired younger generations!

STO LET HRAMA GEODETSKEGA ZNANJA

ONE HUNDRED YEARS OF THE HOME OF LAND-SURVEYING KNOWLEDGE

Blaž Mozetič

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

September je mesec, ko imajo v vinorodnih krajih veliko opraviti v hramih. Letošnjega septembra pa je pomemben še en hram. To je hram geodetskega znanja, saj je Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo v tem mesecu zaznamovala stoletnico delovanja.

Obiranje pridelka – seveda je čas trgatve in bo govor o grozdju – je vesel dogodek, saj so zdravi grozdi odraz celoletnega dela in tudi načrtnega večletnega dela, da je bila trta pravilno negovana. Trgatev je samo sklepni del ene faze, ki je odvisna od mnogih let prejšnjega dela. Tu se začne naslednja faza, in sicer kletarjenje, občutljivi postopek ustvarjanja žlahtne pijače, s katero so si dali veliko opraviti že v antični Grčiji. In da ne bom narobe razumljen, velja vzeti na znanje naslednje: »Minister za zdravje opozarja: Prekomerno pitje alkohola škoduje zdravju!« Z ustekleničenjem žlahtne pijače se konča druga faza in začne se tretja, to je trženje, s katerim se raziskujejo ciljni trgi in uporabniki ter skušajo z njimi vzpostavljati dobičkonosni odnosi. Pravzaprav gre za ustvarjanje zgodb, ki morajo imeti trdno podlago in morajo vsekakor prepričati.

Nekatera ustekleničena žlahtna pijača navduši skoraj takoj, nekatera čez leto ali dve, ko dozori, nekatera pa lahko šele čez več let. Žal včasih nekatere tudi razočarajo. Ampak nič zato, se zgodi.

Tale nekoliko bolj dionizijski uvod je potreben, da se nam zbudijo čutila, ki so na preizkušnji, ko okušamo žlahtno pijačo, s katero po navadi nazdravimo oziroma nazdravljamo ob pomembnih dogodkih, med katere spadajo tudi obletnice. Torej, drage geodetke in geodeti, naša Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo praznuje sto let delovanja. Vse najboljše, na zdravje in še na mnoga leta! Vendar to še ni vse. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo je naslednica Tehniške fakultete, ene izmed petih ustanovnih članic takrat Univerze Kraljestva Srbov, Hrvatov in Slovencev v Ljubljani, danes Univerze v Ljubljani, katere ustanovitev je bila razglašena 23. avgusta 1919.

September ima slovensko ime kimavec, zato lahko zgornjemu zapisu samo prikimamo in se sladko nasmehnemo, saj smo geodeti spet bili zraven na samem začetku, ko se je začelo veliko univerzitetno izobraževalno popotovanje naroda na domači grudi.

Drage geodetke in geodeti, etiketa na steklenici je lahko še tako moderna, lepa, všečna itd., ampak prepričati mora vsebina. Menim, da podobno velja za fakulteto in diplomante. Pri prvi ni bistvo stavba, ampak profesorji in sodelavci, pri drugih pa ni bistvena diploma, ampak znanje in ostale lastnosti oziroma talenti, ki naredijo iz človeka geodeta.

Na slavnostni akademiji ob 100. obletnici Fakultete za gradbeništvo in geodezijo, ki je bila v Cankarjevem domu, v hramu slovenske kulture, je bila izrečena naslednja misel, ki izhaja iz Azije: »Izberi si poklic, ki ga ljubiš, in noben dan v življenju ti ne bo več treba delati.«

Menim, da lahko z malo domišljije vse zapisano o žlahtni pijači predrugačimo, kar velja tudi za univerzitetno izobraževanje geodetov. In da ne bo pomote, pogovarjamo se samo o dobrih stvareh, zato minister za okolje in prostor svetuje: »Prekomerno druženje z geodeti ima pozitivne učinke na reševanje vaših prostorskih in nepremičninskih težav.«

Srečno!

September is a rather busy month in wine-growing regions. This September, another harvest is important. It is the harvest of land-surveying knowledge – this year the Faculty of Civil and Geodetic Engineering celebrates its centenary.

The harvest – autumn calls for a treatise on grapes – is a grand affair as healthy grapes are the reflection of efforts throughout the year and long years of careful planning in an endeavour to take proper care of the vines. Harvesting is just the final step of a phase that depends on long years of work. It is the point at which the next phase begins: work in the wine cellar that requires attention to detail in the production of wine, this noble fine beverage, which has required great effort since the days of Ancient Greece. To avoid misinterpretation, it should be noted here: “The Minister of Health warns: Excessive drinking of alcohol harms your health!” Bottling of the noble fine wine marks the end of the second and the beginning of the third phase – marketing – which means the study of final markets and users and an attempt to build profitable relationships with them. In essence, this means the relating of stories that have to be plausible and by all means convincing.

Some bottled noble fine wine fills one with admiration at the very beginning, some in a year or two, while with others it may take several years to do so. Unfortunately, some varieties are also disappointing. Well, such things happen, no harm done.

The purpose of this slightly Dionysian introduction is to awaken our senses that are being challenged during the tasting of the noble fine wine that is usually used for a toast or toasts to important events, which also includes anniversaries. So, Dear Land Surveyors, our Faculty of Civil and Geodetic Engineering celebrates one hundred years of existence. Cheers! Good health to you! Here’s to many more! But that is not all. Faculty of Civil and Geodetic Engineering is the descendant of the Technical Faculty, one of the five founding members of the University of the Kingdom of Serbs, Croats and Slovenes in Ljubljana – the University of Ljubljana today – that was proclaimed on 23 August 1919.

An archaic Slovene name for the month of September could be translated as ‘the nodding month’, which means that we can only nod and smile because land surveyors have been there from the very beginning, when the nation set out on the grand academic education journey in its ethnic territories.

Dear Land Surveyors, it is not the label on the bottle – no matter how very modern, beautiful, or attractive it is, but the content that is the determining factor. I believe that the same could be said for the faculty and its alumni. With the institution, the essence is not the building but professors and colleagues; with the students, it is not the degree that matters but knowledge and other characteristics or gifts that constitute a land surveyor.

At the solemn ceremony that was dedicated to the hundredth anniversary of the Faculty for Civil and Geodetic Engineering, which took place in Cankarjev dom, the home of Slovene culture, the following thought that originates in Asia was read: “Choose a job you love, and you will never have to work a day in your life.”

I suggest we use some imagination to transform the thoughts on the noble fine wine and university course in land surveying. And make no mistake, only good things are discussed here, which is why the Minister of the Environment and Spatial Planning advises: “Excessive socialising with land surveyors benefits the addressing of your spatial and real-estate problems.”

Best of luck!

PRENOVA SISTEMA MNOŽIČNEGA VREDNOTENJA NEPREMIČNIN V SLOVENIJI

RENOVATION OF THE REAL PROPERTY MASS VALUATION SYSTEM IN SLOVENIA

Melita Ulbl, Martin Smodiš

UDK: 332.6(497.4)
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.04
Prispelo: 25. 2. 2019
Sprejeto: 4. 8. 2019

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2019.03.325-343
PROFESSIONAL ARTICLE
Received: 25. 2. 2019
Accepted: 4. 8. 2019

IZVLEČEK

V članku so obravnavani učinki revizijskega poročila Mednarodnega denarnega sklada, ki so vplivali na spremembe sistema množičnega vrednotenja in snovanje enovitega davka na nepremičnine. Izvedena je primerjava vsebine zakona o množičnem vrednotenju iz leta 2006 in njegove posodobitve leta 2018. Predstavljene so tudi tri zbirke podatkov, in sicer že uveljavljena evidenca trga nepremičnin (ETN), evidenca modelov vrednotenja (EMV), ki nadomešča sedanjo zbirko vrednotenja nepremičnin (ZVN), ter povsem nova evidenca vrednotenja (EV). Bistvene novosti, ki jih prinaša ZMVN-1 (2017), so uvedba koncepta enote vrednotenja, možnost vplivanja lastnikov na posplošeno vrednost nepremičnine, večja preglednost, novi modeli in nove formule izračuna vrednosti ter nova evidenca vrednotenja. V prispevku so predstavljene bistvene novosti novega zakona ter novih modelov vrednotenja.

ABSTRACT

This paper presents the effects of the International Monetary Fund's audit report, which triggered changes in the mass valuation system and the creation of a uniform property tax. A comparison of the content of the mass valuation laws from 2006 and the update from 2018 is made. Presented are also three databases: the established real estate market register (ETN), the register of evaluation models (EMV), which replaces the existing property valuation database (ZVN), and a completely new evaluation register (EV). The key changes brought by ZMVN-1 (2017) are the introduction of the concept of a valuation unit, the possibility for owners to influence generalized real estate market value, greater transparency, new models with new value calculation formulas, and a new valuation register. The article presents the essential innovations of the new law and new models of evaluation.

KLJUČNE BESEDE

nepremičnine, množično vrednotenje, enote vrednotenja, posebne okoliščine, modeli, vpliv na vrednost, ZMVN-1

KEY WORDS

real estates, mass valuation, valuation units, special circumstances, valuation models, impact on value, ZMVN-1

1 UVOD

Množično vrednotenje nepremičnin je v Sloveniji prisotno že več kot desetletje. Leta 2006 je bil sprejet prvi zakon o množičnem vrednotenju (ZMVN, 2006), ki je urejal to področje v Republiki Sloveniji za potrebe obdavčenja in druge javne namene, določene z zakonom. Ustavno sodišče je leta 2014 z odločbo (US, 2014) zakon (ZMVN, 2006) razglasilo za neskladnega z ustavo, kolikor se nanaša na množično vrednotenje nepremičnin zaradi obdavčenja nepremičnin. Zaradi potrebe po uporabi vrednosti v davčne namene je z 11. 1. 2018 začel veljati nov zakon o množičnem vrednotenju nepremičnin (ZMVN-1, 2017), ki odpravlja težave zaradi odločbe ustavnega sodišča (US, 2014).

Množično vrednotenje nepremičnin je v Sloveniji že dobro uveljavljeno, saj je od sprejetja prvega zakona na tem področju (ZMVN, 2006) preteklo že več kot desetletje. ZMVN (2006) je urejal množično vrednotenje nepremičnin v Republiki Sloveniji za potrebe obdavčenja in za druge javne namene, določene z zakonom. Množično vrednotenje je bilo razvito kot večnamenski sistem, ki se lahko uporablja za številne javne namene, pri čemer se oceni vrednost večjega števila nepremičnin na posamezen dan. V slovenskem sistemu množičnega vrednotenja, ki se naslanja na uspešne tuje prakse, se s tehnično-strokovnega vidika upoštevajo vsa priporočila mednarodne stroke.

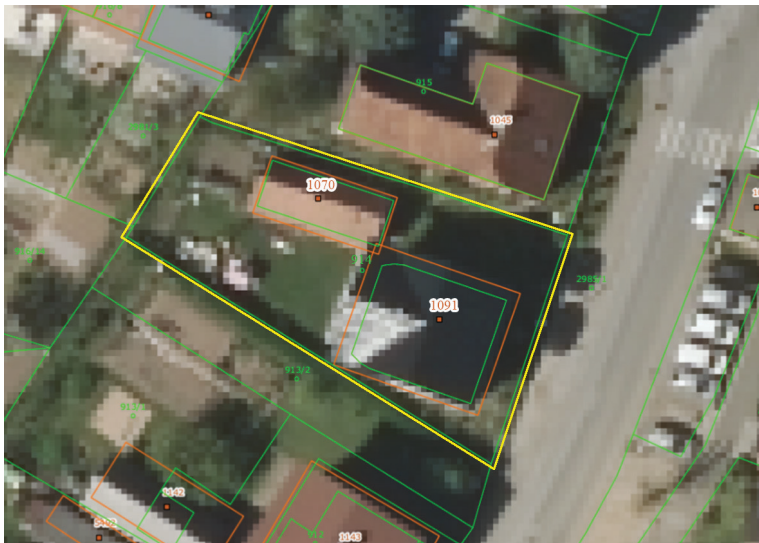
Ustavno sodišče je ZMVN (2006) leta 2014 z odločbo (US, 2014) razglasilo za neskladnega z ustavo, in sicer v primerih, ko se uporaba sistema množičnega vrednotenja nepremičnin nanaša na obdavčenje nepremičnin. Zakonske določbe, ki so se nanašale na določitev modelov vrednotenja, niso ustrezale zahtevam načela zakonitosti, ker niso dovolj jasno in določno urejale pravnega položaja zavezanca, poleg tega so nekatera vprašanja prepuščale podzakonskim aktom, čeprav bi morala biti v izvorni pristojnosti zakonodajalca. V Sloveniji se zato vrednosti nepremičnin, določene na podlagi množičnega vrednotenja, ne smejo uporabljati za davčne namene, uporabljajo pa se za potrebe uveljavljanja pravic iz javnih sredstev (socialnih transferjev), državne statistike, na sodiščih, velika je tudi želja in potreba bank ter zavarovalnic po uporabi informacij o ocenjenih vrednostih pri ugotavljanju tveganj. Leta 2015 je Mednarodni denarni sklad (IMF, angl. *International Monetary Fund*) izvedel revizijo predloga slovenskega sistema obdavčenja nepremičnin in s tem povezanega množičnega vrednotenja (IMF, 2015). Priznani strokovnjaki so preverili kakovost obeh sistemov ter podali priporočila in predloge za izboljšavo uspešnosti in učinkovitosti izvajanja nalog s tega področja. Revizijsko poročilo zagotavlja ministrstvu za finance oporne točke za uvajanje sistema množičnega vrednotenja in nadaljnje usmeritve politiki za izboljšanje pristopov za oblikovanje davka na nepremičnine, s katerim bi odpravili težave z neustavnostjo, predvsem v smislu opredelitve davčne osnove, politike davčne stopnje in davčnih olajšav.

Zaradi potrebe po uporabi informacij o ocenjeni posplošeni vrednosti v davčne namene je bil 11. januarja 2018 uveljavljen Zakon o množičnem vrednotenju nepremičnin (ZMVN-1, 2017), ki odpravlja težave, oporekane v odločbi ustavnega sodišča (US, 2014). Bistvena novost, uvedena z zakonom ZMVN-1 (2017), je možnost **vplivanja lastnikov na posplošeno vrednost** nepremičnine, če bi zaradi posebne okoliščine vrednost nepremičnine odstopala od posplošene vrednosti za več kot 20 % oziroma več kot 200.000 EUR.

Naslednja novost zakona ZMVN-1 (2017) je urejanje področij, ki so jih v ZMVN (2006) določali podzakonski predpisi. Ustavno sodišče (US, 2014) je zakonu ZMVN (2006) med drugim očitalo prepuščanje navedbe modelov vrednotenja **podzakonskim aktom**, zato so v ZMVN-1 taksativno opredeljeni vsi

modeli vrednotenja, podatki in načini vrednotenja za posamezno vrsto nepremičnin, podrobno pa so določena tudi merila za umerjanje modelov.

Opredelevitev pojma **nepremičnina** je za namene množičnega vrednotenja nepremičnin privzeta po Zakonu o evidentiranju nepremičnin (ZEN, 2006), v katerem je nepremičnina opredeljena kot zemljiška parcela, ki je evidentirana v zemljiškem katastru, s pripadajočimi sestavinami. Pripadajoče sestavine zemljiške parcele so stavbe in deli stavb, ki so evidentirani v katastru stavb. Nepremičnina je sestavljena iz ene ali več enot vrednotenja. **Enota vrednotenja** je del stavbe ali zemljišče (parcela ali del parcele), ki se glede na lastnosti, določene na podlagi klasifikacij namenske in dejanske rabe, vrednoti z enim modelom vrednotenja. Slika 1 prikazuje nepremičnino, parcelo številka 914 v katastrski občini Pobrežje, na kateri stojita dve stavbi, in sicer garaža s številko stavbe 1070 in stanovanjska hiša s številko stavbe 1091. Celotna parcela ima namensko rabo opredeljeno kot »območje stanovanj«, kar parcelo uvršča v eno enoto vrednotenja, ki se vrednoti z modelom za stavbna zemljišča. Stavbi predstavljata dve dodatni enoti vrednotenja, ki se posebej vrednotita z modeloma za garaže in za hiše. Tako je prikazana nepremičnina sestavljena iz treh enot vrednotenja.



Slika 1: Prikaz primera nepremičnine.

ZMVN-1 (2017) ločeno obravnava tudi **posebne enote vrednotenja**. To so deli nepremičnine, ena ali več nepremičnin skupaj, ki se na podlagi merila najgospodarnejše rabe, zaradi opravljanja dejavnosti, kot na primer bencinskih servisov, marin in pristanišč, ter pridobivanja električne energije, vrednotijo kot ena enota. Vsaka posebna enota vrednotenja se vrednoti le z enim modelom vrednotenja.

ZMVN-1 (2017) poleg navedenega določa vzpostavitev, vodenje in vzdrževanje **treh uradnih evidenc**, in sicer že uveljavljene evidence trga nepremičnin (ETN), evidence modelov vrednotenja (EMV), ki nadomešča obstoječo zbirko vrednotenja nepremičnin (ZVN), in povsem nove evidence vrednotenja (EV). Vse tri evidence bodo pripomogle k preglednosti sistema.

ZMVN-1 (2017) določa, da naj vlada obravnava končni predlog modelov vrednotenja in izda predpis o določitvi modelov vrednotenja najkasneje do 31. julija 2019. Maja 2019 je bil sprejet Zakon o spre-

membah in dopolnitvi zakona o množičnem vrednotenju nepremičnin (ZMVN-1A, 2019), v katerem se je datum prestavil na 31. marec 2020. Ključni razlog za spremembo je bil v zagotovitvi dodatnega časa za izboljšanje kakovosti podatkov o nepremičninah ter zajemu novih podatkov o dejanski rabi za vode, ceste in železnice, za kar bodo poskrbeli njihovi upravljavci. Novi zakon (ZMVN-1, 2017) opredeljuje **17 modelov vrednotenja**, kar je štiri manj od določenih po Uredbi o določitvi modelov vrednotenja nepremičnin (Uradni list RS, št. 95/2011), izdani na podlagi ZMVN (2006). ZMVN-1 (2017) taksativno navaja in opredeljuje deset modelov, s katerimi se vrednotijo deli stavb s pripadajočim zemljiščem, štiri modele, s katerimi se vrednotijo zemljišča, in tri modele za posebne enote vrednotenja. Pri modelih za zemljišča je bistvena novost vrednotenje glede na namensko rabo zemljišča, razen za javne ceste, železnice ter vodna zemljišča, ki se vrednotijo glede na dejansko rabo zemljišč. Bistveno pravilo ocenjevanja tržne vrednosti nepremičnin, ki velja tako za posamično ocenjevanje kot tudi za množično vrednotenje, je, da se nepremičnine vrednotijo glede na njihovo najgospodarnejšo rabo, ki pa se za različne nepremičnine različno opredeljuje. Namenska raba zemljišč od sistemsko zbranih podatkov v uradnih evidencah trenutno najbolje odraža potencial zemljišča, zato je primerna za uporabo v sistemu množičnega vrednotenja. Izjema za javne ceste, železnice ter vodna zemljišča, ki se vrednotijo glede na dejansko rabo zemljišč, je dodana, ker je njihov potencial izkoriščen oziroma reguliran ter zaradi pomankanja tovrstnih podatkov v večini občinskih prostorskih aktov.

Naslednja pomembna novost, ki jo prinaša ZMVN-1 (2017) v primerjavi z ZMVN (2006), je, da po novem zakonu ne bo več izračuna letnih indeksov vrednosti nepremičnin. ZMVN-1 (2017) predvideva **preizkus in posodobitev modelov vrednotenja na podlagi podatkov o trgu nepremičnin najmanj vsaki dve leti**. Če srednja vrednost razmerij med posplošenimi vrednostmi in tržnimi cenami ob preverjanju ni znotraj z zakonom opredeljenega intervala, se veljavni model umeri tako, da se vrednostnim conam določijo nove vrednostne ravni ali se jim na novo določi model vrednotenja. Kadar je srednja vrednost razmerij znotraj opredeljenih intervalov, se pri določanju novega modela vrednotenja spremeni le datum modela vrednotenja. To pomeni, da bo pri vsaki spremembi cen nepremičnin na ravni države za več kot 20 % oziroma več kot 40 % treba na novo določiti modele vrednotenja. Če se takšna sprememba nanaša le na nekaj vrednostnih con, se izvede **poenostavljen postopek določitve modelov**, tako da se vrednostnim conam določijo nove vrednostne ravni. Poenostavljeni postopek je zaradi opustitve usklajevanja s strokovno javnostjo in občinami ter sicer obvezne javne obravnave predlogov modelov vrednotenja časovno bistveno krajši.

V nadaljevanju so v razpravi podrobneje obravnavani predlogi, podani v revizijskem poročilu Mednarodnega denarnega sklada (IMF, 2015), njihova implementacija ter bistvene novosti, ki jih prinaša ZMVN-1 (2017).

2 PREDLOGI MEDNARODNEGA DENARNEGA SKLADA

V letu 2015 je na pobudo ministrstva za finance Mednarodni denarni sklad (IMF) izvedel mednarodno revizijo slovenskega sistema vrednotenja in obdavčenja nepremičnin. Priznani strokovnjaki s področja množičnega vrednotenja nepremičnin in obdavčenja so slovenski sistem skrbno pregledali in podali predloge za njegovo izboljšanje. Revizijsko poročilo obsega nadzor kakovosti sistema množičnega vrednotenja v Sloveniji in predloge za izboljšanje sistema, navedene so tudi težave v povezavi z veljavnimi davki, ki obravnavajo nepremičnine v Sloveniji, predvsem izključevalni pristop obdavčitve do komercialnih in

industrijskih nepremičnin, prav tako pa tudi prednosti enotnega nepremičninskega davka. Podana je bila posebna pohvala računalniško podprtemu sistemu množičnega vrednotenja v Sloveniji, in sicer iz dveh vidikov. Najprej je izpostavljeno, da so uporabniški vmesnik in integracija prostorskih podatkov s tabelaričnimi podatki skladni z najboljšo svetovno prakso (Švedska, Kanada). Sistem je intuitiven in enostaven za uporabo. Druga pohvala se nanaša na metodologijo vrednotenja za območja z majhno količino tržnih podatkov, pri čemer je kot odlika izpostavljena uporaba vseh razpoložljivih informacij, ki vplivajo na trg nepremičnin, kot so socio-ekonomski dejavniki, metode interpolacij in simulacij ter uporaba množiteljev najemnin. Strukture modelov vrednotenja so dobro zasnovane in usklajene. Za razumevanje struktur modelov in kalibracijskih tehnik se sicer zahteva napredno znanje matematike in statistike, vendar je sistem razvit tako, da je sprejemljiv za večino prebivalcev. Urad za množično vrednotenje nepremičnin je namreč razvil vrsto razmeroma lahko razumljivih tabel, ki poenostavljajo računske operacije zahtevnih oblik modelov. Prav tako je mednarodna revizija potrdila izjemno strokovnost in sposobnost zaposlenih na uradu za množično vrednotenje nepremičnin ter stroškovno učinkovitost sistema zaradi inovativnih rešitev, ki temeljijo na odprtokodnih informacijskih tehnoloških rešitvah (IMF, 2015).

Največ pripomb in predlogov poročevalcev se je nanašalo na načrtovanje in uvajanje davka na nepremičnine. Pri tem so posebej opozorili na potrebo po močni komunikacijski in promocijski dejavnosti za uveljavitev sistema ter organiziranje obsežnih usklajevanj z deležniki. Predvsem pa je bil poudarjen predlog, da bi naj davčna osnova znašala 70 % posplošene vrednosti ter da bi morali uvesti čim bolj enovito davčno stopnjo brez velikih izjem. V povezavi z množičnim vrednotenjem je bila v reviziji Mednarodnega denarnega sklada najbolj izpostavljena potreba po pravici lastnika do pritožbe zoper ocenjeno vrednost, s poudarkom na zakonski opredelitvi pritožbenega postopka, vključno s časovnimi omejitvami ter izvedbo dokazov. Za množično vrednotenje nepremičnin je bilo predlagano in poudarjeno (IMF, 2015):

- izvedba zadostnih posvetovanj s ključnimi deležniki (strokovna javnost, občine) o modelih vrednotenja, vrednostnih conah, vrednostnih ravneh in vrednostnih tabelah,
- vzpostavitev dobre komunikacije z javnostjo, s katero bi lastnike nepremičnin – davkoplačevalce in strokovno javnost obveščali o procesu vrednotenja in pravicah lastnikov do pregleda in sprememb podatkov o nepremičninah ter ugovora na ocenjeno vrednost,
- razvoj neformalnega postopka preverjanja podatkov in izračuna vrednosti za davkoplačevalce kot predhodne faze pred formalnim postopkom,
- navedba podrobnih informacij o načinu izračuna vrednosti nepremičnin,
- razvoj formalnega postopka ugovora na vrednost.

Posebej je bila izpostavljena potreba po samostojnem organu vrednotenja, ki je ustrezno kadrovsko, finančno in organizacijsko podprt glede na zakonsko predpisane naloge množičnega vrednotenja. V revizijskem poročilu je navedeno tudi opozorilo ključnim deležnikom, ki skrbijo za podatke o nepremičninah, saj so pravilno evidentirani podatki bistveni za množično vrednotenje nepremičnin. Občine morajo vložiti dovolj sredstev za zagotavljanje kakovostnih podatkov o namenski rabi prostora. Geodetski upravi RS je predlagana združitev evidenc katastra stavb in zemljiškega katastra v enotno evidenco, prav tako pa tudi primerno evidentiranje stavb z več dejanskimi rabami.

Revizorji so izvedli nadzor kakovosti slovenskega sistema množičnega vrednotenja nepremičnin kot podlage za izračun posplošene vrednosti. Ugotovili so, da je sistem odličen. Podan je bil predlog dopolnitve

sistema za metodo primerljivih prodaj, uporabo geostatističnih metod (prostorski hedonični model) in kontrolo izračunanih vrednosti pred končnim izračunom.

3 POSEBNE OKOLIŠČINE IN POSTOPEK NJIHOVEGA UGOTAVLJANJA

Posebna okoliščina je lastnost nepremičnine, o kateri podatek v uradnih evidencah ni sistemsko zbran ali je sistemsko zbran, vendar ni prevzet v evidenco, in izpolnjuje naslednje pogoje (ZMVN-1, 2017):

- je omejena na eno ali nekaj lokalno omejenih nepremičnin,
- je zanjo mogoče predvideti, da bo trajala vsaj eno leto, in
- se zaradi njenega vpliva posplošena vrednost enote vrednotenja, na katero posebna okoliščina vpliva, spremeni za vsaj 20 % oziroma za več kot 200.000 EUR.

Vrste posebnih okoliščin s posledicami vplivov so navedene v preglednici 1.

Preglednica 1: Vrste posebnih okoliščin

Vrsta posebne okoliščine	Pomen
Vpliv mikrolokacije	Posledice vpliva lokacije na vrednost nepremičnine, ki odstopa od vpliva lokacije na ostale primerljive nepremičnine v bližini (isti vrednostni coni).
Vpliv kakovosti	Posledice vpliva lastnosti nepremičnin, ki nastanejo zaradi posledic rabe, vzdrževanja ali načina gradnje in zaradi njih nepremičnina odstopa od primerljivih nepremičnin v bližini (isti vrednostni coni).
Vpliv poškodb	Posledice nenadnega delovanja zunanjih sil, ki se na nepremičnini odražajo v njeni zmanjšani ali onemogočeni uporabnosti.

Zakon predpisuje, da se velikost vpliva posebne okoliščine določi kot delež posplošene vrednosti obravnavane enote vrednotenja, določene z modelom vrednotenja, najdlje za pet prihodnjih let. Ugotavljanje posebnih okoliščin nepremičnin poteka v upravnem postopku skladno z določili Zakona o splošnem upravnem postopku (ZUP).

Ugotavljanje posebne okoliščine se lahko začne na dva načina:

- **predlog** poda en ali več lastnikov nepremičnine ali pa
- Geodetska uprava RS začne postopek po uradni dolžnosti, če drug državni ali občinski organ na podlagi drugih predpisov izda upravni akt, s katerim za konkretno nepremičnino ugotovi okoliščine, iz katerih je mogoče določiti obstoj posebne okoliščine.

ZMVN-1 (2017) omogoča dva načina *uveljavljanja* posebnih okoliščin, in sicer na podlagi Pravilnika o posebnih okoliščinah, ki vplivajo na vrednost nepremičnin (Uradni list RS, št. 43/2018), ali pa uveljavljanje s **cenitvenim poročilom**.

Pravilnik navaja najpogostejše posebne okoliščine, obseg njihovega vpliva in čas trajanja. Če posebne okoliščine, ki bi jo lastnik želel uveljaviti, ni na seznamu posebnih okoliščin v pravilniku ali pa njen vpliv in trajanje za posamezno nepremičnino ne ustrezata določilom pravilnika, lahko lastnik nepremičnine obstoj in vpliv posebne okoliščine dokazuje s predložitvijo **poročila ocenjevalca vrednosti nepremičnin**. Velikost vpliva posebne okoliščine ocenjevalec vrednosti izkaže s primerjavo dveh ocenjenih vrednosti nepremičnine, in sicer vrednost z upoštevanjem posebne okoliščine in vrednost brez njenega upoštevanja, pri čemer mora za obe oceni uporabiti enak način vrednotenja in enake podatke o nepremičnini, razen podatka o posebni okoliščini. Če Geodetska uprava RS predlogu za ugotavljanje posebne okoliščine na

podlagi poročila ocenjevalca vrednosti nepremičnin v celoti ne ugoti, mora pred izdajo odločbe pridobiti mnenje strokovne komisije o vrednotenju.

Če Geodetska uprava RS predlogu za ugotavljanje posebne okoliščine, pripravljenem na podlagi Pravilnika ali cenitvenega poročila, ugoti, tudi odloči o vrsti vpliva, velikosti vpliva in datumu začetka ter konca veljavnosti vpliva posebne okoliščine na posamezno enoto vrednotenja. Velikost vpliva posebne okoliščine določi v razmerju glede na posplošeno vrednost, ki je enoti vrednotenja pripisana v evidenci vrednotenja.

Za posamezno enoto vrednotenja je mogoče ugotavljati vpliv več posebnih okoliščin. Skupni vpliv posebnih okoliščin se ugotovi tako, da se vplivi za vsako posebno okoliščino med seboj množijo.

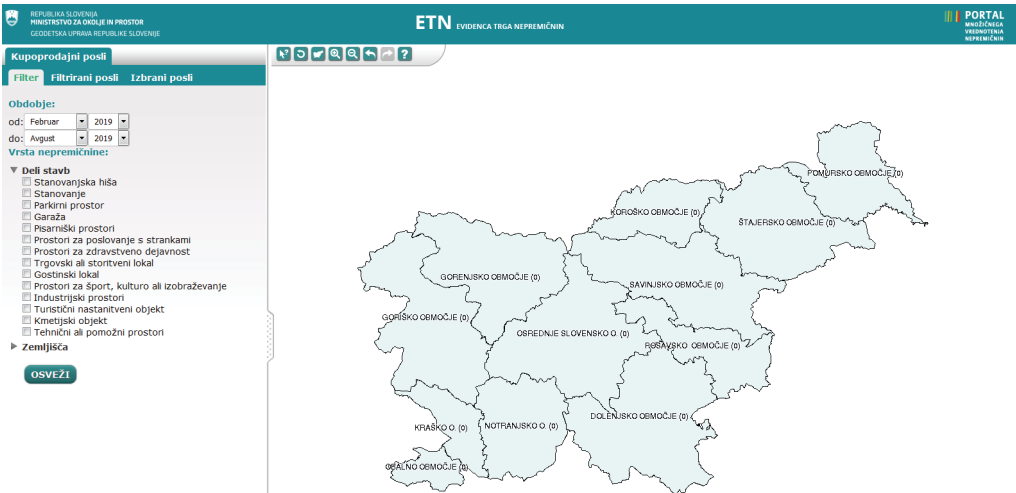
Uveljavljanje posebnih okoliščin rešuje problem pravne varnosti lastnikov nepremičnin, ki jo je ustavno sodišče (US, 2014) očitalo zakonu ZMVN (2006).

4 EVIDENCE MNOŽIČNEGA VREDNOTENJA NEPREMIČNIN

ZMVN-1 (2017) od Geodetske uprave zahteva vzpostavitev, upravljanje ter posodabljanje podatkov in informacij treh evidenc:

- evidence trga nepremičnin (ETN),
- evidence modelov vrednotenja (EMV) in
- evidence vrednotenja (EV).

Dostopu do informacij o množičnem vrednotenju nepremičnin v Sloveniji ter pregledu in dostopu do podatkov zgoraj navedenih evidenc je namenjen portal množičnega vrednotenja nepremičnin. Dostopen je na strani www.mvn.e-prostor.gov.si.



Slika 2: Prikaz brskalnika po podatkih evidence trga nepremičnin.

Evidenca trga nepremičnin je že uveljavljena večnamenska zbirka podatkov o kupoprodajnih pravnih poslih z nepremičninami in o najemnih pravnih poslih za stavbe in dele stavb. V evidenci trga nepremičnin se upravljajo in posodablajo podatki o pogodbenih strankah, osebah, ki poročajo v evidenco, datumu

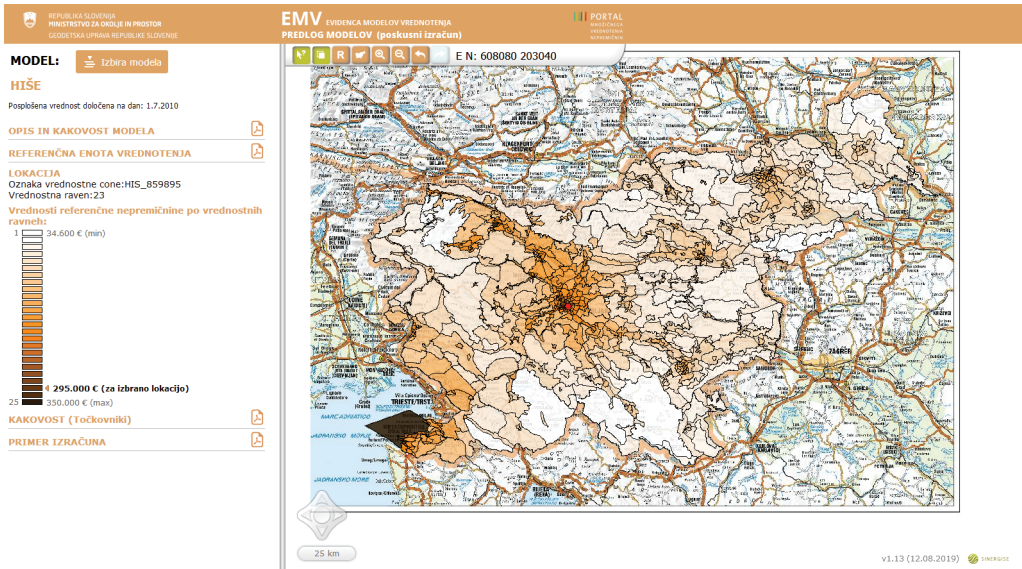
sklenitve pravnega posla, za najemne pravne posle pa je naveden tudi datum začetka in prenehanja najema, vrsta pravnega posla, vrsta nepremičnine, za najemne posle pa tudi vrsta in velikost oddane površine, identifikacijska oznaka nepremičnine, podatki o nepremičninah, ki so predmet pravnih poslov, cena ali najemnina in drugi podatki, ki vplivajo na ceno ali najemnino. Podatke iz evidence je mogoče pridobiti z naročilom pri geodetski upravi. Nekateri podatki ETN so brezplačno javno dostopni prek spletnega brskalnika, ki je na voljo na <http://prostor3.gov.si/ETN-JV/>. Prikaz spletnega brskalnika po evidenci trga nepremičnin je na sliki 2. Poizvedovanja in iskanja so omogočena na podlagi časovnega intervala, vrste nepremičnin in približne lokacije.

ZMVN-1 (2017) določa, da se v ETN označijo kupoprodajni posli s tržnimi cenami in najemni posli s tržnimi najemnina. Tržna cena odraža ceno iz pogodbe o prenosu lastninske pravice na nepremičnini, ki je bila brez prisile sklenjena med skrbnima in medsebojno nepovezanima strankama na prostem trgu. Tržna najemnina pa odraža najemnino iz pogodbe o oddajanju v najem pravice na nepremičnini, ki je bila brez prisile sklenjena med skrbnima in medsebojno nepovezanima strankama na prostem trgu (ZMVN-1, 2017). Pravilnik o evidenci trga nepremičnin (Uradni list RS, št. 35/2018), ki prav tako prinaša nekaj novosti, podrobneje določa način označevanja poslov. Zaposleni na Uradu za množično vrednotenje nepremičnin pri geodetski upravi že od vzpostavitve urada pregledujejo in označujejo vsak kupoprodajni pravni posel, evidentiran v evidenci ETN, od začetka leta 2016 pa opravljajo isti pregled tudi za najemne posle poslovnih prostorov za segment gostinskih lokalov in trgovin. Vsak kupoprodajni in najemni posel se individualno pregleda, pri čemer se najpogosteje izvajajo terenski ogledi in fotografiranje predmeta prodaje oziroma najema. Zaradi stroškovne učinkovitosti se v primeru, da je dostopen in ažuren Google Street View, terenski ogled nadomesti s fotografijo iz tega spletnega orodja. Pri pregledu podatkov pravnega posla se uporabijo tudi vse dostopne prostorske in druge evidence, ki pripomorejo k razjasnitvi predmeta posla. Vsak pravni posel se na podlagi vseh informacij označi z več spremenljivkami, ki so definirane tako, da je na njihovi podlagi mogoče izvajati različna uskupinjanja podatkov v nadaljnjih analizah.

Ta izredno temeljita in kakovostna obdelava poslov je podlaga kakovostnim analizam za potrebe letnih poročil, umerjanja modelov ter določitve poslov s tržnimi cenami in tržnimi najemnina. Nova zakonodaja tako lastnikom nepremičnin in stroki (ocenevalcem vrednosti, sodnim cenilcem, analitikom) omogoča pridobitev bistvenega podatka, kateri podatki so primerni za uporabo v poročilih oziroma analizah in kateri podatki so bili uporabljeni pri modeliranju. V ETN so tudi označene prodaje s tržnimi cenami in najemi s tržnimi najemnina na podlagi preverjanja in kakovostne obdelave poslov.

V **evidenci modelov vrednotenja** se za posamezni model vrednotenja upravljajo in posodablajo podatki o sestavinah modelov vrednotenja: datum modela vrednotenja, vrednostne cone in vrednostne ravni, ki izkazujejo lokacijo nepremičnine in njen vpliv na posplošeno vrednost, enačbe, vrednostne in druge tabele, točkovniki, faktorji in grafi, s katerimi se izkazujejo podatki o rabi, velikosti, starosti stavb in delov stavb ter kakovosti nepremičnine in njihov vpliv na posplošeno vrednost ter način uporabe teh podatkov. Podobni podatki so za obstoječe modele po ZMVN (2006) oziroma po Uredbi o določitvi modelov vrednotenja nepremičnin (Uradni list RS, št. 95/2011), ki se še uporablja, na voljo v zbirki vrednotenja nepremičnin, dostopni na <http://prostor3.gov.si/zvn/zvn/ZVN.html>. Dostop do predloga modelov vrednotenja v okviru poskusnega izračuna vrednosti in javne razgrnitve modelov bo omogo-

čen prek osnovnega okna portala množičnega vrednotenja. Prikaz spletnega brskalnika po informacijah evidence modelov vrednotenja je na sliki 3.



Slika 3: Prikaz brskalnika po informacijah evidence modelov vrednotenja.

V posodobljenem sistemu MVN je opredeljena in se vzpostavlja povsem nova evidenca, imenovana **evidenca vrednotenja**, katere glavni namen je zagotavljanje uradnih podatkov o posplošeni vrednosti nepremičnin za distribucijo informacij v različne namene. V evidenco vrednotenja se na podlagi osnutkov modelov vrednotenja oziroma uveljavljenih modelov vrednotenja prevzemajo podatki o nepremičninah iz drugih evidenc, in sicer:

- evidenc o nepremičninah, ki se vodijo na podlagi predpisov o evidentiranju nepremičnin,
- evidenc samoupravnih lokalnih skupnosti ter
- drugih uradnih evidenc.

V evidenci vrednotenja se vzpostavijo, upravljajo in posodablajo:

- podatki o enoti vrednotenja in posebni enoti vrednotenja,
- podatki o modelu vrednotenja,
- podatki o vrednostni coni in vrednostni ravni,
- podatki o posplošeni vrednosti,
- podatki o vrsti, velikosti vpliva in datumu začetka ter konca veljavnosti vpliva posebne okoliščine,
- vplivno območje,
- podatki o nepremičninah, ki se pridobivajo z vprašalnikom,
- podatki o osebi, ki opravlja dejavnost.

Vsi podatki v evidenci vrednotenja se upravljajo in posodablajo tako, da se zagotavlja sledljivost njihovih sprememb. ZMVN-1 (2017) prinaša bistveno novost glede na ZMVN (2006), če namreč lastnik nepremičnine ali druga oseba izkaže pravni interes, sistem omogoča pridobitev zgodovinskega izpiska

podatkov iz evidence vrednotenja na določen datum. Z zakonom ZMVN-1 (2017) je bilo treba zagotoviti možnost spreminjanja oziroma popravljanja napačno evidentiranih podatkov, ki se upoštevajo v izračunih vrednosti. Za vsak podatek, ki bi lahko bil napačno evidentiran, lahko lastnik nepremičnine začne predpisan postopek (večinoma je to upravni postopek) za njegovo spremembo. Zaradi zagotavljanja objektivnosti sistema in enakopravnosti deležnikov, ki sta temeljni načeli množičnega vrednotenja, se v modelih vrednotenja ne sme uporabiti podatek, ki ni sistematično evidentiran v uradnih evidencah in ga s predpisanim postopkom ni mogoče spremeniti. V povezavi s tem Zakon o spremembah in dopolnitvah Zakona o evidentiranju nepremičnin (ZEN-A, 2018) v 15. členu uveljavlja spremembo 103. člena Zakona o evidentiranju nepremičnin (ZEN, 2006) in onemogoča spremembo podatkov v registru nepremičnin brez upravnega postopka, kot je bilo v 103. členu ZEN-a (2006) omogočeno do nedavnega. Ker so podlaga za izračun vrednosti pravilno evidentirani podatki, je Geodetska uprava RS v zadnjih obdobjih vložila veliko sredstev v uskladitev podatkov evidenc z dejanskim stanjem v prostoru. Tako je bilo v letih 2017 in 2018 skupaj poslanih 6327 pozivov za evidentiranje neevidentiranih stavb v kataster stavb ter 25.804 pozivov za uskladitev dejanskega stanja na stavbah oziroma njihovih delih s podatki v evidenci REN (register nepremičnin). Pravilno evidentirani podatki o nepremičnini so podlaga za kakovosten in pravičen izračun posplošene vrednosti nepremičnine.

Zagotovljen bo brezplačen javni vpogled v podatke evidence vrednotenja prek spletnega brskalnika. Informacije o nepremičnini bo mogoče iskati po podatkih o parceli, delu stavbe in naslovu (slika 4).



Slika 4: Prikaz brskalnika po evidenci vrednotenja.

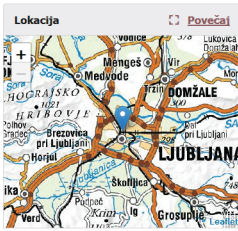
Za vsako nepremičnino bo prikazana lokacija, posplošena vrednost, enota vrednotenja, model, podatki o upoštevani posebni okoliščini, prevzeti podatki iz drugih evidenc in pristojni organ za vodenje privzetih podatkov (slika 5).

REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR
GEODETSKA UPRAVA REPUBLIKE SLOVENIJE

EV EVIDENCA VREDNOTENJA
JAVNI VPOGLED (poskusni izračun)

PORTAL
REPUBLIKE SLOVENIJE
UPRAVA REPUBLIKE SLOVENIJE

Iskalnik DS 2636-3372-5 X



Del stavbe: 2636-3372-5
Ljubljana, Parmova ulica 24

Natisni

Matični in izračunani podatki	
Posplošena vrednost dela stavbe	142.500 €
Enota vrednotenja model: STA (stanovanja), raven: 17/20, cona: STA_769812	142.500 €
Površina zemljišča pod stavbo (ZPS), ki ga upoštevamo pri delu stavbe: 19,6 m ² (ZPS stavbe: 157 m ² , delež dela stavbe v stavbi: 12,50 %, vsota vseh površin stavbe: 673,5 m ²)	

Del stavbe - podatki iz Registra nepremičnin		NAVODILA UREJANJA PODATKOV
Katastrska občina:	2636 BEŽIGRAD	
Številka dela stavbe:	5	
Številka stanovanja, poslovnega prostora:	5	
Dejanska raba dela stavbe:	2 Stanovanje	
Legra dela stavbe v stavbi:	Nadstropje, številka nadstropja: 2	
Dvigalo:	NE	
Leta obnov:	Okna: /, inštalacije: /	
Prostori:	1 Bivalni prostor (57,1 m ²) 9 Klet (13,8 m ²) 10 Odprta terasa, balkon, loža (13,0 m ²)	
Površina dela stavbe:	83,9 m ²	
Višina etaže:	/	

Stavba - podatki iz Registra nepremičnin		NAVODILA UREJANJA PODATKOV
Številka stavbe:	2636-3372	
Katastrski vpis:	DA	
Občina:	LJUBLJANA	
Centroid:	X=102440,12 Y=461643,88	
Tip stavbe - število etaž:	3 Krajna - 5	
Število poslovnih prostorov:	4	
Število stanovanj:	9	
Material nosilne konstrukcije:	2 Beton, železobeton	
Leto izgradnje:	1956	
Leta obnov:	Fasada: /, streha: 1996	
Inštalacije:	Vodovod: DA, elektrika: DA, kanalizacija: DA, plin: /	
S stavbo je povezana parcela:	2636 2186/1, površina zemljišča pod stavbo: 157 m ²	

Slika 5: Prikaz izpisa iz brskalnika po evidenci vrednotenja.

Enačbe, po katerih poteka izračun, in drugi podatki o modelu bodo dostopni v evidenci modelov vrednotenja, do česar bo mogoče dostopati s pritiskom na oznako vrednostne cone (npr. SSTA_769812 na sliki 5). Dodatno bo omogočen podroben prikaz celotnega postopka izračuna posplošene vrednosti posamezne nepremičnine, ki ga prikazuje slika 6. Prikaz izračuna zbrano prikazuje podatke, uporabljene v posameznem koraku izračuna, in vpliv podatkov na posplošeno vrednost nepremičnine.

MODEL: STA (STANOVAJNA)	
POSPLOŠENA VREDNOST ENOTE VREDNOTENJA: 142.500 €	
ENAČBA MODELA: $V = V_{TVR_sta} * F_{obn} * F_{last} * F_{dp} * F_{lega} * F_{odd} + V_{TVR_gar} * F_{gar}$	
DEJANSKA RABA: 2 Stanovanje	
ZRAČUN: 142.465,60 € = 138.316,12 € * 1,00 * 1,00 * 1,03 * 1,00 * 1,00 + 9.470,00 € * 0,00	
V_{TVR_sta} - Vrednost iz vrednostne tabele za stanovanja: 138.316,12 €	123.710,00 € + 7,1 m ² * 2.057,20 €/m ² Leto izgradnje stavbe: 1956 Površina dela stavbe: 83,90 m² Prostori dela stavbe: 57,10 m² (1 Bivalni prostor), 13,80 m² (9 Klet), 13,00 m² (10 Odprta terasa, balkon, loža) Velikost: 57,1 m² Velikost iz vrednostne tabele: 50,00 m² (osnova), 7,10 m² (dodatni m ²), Vrednostna raven: 17 Vrednost iz vrednostne tabele: 123.710,00 € (osnova), 2.057,20 €/m² (dodatni m ²)
F_{obn} - Faktor obnov: 1,00	Korigirano leto izgradnje stavbe: 1956 Povprečno leto obnov: 1961 = 1956 * 0,29 + 1956 * 0,29 + 1996 * 0,13 + 1956 * 0,29 Korigirano leto obnove oken: 1956 , Leto obnove oken: /, utež: 0,29 Korigirano leto obnove instalacij: 1956 , Leto obnove inštalacij: /, utež: 0,29 Korigirano leto obnove strehe: 1996 , Leto obnove strehe: 1996 , utež: 0,13 Korigirano leto obnove fasade: 1956 , Leto obnove fasade: /, utež: 0,29
F_{last} - Faktor lastnosti: 1,00	Točke skupaj: 100 Točke dejanska raba: 90 , Dejanska raba: 2 Stanovanje Točke število stanovanj: 10 , Število stanovanj v stavbi: 9
F_{dp} - Faktor dodatnih prostorov: 1,03	Točke: 10 , Površina teras, balkonov in lož: 13,00 m²
F_{lega} - Faktor lege stanovanja v stavbi: 1,00	Točke: 10 , Lega: 3 Nadstropje , številka nadstropja: 2 , dvigalo: NE
F_{odd} - Faktor oddaljenosti: 1,00	Vplivno območje: /, Procent vpliva: 0,00 %
V_{TVR_gar} - Vrednost garaže: 9.470,00 €	Vrednostna raven: 17
F_{gar} - Faktor velikosti: 0,00	Garaža ali parkirno mesto ni prisotno

Zapri

Slika 6: Prikaz izračuna posplošene vrednosti po korakih.

V tem razdelku so bile predstavljane evidence in njihovi spletni prikazi, ki omogočajo transparentnost MVN. V nadaljevanju bo sledil postopek določanja modelov, kot ga opredeljuje ZMVN-1 (2017), ki omogoča sodelovanje strokovne in širše javnosti.

5 POSTOPEK DOLOČANJA MODELOV MNOŽIČNEGA VREDNOTENJA NEPREMIČNIN PO ZMVN-1

Postopek določanja modelov vrednotenja zajema (ZMVN-1, 2017):

- oblikovanje osnutkov modelov vrednotenja,
- pregled osnutkov modelov vrednotenja in obravnavo priporočil strokovne javnosti,
- usklajevanje osnutkov modelov vrednotenja z občinami,
- javno obravnavo predlogov modelov vrednotenja in
- določitev modelov vrednotenja.

Osnutki modelov vrednotenja so bili z uporabo metod množičnega vrednotenja izoblikovani do aprila 2018. Kot je navedeno v priporočilu prej obravnavanega revizijskega poročila, so bila v aprilu in maju 2018 opravljena posvetovanja s strokovnimi združenji s področja ocenjevanja vrednosti nepremičnin, visokošolskimi izobra-

ževalnimi ustanovami, ki v okviru izobraževalnih programov pokrivajo ocenjevanje vrednosti nepremičnin, drugo strokovno javnostjo in občinami. Predstavitve osnutkov modelov, pisne pripombe in predlogi strokovne javnosti ter stališča organa vrednotenja do teh pripomb in predlogov so bila javno objavljena na portalu množičnega vrednotenja (<http://www.mvn.e-prostor.gov.si/postopki-mvn/sodelovanje-strokovne-javnosti/>).

V novembru leta 2018 je Geodetska uprava RS kot organ vrednotenja pričela usklajevanje modelov vrednotenja s predstavniki slovenskih občin. Oblikovane predloge modelov vrednotenja je poslala občinam in jih pozvala, naj v 30 dneh posredujejo svoje pripombe. Vloga občin je v fazi usklajevanja modelov vrednotenja pomembna predvsem z vidika usklajevanja določitve mej vrednostnih con, saj lahko občine organu vrednotenja posredujejo tudi tiste podatke o vplivih na oblikovanje vrednostnih con, ki jih organ vrednotenja sam ni zaznal. S tem se rezultati vrednotenja lahko bistveno izboljšajo. Občine so poslale približno 1300 pripomb, ki so se nanašale predvsem na potek mej vrednostnih con. Pripombe je organ vrednotenja preučil v skladu s predpisanimi merili za umerjanje modelov vrednotenja in določanje vrednostnih con ter jih večino (85 %) kot utemeljene upošteval pri pripravi predloga modelov vrednotenja.

V jeseni leta 2019 bo izveden poskusni izračun posplošene vrednosti nepremičnin in javna razgrnitev predlogov modelov vrednotenja. Poskusni izračun posplošene vrednosti bo izveden tako, da bodo na podlagi uradnih podatkov o nepremičninah na določen datum (27. 6. 2019) in na podlagi predlogov modelov vrednotenja izračunane vrednosti vseh nepremičnin v Sloveniji. Podatki o poskusno izračunanih vrednostih bodo informativni in in se bodo skupaj z uporabljenimi podatki o nepremičninah pri izračunu do uradnega pripisa nove posplošene vrednosti izkazovali v evidenci vrednotenja na spletnih straneh geodetske uprave. Predloge modelov vrednotenja bodo občine razgrnile na krajevno običajen način, objavljeni bodo tudi na spletni strani evidence modelov vrednotenja. Med javno razgrnitvijo bodo dodatno, na območju posameznih geodetskih pisarn, izvedene javne predstavitve modelov vrednotenja. Lastniki nepremičnin bodo lahko pripombe na predloge modelov poslali občinam. Pripombe lastnikov nepremičnin bodo obravnavale občinske strokovne službe in se glede njih opredelile ter jih skupaj z občinskimi opredelitvami poslale na geodetsko upravo.

Po obdelavi pripomb lastnikov nepremičnin bo Geodetska uprava RS pripravila končni predlog modelov vrednotenja in po medresorskem usklajevanju posredovala predlog uredbe o določitvi modelov vrednotenja vladi RS v obravnavo in potrjevanje. Ko bo vlada uredbo sprejela, bo 1,2 milijona lastnikov nepremičnin po pošti prejelo zbirno potrdilo o podatkih iz evidence vrednotenja. Zatem bodo lastniki nepremičnin lahko podajali predloge za uveljavljanje posebnih okoliščin.

6 OPIS MODELOV IN NAČINOV MNOŽIČNEGA VREDNOTENJA NEPREMIČNIN

Modeli množičnega vrednotenja so posamezna pravila (formule), določena z metodami množičnega vrednotenja, ki opredeljujejo, katere lastnosti nepremičnine vplivajo na njeno ceno na trgu in kako velik je njihov vpliv, ter omogočajo istočasen, sistematičen in enoten pripis posplošene vrednosti večjemu številu nepremičnin. V skupino metod množičnega vrednotenja se uvrščajo statistične in druge matematične metode obdelave podatkov o trgu nepremičnin za namene določanja modelov množičnega vrednotenja.

ZMVN-1 (2017) loči 17 modelov vrednotenja, od tega je deset modelov, ki vrednotijo dele stavbe s pripadajočim zemljiščem, štiri modeli, ki vrednotijo zemljišča, in trije modeli za posebne enote vrednotenja.

Nepremičnine se vrednotijo glede na njihovo najgospodarnejšo rabo. V preglednici 2 je predstavljen seznam enot vrst vrednotenja, nato element, ki izkazuje najgospodarnejšo rabo, ter modeli, ki so na voljo v sistemu množičnega vrednotenja. Na podlagi razvrstitve v preglednici je mogoče razbrati povezave med navedenimi sestavinami.

Posebne enote vrednotenja se izkazujejo z vrsto dejavnosti, stavbe in deli stavb skupaj z zemljišči pod stavbami se izkazujejo z dejansko rabo delov stavb, zemljišča pod javnimi cestami in železnicami ter vodna zemljišča se izkazujejo po dejanski rabi zemljišč, preostala zemljišča pa se izkazujejo po njihovi namenski rabi (preglednica 2). Namenska raba in podrobnejša namenska raba prostora je raba prostora, določena v skladu z zakonom, ki ureja urejanje in načrtovanje prostora.

Preglednica 2: Seznam vrst enot vrednotenja, pripadajoče najgospodarnejše rabe in modela vrednotenja (ZMVN-1, 2017)

Enote vrst vrednotenja	Najgospodarnejša raba, ki jo izkazuje	Modeli
Posebne enote vrednotenja	vrsta dejavnosti	bencinski servisi (PNB) elektrarne (PNE) marine in pristanišča (PNP)
Stavbe in deli stavb skupaj z zemljišči pod stavbami	dejanska raba dela stavbe	stanovanja (STA) hiše (HIS) garaže (GAR) pisarne (PPP) lokali (PPL) stavbe splošnega družbenega pomena (SDP) industrija (IND) posebna industrija (INP) kmetijske in druge stavbe (KDS) turizem (TUR)
Javne ceste, železnice, vodna zemljišča	dejanska raba zemljišč	druga zemljišča (DRZ)
Zemljišča, razen javnih cest, železnic, vodnih zemljišč	namenska raba zemljišč	kmetijska zemljišča (KME) gozd (GOZ) stavbna zemljišča (STZ)

Po Gloudemans (1999) in Ulbl et al. (2016) je določanje modelov vrednotenja sestavljeno iz opredelitve (specifikacije) in umerjanja modela. Prvi korak, opredelitev modela, zajema opredelitev nabora podatkov za analiziranje in njihovega formata zapisa. V tem koraku se izvaja obdelava podatkov s časovnim razvrščanjem v skupine in razvrščanjem podatkov po dejanski rabi ter drugih opisnih podatkih nepremičnin. Modeli vrednotenja morajo odražati lastnosti ponudbe in povpraševanja lokalnega trga nepremičnin. Drugi korak, umerjanje modela, se nanaša na razvoj oziroma oblikovanje enačb in preglednic. V sklopu umerjanja modela analitik določa koeficiente ali množitelje vsaki spremenljivki v modelu, za kar so najpogosteje uporabljena statistična orodja, stroškovniki ali druge računalniške analize. Tako je v sistemu množičnega vrednotenja vsak model vrednotenja določen z (ZMVN-1, 2017):

- datumom modela vrednotenja,
- vrednostnimi conami in vrednostnimi ravnmi, ki izkazujejo lokacijo nepremičnine in njen vpliv na splošno vrednost,
- enačbami, ki povezujejo odvisno in neodvisne spremenljivke,
- vrednostnimi in drugimi tabelami, s katerimi sta upoštevana spremenljivki starost (leto izgradnje in leta obnov) in velikost (površina, prostornina, obseg izvajanja dejavnosti) nepremičnine,

- točkovniki, faktorji in grafi, s katerimi se izkazujejo spremenljivke o rabi, velikosti, starosti stavb in delov stavb ter kakovosti nepremičnine in njihov vpliv na posplošeno vrednost, ter
- opisom načina uporabe navedenih elementov modela.

V nadaljevanju navajamo opredelitve ključnih informacij o neodvisnih spremenljivkah. **Datum modela vrednotenja** je datum, na katerega model vrednotenja odraža ponudbo in povpraševanje na trgu nepremičnin. To je bistven podatek, predvsem v obdobjih, ko cene nepremičnin strmo rastejo ali padajo. **Vrednostna cona** je geografsko zaokroženo območje, na katerem imajo nepremičnine z enakimi lastnostmi enako vrednost. Posamezna nepremičnina se v vrednostno cono uvrsti glede na podatek o mejah con, podatek o legi centroida parcele za zemljišča in glede na podatek o legi centroida stavbe za stavbe in dele stavb. Vsaka vrednostna cona je uvrščena v eno **vrednostno raven**, s čimer se podaja velikost vpliva lokacije na vrednost nepremičnine. Informacijo o **rabi** izkazuje podatek o podrobnejši dejanski rabi stavb in delov stavb, podrobnejši dejanski rabi zemljišč in podrobnejši namenski rabi zemljišč. Informacijo o **velikosti** za zemljišča in dele stavb izkazuje podatek o njihovi površini, pri rezervoarjih in silosih pa njihova prostornina. Velikost za posebne enote vrednotenja izkazujejo podatki o obsegu izvajanja dejavnosti. Informacijo o **starosti** stavb in delov stavb izkazujejo podatki o letu izgradnje in letih obnov bistvenih delov (fasade, strehe, oken, inštalacij). Informacijo o **kakovosti** izkazujejo podatki o podrobnejših rabah, infrastrukturni opremljenosti, kakovosti materialov ali življenjski dobi.

V splošnem so glavni načini, ki se uporabljajo za ocenjevanje vrednosti, naslednji: način tržnih primerjav, na donosu zasnovan način in nabavnovrednostni način (Mednarodni standardi ocenjevanja vrednosti, 2017). V predstavljenem sistemu množičnega vrednotenja so uporabljeni vsi trije načini. Preglednica 3 prikazuje, kateri način je bil uporabljen za posamezen model.

Preglednica 3: Načini vrednotenja v povezavi z modeli po ZMVN-1 (2017)

Način	Modeli
Način tržnih primerjav	model za kmetijska zemljišča (KME), model za gozd (GOZ), model za stavbna zemljišča (STZ), model za druga zemljišča (DRZ), model za stanovanja (STA), model za hiše (HIS), model za garaže (GAR),
Nabavnovrednostni način	model za stavbe splošnega družbenega pomena (SDP), model za industrijo (IND), model za posebno industrijo (INP), model za kmetijske in druge stavbe (KDS),
Na donosu zasnovan način	model za bencinske servise (PNB), model za elektrarne (PNE), model za marine in pristanišča (PNP),
Način tržnih primerjav in na donosu zasnovan način	model za pisarne (PPP), model za lokale (PPL), model za stavbe za turizem (TUR).

Opozoriti je treba, da se ne glede na primarno določen način vrednotenja (stolpec način v preglednici 3) za posamezen model pri modeliranju vedno uporabijo preverjeni in kakovostni podatki o tržnih cenah in tržnih najemninah za posamezne vrste nepremičnin, če so kupoprodajni ali najemni posli evidentirani v

ETN. Na podlagi kakovostnega pregleda podatkov o prodajah je iz modeliranja izločenih približno 30 % vseh prodaj. Prodaje so najpogosteje izločene zaradi svoje kompleksnosti, nezmožnosti določitve glavnega predmeta prodaje ter zaradi utemeljenega suma o morebitni netržnosti posla. Odstotek uporabljenih poslov glede na vse posle je odvisen od segmenta trga, pri čemer je največji odstotek uporabljenih podatkov za trg prodaj stanovanj, saj je ta najbolj homogen in dejaven. Bistveno nižji odstotek uporabljenih podatkov glede na vse prodaje je za trg prodaj hiš, saj se te pogosteje prodajajo skupaj z več drugimi nepremičninami (hiša z delavnico, hiša in trgovina, hiša in več gospodarskih poslopij, kmetije ...). Tako se v modeliranju uporabi več kot 80 % vseh prodaj stanovanj, 65 % vseh prodaj hiš, približno 60 % vseh prodaj poslovnih prostorov, 75 % vseh prodaj garaž ter 75 % vseh prodaj kmetijskih in gozdnih zemljišč. Za modeliranje stavbnih zemljišč je uporabljenih približno 70 % vseh prodaj.

Model vrednotenja se umeri tako, da se določijo meje vrednostnih con, vrednostne ravni, podatki o nepremičninah in njihov vpliv na tržno ceno (najemnino) v skladu z merili kakovosti za umerjanje modelov vrednotenja. Za veljavnost modela morajo biti pri umerjanju modela dosežene naslednje vrednosti:

- pri uporabi načina tržnih primerjav in na donosu zasnovanega načina:

$$0,8 \leq \text{srednja vrednost} \left(\frac{PV}{TC \text{ oz. } TN} \right) \leq 1,2 (PV - \text{posplošena vrednost, } TC \text{ oziroma } TN - \text{tržna cena}$$

oziroma tržnaajemnina),

- pri uporabi nabavnovrednostnega načina:

$$0,6 \leq \text{srednja vrednost} \left(\frac{PV}{TC \text{ oz. } TN} \right) \leq 1,4 (PV - \text{posplošena vrednost, } TC \text{ oziroma } TN - \text{tržna cena}$$

oziroma tržnaajemnina).

V primerjavi z aktualnimi modeli, veljavnimi po ZMVN (2006) in Uredbi o določitvi modelov vrednotenja, so po ZMVN-1 (2017) za vsak model vrednotenja na spletni strani evidence modelov vrednotenja objavljeni tudi parametri kakovosti posameznega modela. Ta podatek skupaj z označenimi tržnimi cenami in tržnimi najemninami v ETN omogoča tudi neodvisnim institucijam evalvacijo sistema množičnega vrednotenja.

7 RAZPRAVA IN SKLEPNE UGOTOVITVE

ZMVN-1 (2017) upošteva večino priporočil, navedenih v revizijskem poročilu Mednarodnega denarnega sklada (IMF, 2015), predvsem del, ki se nanaša na možnost ugovora, transparentnost, obveščanje ter sodelovanje strokovne in laične javnosti. V prispevku so predstavljene bistvene novosti, ki jih prinaša ZMVN-1 (2017) glede na ZMVN (2006). Preglednica 4 zbrano prikazuje bistvene razlike med zakonoma.

Preglednica 4: Primerjava zakonov ZMVN (2006) in ZMVN-1 (2017)

	ZMVN (2006)	ZMVN-1 (2017)
Uporaba	Ne sme se uporabljati za obdavčenje nepremičnin, uporaba za socialne transferje, druge uporabe.	Uporaba za obdavčenje nepremičnin, uporaba za socialne transferje, druge uporabe.
Vrste modelov vrednotenja določi	Uredba o določitvi modelov vrednotenja (Uredba, 2011)	Zakon ZMVN-1 (2017)

	ZMVN (2006)	ZMVN-1 (2017)
Bistvene sestavine posameznega modela vrednotenja določi	Uredba o določitvi modelov vrednotenja (Uredba, 2011)	Zakon ZMVN-1 (2017)
Vpliv lastnikov na vrednost nepremičnin	Ne dovoljuje.	Omogoča z uveljavljanjem posebnih okoliščin.
Modeli vrednotenja so po zakonu določeni z	vrednostnimi conami, vrednostnimi ravnmi, načinom izračuna vrednosti in podatki o nepremičninah.	vrednostnimi conami, vrednostnimi ravnmi, datumom modela vrednotenja, enačbami, vrednostnimi in drugimi tabelami, točkovniki, faktorji in grafi, z načinom uporabe enačb, tabel, točkovnikov, faktorjev, grafov.
Indeksacija vrednosti	Da; uporaba, ko se indeks vrednosti za nepremičnine spremeni za več kot 10 % od zadnje spremembe modela oziroma indeksa vrednosti.	Ne; kontrola ustreznosti meril modelov vsaki dve leti.
Število modelov	Modele določa Uredba (2011; 21 modelov): <ul style="list-style-type: none"> – 12 modelov za dele stavb, – 5 modelov za zemljišča in – 4 modeli za nepremičnine, namenjene opravljanju dejavnosti: elektrarne, rudniki, pristanišča, črpalke. 	ZMVN-1 (2017) določa 17 modelov: <ul style="list-style-type: none"> – 10 modelov za dele stavb, – 4 modeli za zemljišča, – 3 modeli za posebne enote vrednotenja.
Določitev modela	<ul style="list-style-type: none"> – za modele z deli stavb: <ul style="list-style-type: none"> o dejanska raba dela stavbe, – za modele za posebne nepremičnine: <ul style="list-style-type: none"> o dejavnost, – za modele z zemljišči: <ul style="list-style-type: none"> o za zemljišča, na katerih ni pomembnih stavb, se upošteva namenska raba zemljišča, o za zemljišča, na katerih so stavbe, se najprej upošteva pripadajoče zemljišče k stavbi, nato raba zemljišč za gradnjo stavb, za preostalo zemljišče se uporablja dejanska raba zemljišč, – za nekatere dele stavb se model vrednotenja ne določi. 	<ul style="list-style-type: none"> – za modele z deli stavb: <ul style="list-style-type: none"> o dejanska raba dela stavbe, – za modele za posebne enote vrednotenja: <ul style="list-style-type: none"> o dejavnost, – za modele z zemljišči: <ul style="list-style-type: none"> o najprej se upošteva zemljišče pod stavbo, o nato se ugotovi, ali je dejanska raba ceste, železnice, vodna in neplodna zemljišča, o za preostalo se uporablja namenska raba zemljišč, – vsakemu delu stavb se določi model.
Pripadajoče zemljišče k delu stavbe	<ul style="list-style-type: none"> – za nekatere dejanske rabe delov stavb je površina pripadajočega zemljišča k stavbi dvakratnik površine zemljišča pod stavbo, – za druge dele stavb se zemljišče ne prišteva k vrednosti nepremičnine. 	Pri izračunu vrednosti dela stavbe je upoštevana vrednost zemljišča pod stavbo.

ZMVN-1 (2017) v primerjavi z ZMVN (2006) prinaša bistvene novosti, pri čemer je najpomembnejša prednost omogočanje pravne varnosti lastnikov in večja preglednost sistema. Množično vrednotenje v Sloveniji pa bo pridobilo na pravi veljavi šele s sprejetjem Zakona o davku na nepremičnine. Prvi zakon o davku na nepremičnine (ZDavNep, 2013) je bil sprejet že leta 2013, v času vlade Alenke Bratušek, vendar ga je ustavno sodišče leta 2014 razveljavilo. V obdobju med 18. 9. 2014 in 13. 9. 2018 je bila na oblasti vlada Mira Cerarja, ki se je v koalicijski pogodbi zavezala k pripravi novega predloga Zakona o

davku na nepremičnine, aktualna vlada pa je njegovo uvedbo obljubila že v začetku mandata. Z uvedbo davka na nepremičnine naj bi se poenotil sistem obdavčitve v okviru ene dajatve, ki bi glede na aktualno zakonodajo zamenjala tri dajatve: nadomestilo za uporabo stavbnih zemljišč, davek od (nepremičnega) premoženja in pristojbino za vzdrževanje gozdnih cest. Z novim zakonom bi se obdavčitev razširila na vse vrste nepremičnin, vezana pa bi bila na enotno evidenco – evidenco vrednotenja nepremičnin. Posledično bo uveljavljen sodoben načina določanja davčne osnove na podlagi tržne vrednosti nepremičnin, preglednejših in enotnejših pravil določanja davčnih stopenj za občine, obenem bo uveljavljeno poenotenje oprostitev in olajšav (http://www.vlada.si/teme_in_projekti/davek_na_nepremicnine/, Koalicijski sporazum o sodelovanju v vladi Republike Slovenije za mandatno obdobje 2018–2022, 2018, http://www.vlada.si/o_vladi/pretekle_vlade/).

Literatura in viri:

- Gloude-mans, R. J. *Mass Appraisal of Real Property*. (1999). Chicago: International Association of Assessing Officers.
- GURS. http://www.mf.gov.si/delovna_podrocja/davki_in_carine/mnozicno_vrednotenje_nepremicnin/, pridobljeno 28. 1. 2019.
- IMF (2015). *Technical Assistance report – the 2013 property tax act: evaluation of its design and the employed mass valuation system*. http://www.mvn.e-prostor.gov.si/fileadmin/user_upload/MVN/Dokumenti/Porocila/Porocilo_IMF_Revizija_sistema_mnozicnega_vrednotenja_in_obdavcenja_v_Sloveniji.pdf, pridobljeno 6. 2. 2019.
- Mednarodni standardi ocenjevanja vrednosti (2017): 28 str. <http://www.si-revizija.si/webform/mednarodni-standardi-ocenjevanja-vrednosti-2017>, pridobljeno 11. 2. 2019.
- US (2014). Odločba o razveljavitvi Zakona o davku na nepremičnine in o ugotovitvi, da je Zakon o množičnem vrednotenju, kolikor se nanaša na množično vrednotenje nepremičnin zaradi obdavčevanja nepremičnin, v neskladju z Ustavom. Uradni list RS, št. 22/2014.
- Pravilnik o vodenju podatkov v evidenci trga nepremičnin ter načinu pošiljanja podatkov (2013). Uradni list RS, št. 51/2013.
- Smodiš, M. (2008). Postopek generalnega vrednotenja nepremičnin. *Geodetski vestnik*, 52 (4), 716–727.
- Stranka lista Marjana Šarca, Socialni demokrati, Stranka modernega centra, Stranka Alenke Bratušek, Demokratična stranka upokojeencev Slovenije (2018). Koalicijski sporazum o sodelovanju v Vladi Republike Slovenije za mandatno obdobje 2018–2022. <http://www.strankalms.si/wp-content/uploads/2018/08/Koalicijski-sporazum-o-sodelovanju-v-Vladi-Republike-Slovenije-za-mandatno-obdobje-2018%E2%80%932022.pdf>, pridobljeno 22. 7. 2019.
- Ulbi, M., Štembal, R., Smodiš, M. (2016). Razvojni model množične ocene vrednosti tržnih najemnin za pisarne. *Geodetski vestnik*, 60 (4), 627–643. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2016.04.627-643>
- Uredba (2011). Uredba o določitvi modelov vrednotenja nepremičnin. Uradni list RS, št. 95/2011, 41/2014, 77/2017.
- Vlada RS. http://www.vlada.si/teme_in_projekti/davek_na_nepremicnine/, pridobljeno 11. 2. 2019.
- Vlada RS. http://www.vlada.si/o_vladi/pretekle_vlade/, pridobljeno 22. 7. 2019.
- ZEN (2006). Zakon o evidentiranju nepremičnin. Uradni list RS, št. 47/2006, 65/2007 – odl. US, 79/2012 – odl. US, 61/2017 – ZAIID, 7/2018 in 33/2019.
- ZEN-A (2018). Zakon o spremembah in dopolnitvah Zakona o evidentiranju nepremičnin. Uradni list RS, št. 7/2018.
- ZMVN (2006). Zakon o množičnem vrednotenju nepremičnin. Uradni list RS, št. 50/2006, 87/2011, 40/2012 – ZUJF, 22/2014 – odl. US, 77/2017 – ZMVN-1 in 33/2019 – ZMVN-1A.
- ZMVN-1 (2017). Zakon o množičnem vrednotenju nepremičnin. Uradni list RS, št. 77/2007, 33/2019.
- ZMVN-1A (2019). Zakon o spremembah in dopolnitvi zakona o množičnem vrednotenju nepremičnin. Uradni list RS, št. 33/2019.
- ZUP (2006). Zakon o splošnem upravnem postopku. Uradni list RS, št. 24/2006, 105/2006 – ZUS-1, 126/2007, 65/2008, 8/2010 in 82/2013.
- ZVN. Zbirka vrednotenja nepremičnin. <http://prostor3.gov.si/zvn/zvn/ZVN.html>, pridobljeno 6. 2. 2019.



Ulbl M., Smodiš M. (2019). Prenova sistema množičnega vrednotenja nepremičnin v Sloveniji. *Geodetski vestnik*, 63 (3), 325-343.
DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2019.03.325-343>

mag. Melita Ulbl, univ. dipl. inž. geod.
Geodetska uprava Republike Slovenije
Ulica Heroja Tomšiča 2, SI-2000 Maribor
e-naslov: melita.ulbl@gov.si

mag. Martin Smodiš, univ. dipl. inž. geod.
Geodetska uprava Republike Slovenije
Zemljemerska ulica 12, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: martin.smodis@gov.si

ZAJEM NEPOZIDANIH STAVBNIH ZEMLJIŠČ Z OBJEKTNO KLASIFIKACIJO PODATKOV ORTOFOTA IN AEROLASERSKEGA SKENIRANJA

DELINEATION OF VACANT BUILDING LAND USING ORTHOPHOTO AND LIDAR DATA OBJECT CLASSIFICATION

Dejan Jenko, Mojca Foški, Kristof Oštir, Žiga Kokalj

UDK: 528.77.8+349.414:(497.4)
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01
Prispelo: 6. 2. 2018
Sprejeto: 29. 8. 2019

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2019.03.344-378
SCIENTIFIC ARTICLE
Received: 6. 2. 2018
Accepted: 29. 8. 2019

IZVLEČEK

S težavami določitve lokacije in površine nepozidanih stavbnih zemljišč se srečujejo v številnih slovenskih občinah. V prispevku je obravnavana možnost določitve nepozidanih stavbnih zemljišč s samodejnim posodabljanjem podatkov. Obravnavane metode določitve nepozidanih stavbnih zemljišč temeljijo na sloju pokrovnosti zemljišč, ki ga pridobimo z objektno klasifikacijo podatkov aerolaserskega skeniranja (ALS) in ortofota. Nepozidana stavbna zemljišča ugotavljamo z obdelavo in čiščenjem podatkov v okolju geografskih informacijskih sistemov. Metodo smo preizkusili na izbranih območjih v občini Trebnje. Sloj nepozidanih stavbnih zemljišč, pridobljen s samodejnim zajemom, smo primerjali s podatki, pridobljenimi z vizualno interpretacijo (ročnim zajemom). Ugotovili smo, da lahko s predstavljeno metodologijo samodejnega zajema nepozidanih stavbnih zemljišč pospešimo in pocenimo ročni zajem podatkov ter predvsem posodabljanje podatkov, ne moremo pa ga še popolnoma nadomestiti.

ABSTRACT

Exact data about the location and area of vacant building land have been a major issue in several Slovene municipalities. This article deals with automatic vacant building land delineation. The presented methodology is based on the object-based classification that derives the land cover layer from orthophoto and laser scanning data. With post-processing and data cleaning in GIS, we create the vacant building land layer. The methodology was tested in study areas in the Municipality of Trebnje. The results were compared to the vacant building land layer generated by visual interpretation (manual vectorisation). We found that the presented methodology of automatic delineation of vacant buildings can speed up the processing and lower the cost of manual vectorisation and, in particular, data updating but we cannot completely replace manual work.

KLJUČNE BESEDE

objektna klasifikacija, prostorsko načrtovanje, nepozidana stavbna zemljišča, ortofoto, lidar, aerolasersko skeniranje

KEY WORDS

object based classification, spatial planning, vacant building land, orthophoto, airborne lidar

1 INTRODUCTION

Sustainable spatial development is a commitment stemming from European (CEMAT, 2000) and international documents (Agenda for Sustainable Development until 2030, 2016), the Spatial Development Strategy of Slovenia (SPRS, 2004), and the Spatial Planning Act 2 (ZUreP-2, 2017). In the latter, sustainable spatial development is defined as development providing for the needs of current and future generations, taking into account the objectives of spatial planning in a way to allow for rational and efficient land use and the use of buildings, and coordinated arrangement of activities in space (Article 6 of ZUreP-2, 2017). Following the strategic spatial guidelines, spatial planning is embodied in implementing planning acts, i.e. on building plots intended for construction (Article 3 of ZUreP-2, 2017). Building land can be built-up (ground occupied by buildings) or vacant (Article 142 of ZUreP-2, 2017). Vacant building land, i.e. land where construction may take place, is relevant for spatial development. The act provides for built-up and vacant land to be entered in the Building Land Registry, meaning that this information should be acquired and serve as a basis for spatial analyses, spatial documents, and the planning of fitting-out of space and land policy measures. Currently there is no appropriate record of built-up and vacant land in Slovenia (Medved and Berk, 2019), while the municipalities that need this information the most have addressed this issue in various ways. This is being tackled through mass collection of data on inhabited land and the actual use of inhabited land (Masovni zajem ..., 2017), which was started in 2017. Now, 24% of all built-up plots in Slovenia has been recorded (Medved and Berk, 2019) and according to the work programme all land across Slovenia should be logged by the end of 2020. The website http://storitve.pis.gov.si/pis-jv/evidenca_stavbnih_zemljisc.html provides access to all recorded data for Prekmurje, south-east Slovenia, and the municipalities of Piran and Izola.

Data are acquired (Masovni zajem ..., 2017) by photointerpretation, which is supported by other data sources. The acquisition and maintenance (updating) of spatial data using the visual photointerpretation method is a demanding task, financially unfavourable, and time-consuming (Kos and Šumrada, 2013; Mesner, 2016).

Remote sensing procedures are used to ensure that the data are being updated. Object-oriented analysis is often used to identify the changes in the Earth's surface, land management, and planning (Kanjir, 2009; Mesner, 2016). The breakthrough of object-oriented analysis is attributed to the development of satellite systems reaching a spatial resolution better than 1 m (Veljanovski et al., 2011). The data acquired are useful in geographic information systems (GIS), in general and, also for the needs of spatial planning.

Object-based classification is a procedure where pixels with similar characteristics are combined into segments. In the semantic classification procedure, the segments are, based on their attributes, classified into semantic classes (Liu and Xia, 2010; Veljanovski et al., 2011). As underlined by Liu and Xia (2010), Blaschke (2010), and Yanjing (2015), segmentation should be given special attention during object-based classification. A well-designed segmentation maintains the right relationship between the size of the segments and the size of the structures on the ground, so that the segments are neither too fragmented nor too big (Kanjir, 2009; Blaschke, 2010). The segmentation and semantic classification phases are followed by post-classification, which corrects obvious errors and allows for generalisation of the results (Kokalj and Oštir, 2006; Veljanovski et al., 2011).

Many authors, from Slovenia as well, have addressed the collection of data on the land cover using object-based classification procedures. Kanjir (2009) obtained land cover based on orthophoto imagery, Grigillo (2009) and Grigillo et al. (2011) detected changes in buildings, automatically captured data on new buildings, and thus updated the topographic layer of buildings based on the digital terrain model and the orthophoto data. Švab Lenarčič (2009) and Švab Lenarčič and Oštir (2015) classified land cover based on orthophoto imagery and an airborne laser scanning (ALS) point cloud. By introducing the standard deviation of height, calculated based on laser scanning points, they qualitatively differentiated between buildings and trees, and compared the building mask with the mask created using manual delineation. Land cover delineation based on object-based classification, using orthophotos and ALS data, has also been used by Yanjing (2015) and Yongmin et al. (2011), who found that simultaneous use of orthophotos and airborne laser scanning allows for better results than the use of orthophotos or point clouds of laser scanning only. Triglav Čekada et al. (2018) used the method of automatic identification of changes to identify changes in land cover of agricultural land to speed up the procedures for the needs of recording the actual use of agricultural and forest land. Veljanovski and Kokalj (2016) successfully determined land cover from historical aerial images for the case of Breginj. Mesner (2016) studied the possibility of automatic updating of the building cadastre layer, actual land use, and land cover based on orthophotos and drew up the conclusion that automatic recognition procedures reached a level allowing for detection of changes and updating of layers, paired with the supervision of the operator.

This paper examines the problems related to determining vacant building land. Up-to-date information on vacant building land is the basic condition for implementing development activities of local communities, thus providing support to spatial planning (Article 252, ZUreP-2, 2017). The described methods of determining built-up and vacant building plots are based on the procedure of object-based classification of remote sensing data and the processing in a geographic information system. Land cover is determined in the first stage of using the orthophoto imagery and the ALS cloud point. Along with the municipal spatial plan, the land cover layer is used to determine vacant building land, which is then refined using selected criteria. The automatically obtained layer of vacant building land was compared to the layer obtained using visual interpretation, where we found that automatic delineation, along with the operator's visual checking (and any possible corrections) can significantly speed up, and lower the costs of, data acquisition and maintenance, rather than completely replace the manual delineation.

2 WORKING METHODS

2.1 Data and study area

Land cover determination is based on orthophoto and infrared orthophoto data, both in a spatial resolution of 0.5 m. The photos covering the study area were captured in May 2014 (GURS, 2016). We also used an ALS point cloud with a density of five points per square kilometre (ARSO, 2016). These layers are the source data for object-based classification. For the needs of analysis in a GIS environment and vacant building land delineation, we used the land cadastre depiction (GURS, 2016) and the layer of the Municipality of Trebnje's Municipal Spatial Plan (OPN občine Trebnje, 2013).

We analysed three study areas in the Municipality of Trebnje, which differ as to the type of settlement.

The first area (Figure 1) includes part of the built-up area of Trebnje with the old town centre with central and service activities, old apartment buildings, and railway. On the northern outskirts of the town, there are mostly single-dwelling family houses, and in the north-eastern part there is a business zone. The second area is the aggregated rural settlement Veliki Gaber (Figure 2), with residential, agricultural, and simple structures, clustered along the main thoroughfare, surrounded by agricultural land. The third area includes the settlement of Lisec, which is a typical winegrowing area with a distinctly dispersed settlement typology and a diverse relief (Figure 3).



Figure 1: Study area Trebnje (GURS, 2016).



Figure 2: Study area Veliki Gaber (GURS, 2016).



Figure 3: Study area Lisec (GURS, 2016).

Data analysis and object-based classification were done using ENVI 5.3, ENVI LiDAR 5.3, and LAStools 2017 software. Further processing and determination of vacant building land were done in ArcGIS 10.3 (ESRI). Geometric analyses of land cover in individual plots were done using a Python script, while the results are recorded in the SQLite database.

2.2 Determination of land cover and vacant building land

The first step is to generate a land cover layer. Before the object-based classification, the source data (described in chapter 2.1 Data and research area) were used to produce the digital terrain model (DTM) and digital surface model (DSM) of a resolution of 0.5 m. In the 0.5-m resolution raster grid we calculated the standard deviation in height, which was used to distinguish between buildings and trees. By subtraction of DSM and DTM layers, we calculated the normalised digital surface model (nDMS), which gives the heights of structures above the ground and allows for recognition of bridges, which are, based solely on the standard deviation in height, incorrectly classified in the class of buildings.

Based on the rules, land cover for six classes was determined in ENVI using object-based classification: grassland, cropland, urban and built-up land, buildings, forest, and water. The first step of the classification is segmentation, where an iterative approach for parameter optimisation was used. We used an edge-based segmentation algorithm, yielding the best results according to the visual analysis. The segmentation was done in all three colour channels in the visible spectrum and the IR channel of the orthophotos. The classification rules were then developed. We mostly analysed spectral and textural attributes, and by using the selected statistics of attributes we determined the limit values of the classification classes. The object-based classification was done for each area with the predefined set of rules. As a result, we

obtained a land cover layer in the raster format which we converted into the vector format and then joined the adjacent polygons of the same classification class.

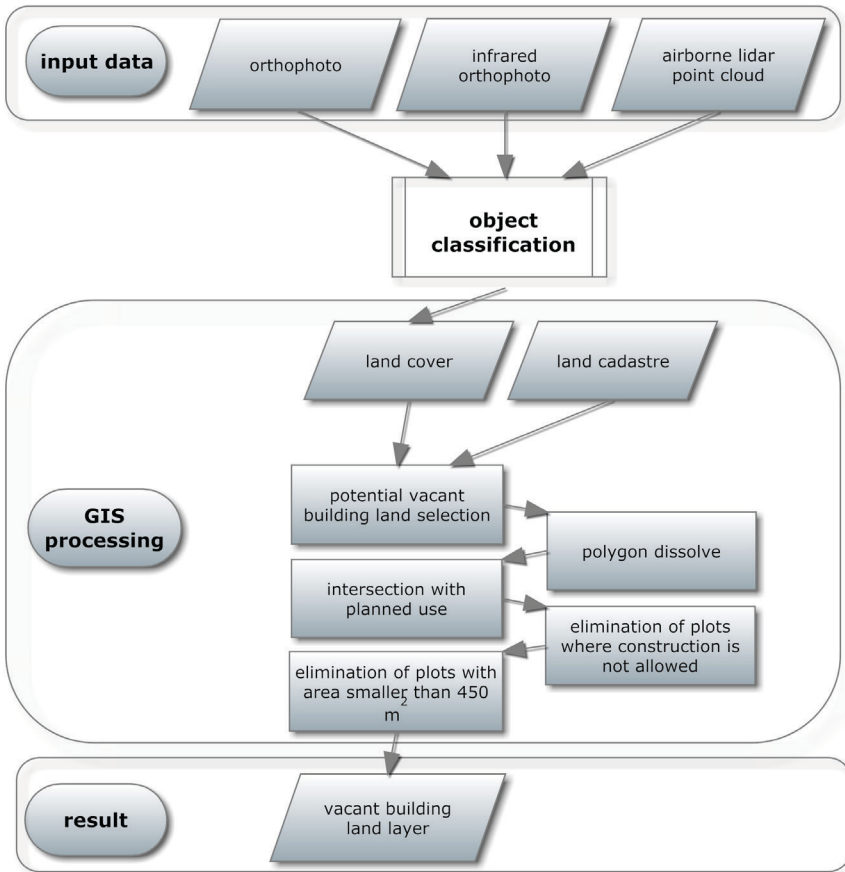


Figure 4: Working method chart

Land cover was assigned to the land plots based on the intersection of the land cover layer and the land cadastre depiction layer. We exported the data table of the intersection layer, which provides input to the Python script used to analyse each plot. Based on the land cover classes we determined the shares of built-up land (class of buildings), paved surfaces (share of urban and built-up land) and vacant land (classes: grassland, cropland, and forest). After reviewing the results, we determined that a potentially vacant building plot makes up an area whose land cover is comprised of buildings or built-up land to less than 10%. By considering this criterion we selected the potentially vacant plots, combined the adjacent polygons, and intersected them with the municipal spatial plan. We excluded the plots where construction, in line with the Municipal Spatial Plan, is not permitted (other zoned land use: residential areas, areas of central activities, production activities, and special areas). In the last step we excluded vacant building plots with a surface less than 450 m², which equals the smallest surface of a building plot for residential construction (OPN občine Trebnje, 2013). This exclusion criterion was used in all types of zoned land use. The data processing procedure is shown in the diagram (Figure 4).

2.3 Quality control

Quality control was done in both layers – the land cover layer and the vacant building land layer.

2.3.1 Land cover layer control

The land cover layer quality was estimated using the method of visual interpretation of random segments. The segments were selected using stratified sampling, where in each class we selected 50 random segments. The exception is the class water, where all segments were classified. We assessed the following accuracy measures: the confusion matrix, total accuracy, kappa coefficient, manufacturer’s accuracy, and user’s accuracy.

The confusion matrix is a cross-tabulation of the benchmark data against the classification results. The confusion matrix is used to calculate various statistics for estimating accuracy. The total accuracy means the relationship between correctly classified segments and all control segments and expresses the percentage of classification accuracy. The kappa coefficient is the statistical measure of a classification’s precision. It is based on the comparison of the studied and random classification and can capture the values at an interval [0,1]. The value of coefficient 0.5 means that the classification used allowed for 50% better results than a random classification (Kanjir, 2009; Veljanovski et al., 2011). The kappa coefficient is calculated as (Lillesand in sod., 2004):

$$\kappa = \frac{N \sum_{n=1}^r x_{nn} - \sum_{n=1}^r (x_{n+} \cdot x_{+n})}{N^2 - \sum_{n=1}^r (x_{n+} \cdot x_{+n})} \tag{1}$$

where r is the number of rows in the confusion matrix, N is the number of all pixels in the matrix, x_{nn} is the sum of the diagonal of the confusion matrix, x_{n+} is the sum of the values of the n -th row, x_{+n} is the sum of the values of the n -th column.

The relationship between correctly classified segments related to the benchmarks expresses the manufacturer's accuracy:

$$NP = \frac{n_{prav.}}{n_{ref.}} \tag{2}$$

The reliability of the results is assessed given of their accuracy for the user, i.e. the relationship of correctly classified segments as regards the total number of segments in a class (Oštir, 2006):

$$NU = \frac{n_{prav.}}{n_{seg.}} \tag{3}$$

These are statistical estimations, where the first one describes the percentage of correctly classified segments of a class relative to the benchmark data, while the other is a measure of reliability and expresses the percentage of correctly classified segments that match the actual situation.

2.3.2 Quality control of the vacant building land layer

The layer of vacant building land acquired using automatic delineation was visually checked, and we tried to detect obvious errors. This layer was then intersected with the layer of vacant building land acquired using the photointerpretation method.

The vacant building land layer, acquired using the photointerpretation method, was based on the data of orthophoto imagery captured in 2014, the land cadastre, and the real-estate registry. Because of this we can assume the semantic conformity of both layers of vacant building land. The criteria for delineating vacant building land using photointerpretation were the plot's surface area, shape, and vacancy (i.e. the lack of a building). The congruence of both layers of vacant building land was compared using an intersection of the layers and the calculation of the balance of vacant land.

3 RESULTS AND ANALYSIS

Figures 5–10 show the results of determining land cover and the vacant building land layer for all three selected study areas (Trebnje, Veliki Gaber, and Liseč). The visual checking of the land cover in Trebnje (Figure 5) does not reveal any obvious errors, except for an elongated plot at the north-eastern brink of the settlement, which is classified as a built-up area, while according to its shape we conclude that it is cropland. This is confirmed by Figure 6 where it is evident that the parcel is in fact cropland.



Figure 5: Land cover – study area Trebnje.

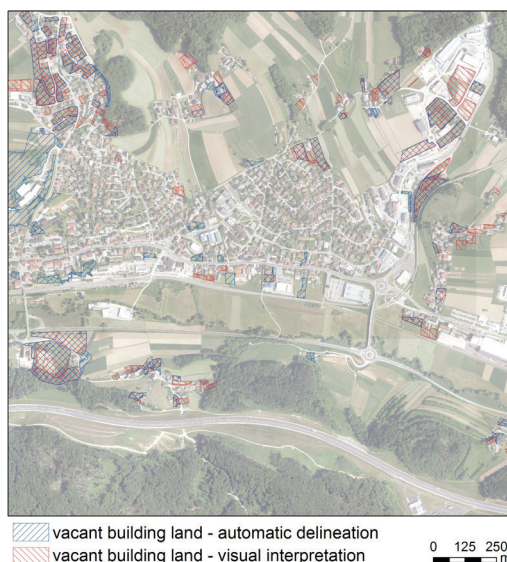


Figure 6: Vacant building land – study area Trebnje.

There are some potential errors in Figure 7, which shows the results of land cover identification in study area Veliki Gaber. These are mainly incorrect classifications of cropland, classified instead as urban and built-up land (several plots in western and north-western parts of the settlement).

Land cover of study area Liseč (Figure 9) is mostly represented by forest, while no major or obvious errors were detected during the review.

The land cover layer quality control is shown in Table 1. The land cover layer shows high overall accuracy of the first study area (Trebnje), which is 90.8% and can be characterised according to Oštir (2006) as good. The quality assessment of the classification was done using the kappa coefficient, i.e. 88.8%, which means that the given classification reached 88.8% better results than if a random classification had been

used. A comparable accuracy was also reached in study area Lisec (with a total accuracy of 88.4%, and the kappa index of 85.6%). The lowest accuracy was achieved in study area Veliki Gaber, which with a total accuracy of 82.0% managed to get a satisfactory grade (Oštir, 2006).

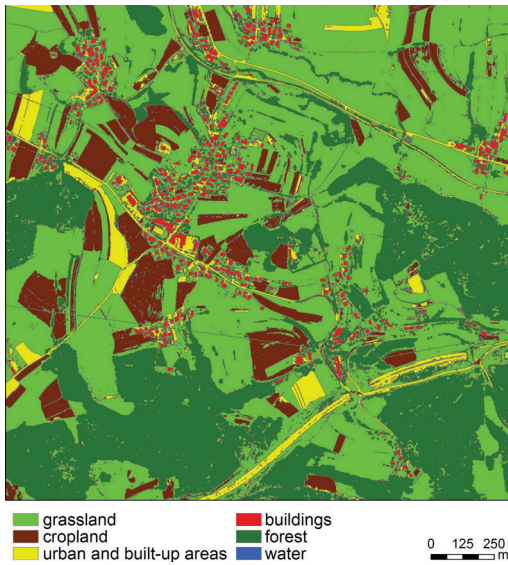


Figure 7: Land cover – study area Veliki Gaber.

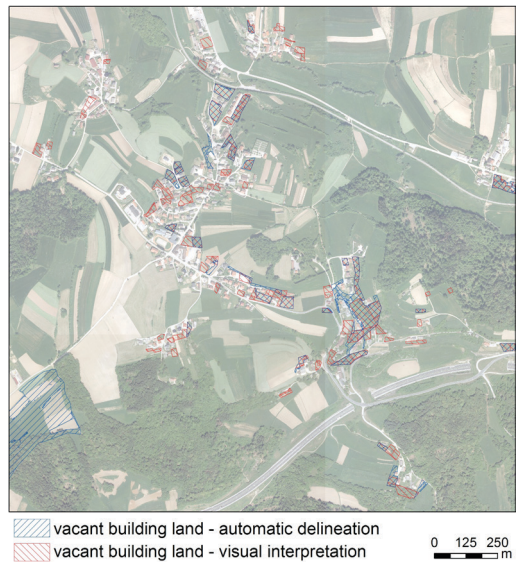


Figure 8: Vacant building land – study area Veliki Gaber.

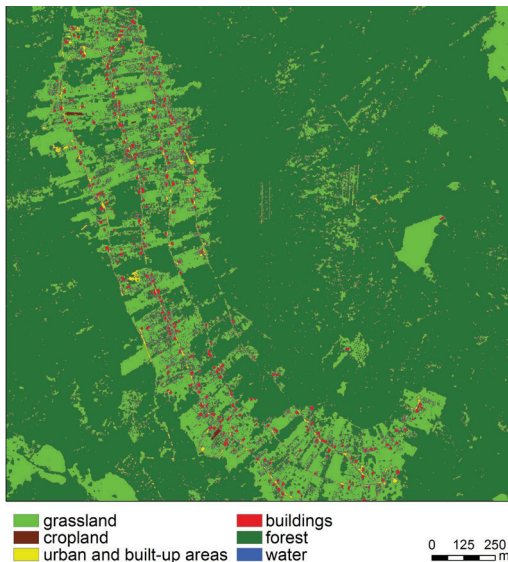


Figure 9: Land cover – study area Lisec.

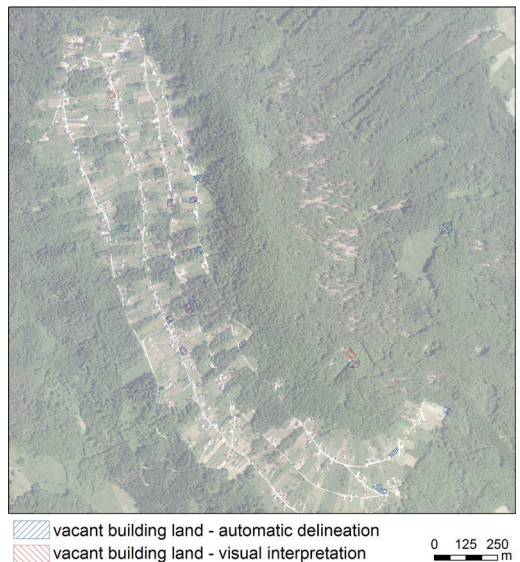


Figure 10: Vacant building land – study area Lisec.

Table 1: Quality control of the classification results

	Study area		
	Trebnje	Veliki Gaber	Lisec
Benchmark points	272	250	250
Correctly classified points	247	205	221
Overall accuracy (%)	90.8	82.0	88.4
Kappa	0.888	0.761	0.856

Tables 2, 3, and 4 show the confusion matrix of all three study areas by land cover classes. The classification of buildings and trees is of high quality, which is the consequence of classification using airborne laser scanning. The standard deviation in height proved to be a reliable parameter, based on which we could distinguish, with a high degree of fidelity, between the classes of buildings and trees. There are practically no errors in these classes. In the study area of Trebnje we identified two cases of incorrect classification of buildings and three cases of incorrect classification of forests (i.e. 20% of all incorrect classifications). Four cases of the described incorrect classifications (two classifications of buildings in the class of forests and two classifications of forests in the class of buildings) showed that the distinction based on the standard deviation is not completely reliable. Such cases occur particularly at the edges of roofs. There some laser beams are reflected off the ground and some off the roof, which is expressed in a higher standard deviation in height and, as a consequence, an incorrect classification. Similar results of classification quality of these two classes were achieved also in study areas Veliki Gaber and Lisec. The most errors in classifications of the class of buildings are detected in study area Lisec with six cases (21% of total incorrect classifications).

In terms of the distribution of incorrect classifications of the rest of the land cover classes, the closest are study areas Trebnje and Lisec, where in each classification class there are on average five incorrect classifications. The class of roads in study area Lisec also exhibits negative results, where there are as many as 12 incorrect classifications as well as several incorrect classifications in the class of buildings (five classifications as forest).

The worst accuracy in classification was found in study area Veliki Gaber, which in terms of classification into classes of forest and buildings does not stand out from the other two study areas, but there are significantly more errors in the classification into grassland, cropland, and roads. Some of the incorrect classifications of cropland into the class of grassland, and vice versa, (a total of six cases) are the result of overgrown cropland. In such cases even two independent operators would visually interpret the information differently and assign different classifications, which is also recognised in the delineation of actual land use in agricultural and forest land; data are therefore checked using the four-eyes principles (i.e. by two operators) (Mesner et al., 2018).

Based on the confusion matrix, the manufacturer's and user's accuracy is estimated (Tables 5, 6 and 7). In the study area of Trebnje the worst reliability was achieved in the classes of grassland (87.3%) and roads (78.2%). The class of buildings reached high reliability, i.e. 98%, while the reliability of the class forest was only by 0.1% lower. The classes of buildings and forest in study area Veliki Gaber achieved comparable results to those in study area Trebnje. Considerably lower results were achieved in the classes

of grassland and cropland (the former only 67.8% and the latter 75.5%), while the reliability of the class of roads is comparable to the reliability of this class in study area Trebnje.

Table 2: Confusion matrix – study area Trebnje

Class	1	2	3	4	5	6	Total classified
1 Travniki	48	3	3		1	1	56
2 Grassland		43	3				46
3 Cropland	2	3	43			3	51
4 Urban and built-up areas			1	48	2		51
5 Buildings		1		2	47		50
6 Forest						18	18
Total – benchmark	Water	50	50	50	50	22	272

Table 3: Confusion matrix – study area Veliki Gaber

Class	1	2	3	4	5	6	Total classified
1 Grassland	40	10	9				59
2 Cropland	5	37	7				49
3 Urban and built-up areas	5	3	34		1		43
4 Buildings				48	3		51
5 Forest				2	46		48
6 Water						0	0
Total – benchmark	50	50	50	50	50	0	250

Table 4: Confusion matrix – study area Liseč

Class	1	2	3	4	5	6	Total classified
1 Grassland	45	3	2				50
2 Cropland	1	42	7		1		51
3 Urban and built-up areas	3	2	41				46
4 Buildings				45	1		46
5 Forest	1	3		5	48		57
6 Water						0	0
Total – benchmark	50	50	50	50	50	0	0

The results of the study area Liseč are, according to the overall accuracy, i.e. 88.4%, comparable to the results in study area Trebnje. In Table 5 we can observe three incorrect classifications, where cropland is classified as forest. This mostly involves cases of vineyards where because of the vines the standard deviation in height is higher, and the area is classified in the class of forests.

Regarding the reliability of the result obtained, the class of buildings stands out, as it achieved the worst reliability in the Veliki Gaber study area (94.1%). Similar results were achieved in the class of forests, while considerable differences are noticed in study area Liseč, where the reliability of the class is 84.2%. This was mostly the consequence of five cases of incorrect classification of buildings and three cases of incorrect classification of cropland segments. The class of roads in all three study areas reached comparable reliability with a range of only 2.7% (the highest and lowest values are 78.2% and 75.5%, respectively).

Table 5: Manufacturer's and user's accuracy – study area Trebnje

Class	Benchmark points	Classified points	Correctly classified points	Manufacturer's accuracy (%)	User's accuracy (%)
Grassland	50	56	48	96.0	87.3
Cropland	50	46	43	86.0	91.5
Urban and built-up areas	50	51	43	86.0	78.2
Buildings	50	51	48	96.0	98.0
Forest	50	50	47	94.0	97.9
Water	22	18	18	81.8	100.0
Total	272	272	247		

Table 6: Manufacturer's and user's accuracy – study area Veliki Gaber

Class	Benchmark points	Classified points	Correctly classified points	Manufacturer's accuracy (%)	User's accuracy (%)
Grassland	50	59	40	80.0	67.8
Cropland	50	49	37	74.0	75.5
Urban and built-up areas	50	43	34	68.0	79.1
Buildings	50	51	48	96.0	94.1
Forest	50	48	46	92.0	95.8
Water	0	0	0	N/A	N/A
Total	250	250	205		

Table 7: Manufacturer's and user's accuracy – study area Lisec

Class	Benchmark points	Classified points	Correctly classified points	Manufacturer's accuracy (%)	User's accuracy (%)
Grassland	50	50	45	90	90
Cropland	50	51	42	84	77.8
Urban and built-up areas	50	46	41	82	89.1
Buildings	50	46	45	90	97.8
Forest	50	57	48	96	84.2
Water	0	0	0	N/A	N/A
Total	250	250	221		

Comparison of automatic delineation of vacant building land and the delineation using the photointerpretation method is shown in Figures 6, 8, and 10. We observe that in study area Trebnje (Figure 6) the polygons of vacant building land agree well; we also draw attention to a large area of vacant building land in NW part of Trebnje, which is specified in Figure 11 (left section above). The figure shows in more detail the area south of the Ljubljana–Zagreb regional road (section right above) and part of vacant building land in an industrial zone (section left below). In this section, we notice an obvious divergence in the layers of automatic and manual capture of vacant building land – this case is analysed in detail below.

Some coinciding cases of vacant building land were identified in the study area Veliki Gaber (Figure 8). A more detailed illustration of the selected sections of both layers of vacant building land is shown in Figure 12. The section left above shows the overlapping of the layers in the NW part of the study area,

while the right section above shows the area in the central part of Veliki Gaber and the right section below the area in the SE part of Veliki Gaber. We did not prepare more detailed sections for study area Lisec, as there are not many vacant building plots; the comparison of both layers of vacant building land is shown in Figure 10.

Table 8: Comparison of vacant building land using visual interpretation and automatic delineation, respectively.

	Visual interpretation [ha]	Automatic delineation [ha]	Share (%)
Study area Trebnje	181.3	123.2	68.0
Study area Veliki Gaber	95.1	50.3	52.9
Study area Lisec	5.3	3.6	68.0



Figure 11: Detailed sections of vacant building land with the results of automatic delineation and photointerpretation – study area Trebnje.



Figure 12: Detailed sections of vacant building land with the results of automatic delineation and photointerpretation – study area Veliki Gaber.

Using the photointerpretation method, in study area Trebnje 181.2 ha of vacant building land was identified, of which 123.2 ha was successfully identified using automatic delineation (Table 8). An identical result was obtained in the study area Lisec, where there are very few vacant building plots. The worst result was achieved in the Veliki Gaber study area.

Table 9 contains data on the balance of vacant building land, broken down into classes of detailed zoned land use from the Municipal Spatial Plan of Trebnje (OPN občine Trebnje, 2013). We see that in study areas Trebnje and Veliki Gaber most vacant building land is in residential areas, while major surfaces of vacant building land are also in areas of production activities. By taking into account the shares of identified vacant building land in relation to detailed zoned land use, we see that there are no significant

deviations in the quality of identification. In most cases, an identification accuracy over 50% was achieved. The actual share of correctly identified vacant building land in study areas of Trebnje and Lisec was 68% and in the study area Veliki Gaber a 52.9% accuracy was achieved (Table 9).

These shares of correctly identified vacant building land are not surprising. In study areas of Trebnje and Lisec, where land cover was determined with high accuracy (i.e. 90%), in 68% of cases the vacant building land layer was congruent with the manual delineation. In study area Veliki Gaber, where the correctness of the land cover layer was lower, this is indirectly reflected in the lower share of correctly recognised vacant building land.

Table 9: The balance of areas of vacant building land related to detailed zone land use from the Municipality of Trebnje's Municipal Spatial Plan (2013)

		Dispersed settlement areas (A)	Special areas (B)	Areas of central activities (C)	Areas of production activities (I)	Residential areas (S)
Study area Trebnje	visual interpretation [ha]	N/A	32,1	N/A	48.1	101.0
	automatic delineation [ha]	N/A	31.9	N/A	27.0	64.3
	share (%)	N/A	99	N/A	56	64
Study area Veliki Gaber	visual interpretation [ha]	1.1	N/A	2.8	N/A	91.3
	automatic delineation [ha]	0.5	N/A	1.4	N/A	48.5
	share (%)	45	N/A	50	N/A	53
Study area Lisec	visual interpretation [ha]	3.9	N/A	N/A	N/A	1.4
	automatic delineation [ha]	3.1	N/A	N/A	N/A	0.5
	share (%)	80	N/A	N/A	N/A	36

4 DISCUSSION

The presented methodology for identifying vacant building land has provided, despite some irregularities, some promising and useful results.

The discrepancies between both methods of delineating vacant building plots occur particularly where vacant building plots are of a conditionally suitable shape (e.g. narrow and elongated plots), which however in terms of their surface satisfy the criterion for their classification under vacant building land (450 m² for the Municipality of Trebnje). An operator who would delineate vacant building land, based on photointerpretation would not classify plots of inadequate shape as land suitable for construction. In automatic delineation of vacant building land the algorithm did not check the shape of building plots, but only their surface area, which caused discrepancies between the two delineations. Error elimination in such cases is in the next step left to the operator; nevertheless the algorithm could be upgraded to identify the appropriate plot shape.

Another kind of incongruence is the result of limitations of the algorithm of automatic recognition of vacant building plots due to their classification in the wrong land cover class. Land cover of the central part of the industrial zone in the NE part of the Trebnje study area (left section above on Figure 13) is a paved surface (macadam parking area or a handling area). Using the object-based classification, the

area was (mostly) correctly classified in the class of built-up land (section left below in Figure 13), which directly caused that the area was not identified during the automatic delineation of vacant building land. In the manual delineation, the area was identified as vacant building land (Figure 6 – plots in the NE part of the figure).

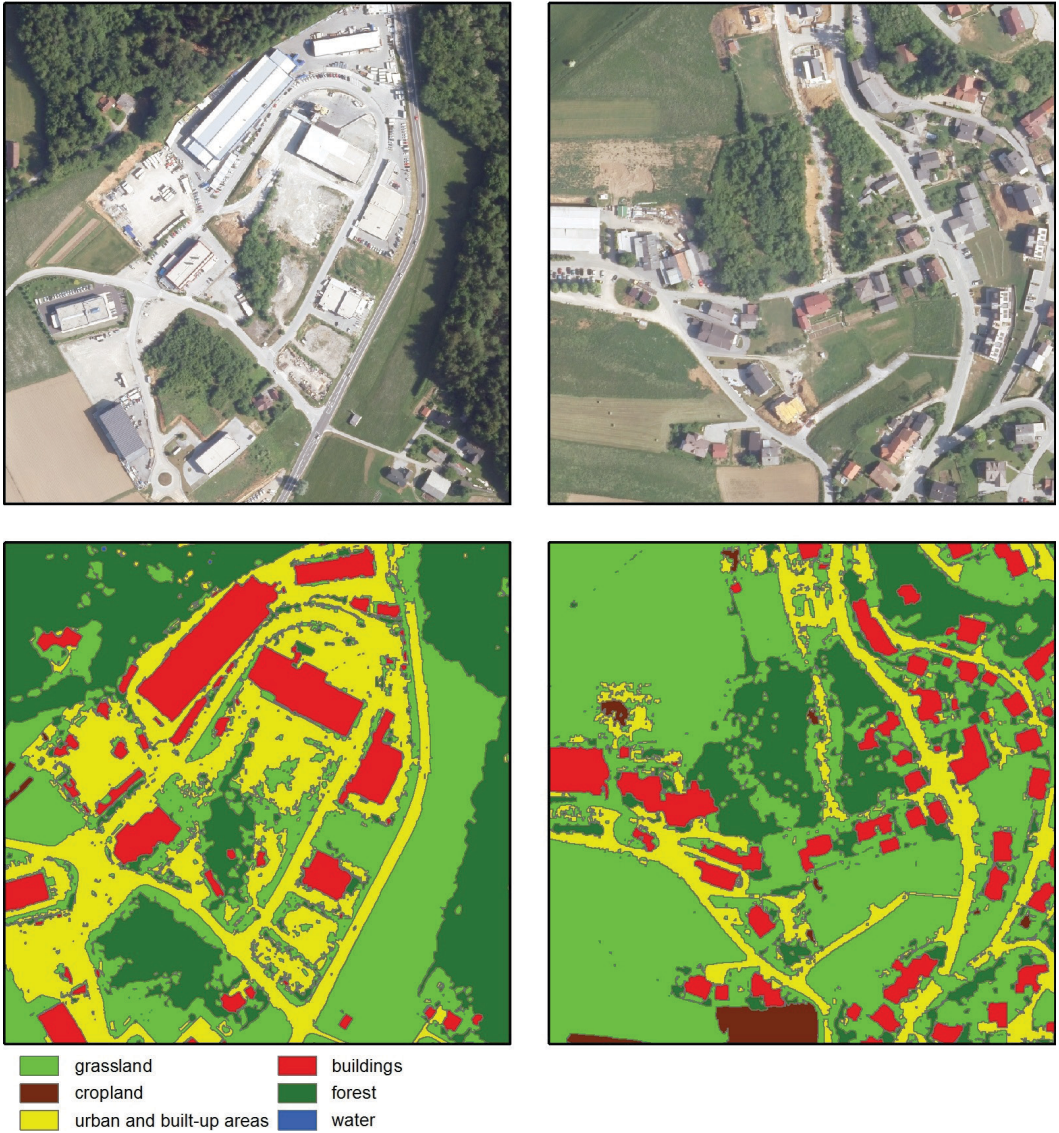


Figure 13: Detailed orthophoto and land cover sections – study area Trebnje.

Let us also underline the case at the westernmost border of the Trebnje study area (Figure 5), which is shown in more detail in the right section above in Figure 13. This is not due to an error in the procedure of identifying vacant building land, but rather due to an error in the object-based classification procedure. In the object-based classification procedure, abandoned cropland was classified either as built-up

land, cropland, or grassland (right section below in Figure 13). In the further processing we found that the share of built-up land makes up more than 10% of the total surface of the plot and falls under the exclusion criterion, i.e. the reason why the plot was not identified as vacant building land. The deviation of both layers of vacant building land, in this case, is shown in Figure 6 (see the plots along the western edge of the image).

5 CONCLUSIONS

The setting-up and maintenance of vacant building land layers in municipalities is still manual, based on photointerpretation and using orthophoto imagery, the real-estate registry, the land cadastre, current spatial documents, and other auxiliary layers. Such a procedure is used also in the mass collection of data on inhabited areas and the actual use of inhabited land (Masovni zajem..., 2017), which is time and financially consuming.

This paper deals with the development of a methodological approach to automatic identification of vacant building land, which is based on the object-based classification procedure using the ALS point cloud, orthophoto and infrared orthophoto images, and the later processing in GIS. In the first step we obtain the vector layer of land cover, which is used through the combined application of the municipal spatial plan and the land cadastre depiction to determine vacant building plots. This approach made it possible to identify as much as 68% vacant building land in study areas Trebnje and Lisec delineated manually, while there were 52% of such plots in study area Veliki Gaber.

The object-based classification procedures per se do not cause problems and are developed enough for such an application, as evidenced by the quality of the classification. The highest reliability of the classification is obtained by the classes of buildings and forest, while grassland was classified with somewhat lower reliability. Most problems occur in the classification into the classes of roads and cropland. This does not come as a surprise, as both roads and cropland have very diverse spectral signatures and are frequently shaded or partially covered by tree canopies, which makes the identification more difficult.

The quality of determining vacant building land directly depends on the quality of land cover determination. In the study area Trebnje, the land cover layer with 90.8% of correctly classified segments was certainly of better quality for further use. Something similar can be said for study area Lisec, while in study area Veliki Gaber most errors in identifying vacant building plots are attributed to the lower quality of determining the land cover layer. The procedure of determining vacant building land based on the intersection of the layers of land cover and the municipal spatial plan is plot-oriented – for each plot the shares of built-up or vacant land are calculated. The criterion for distinguishing between built-up and vacant plots was determined experientially and should be determined in more detail in the future. According to the diversity of settlement in Slovenia, the criteria would probably vary among the municipalities and also depend of the individual settlements.

With narrow and elongated vacant building plots and other irregular shapes, the automatic procedure has been found to be unreliable. In such cases the assessment by an expert classifier is necessary, and further research should be directed toward developing reliable classification rules, which are the basic condition for good results. In this study we did not address the development of criteria and geometric rules for plot shapes, which could be used to exclude plots of inadequate shapes, such as narrow or elongated

vacant building plots; nevertheless attempts have been made to define the shapes of plots in agricultural land (Foški, 2017; Foški, 2019).

The presented methodology does not attain reliability high enough to be able to exclude the critical review of an operator. The visual checking of the results is not intended to eliminate errors of the automatic procedure but rather to allow for critical professional assessment of various cases. Similar conclusions were drawn by Čekada et al. (2018) who find that with automatic delineation in a two-stage procedure, where in the first stage the data of automatic acquisition are prepared and in the second stage the operator checks and critically assesses the data, the visual photointerpretation procedures are considerably accelerated along with achieving a comparable level of data quality.

The described method was used both in the first vacant building land delineation and during the later updating of the layer. The upgrading of the layer is possible with new input data (orthophotos, infrared orthophotos, airborne laser scanning point clouds, and spatial planning documents), coupled with the visual inspection of the results and error corrections. The advantages of automatic over manual delineation are related to time and financial savings and, conditionally, in the objectiveness of the acquisition.

It would therefore, be reasonable to test the methodology in a greater test area and in an area where mass collection of data on inhabited areas and the actual use of inhabited land had already been done. Based on the findings, it would be necessary to think about how to include automatic identification of changes in building land into the maintenance of the emerging data layer. We believe that in the future the shares of manual delineation and visual interpretation of remote sensing images will reduce and will be complemented with automatic classification.

Acknowledgements

This research work was done as part of basic research projects J2-9251: M3Sat – Methodology of Multitemporal Multisensor Satellite Image Analysis and J6-9395: High-resolution drought monitoring based on satellite and ground data, and research programme P2-0406: Earth Observation and Geoinformatics, funded by the Slovenian Research Agency (ARRS) from the national budget.

Literature and references:

- Blaschke, T. (2010). Object based image analysis for remote sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 65, 2–16. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2009.06.004>
- Agenda za trajnostni razvoj do leta 2030 (2016). Združeni narodi. http://www.svrk.gov.si/si/delovna_podrocja/razvojno_nacrtovanje/slovenija_in_agenda_2030, accessed 10.June 019.
- ARSO (2016). Podatkovna zbirka laserskega skeniranja. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje.
- CEMAT (2000). Vodilna načela za trajnostni prostorski razvoj evropske celine. *Evropska svet*. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor.
- Foški, M. (2017). Določanje parcelnih vzorcev in analiza njihovega spreminjanja v slovenskem podeželskem prostoru. Doktorska disertacija. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- Foški, M. (2019). Using the parcel shape index to determine arable land division types. *Acta Geographica Slovenica*, 59 (1), 83–101. DOI: <https://doi.org/10.3986/AGS.4574>
- Grigillo, D. (2009). Samodejno odkrivanje stavb na visokoločljivostnih slikovnih virih za potrebe vzdrževanja topografskih podatkov. Doktorska disertacija. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
- Grigillo, D., Kosmatin Fras, M., Petrovič, D. (2011). Samodejen zajem in iskanje sprememb v topografskem sloju stavb iz digitalnega modela površja in multispektralnega ortofota. *Geodetski vestnik*, 55 (1), 11–27. DOI: <http://dx.doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2011.01.011-027>
- GURS (2016). Podatkovna zbirka zemljiškokatastrskega prikaza. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor, Geodetska uprava Republike Slovenije.
- Kanjir, U. (2009). Objektna klasifikacija rabe tal iz podatkov daljinskega zaznavanja.

Diplomska naloga. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

Kokalj, Ž., Oštir, K. (2006). Ugotavljanje pokrovnosti Slovenije iz satelitskih posnetkov Landsat. *Geografski vestnik*, 78 (2), 85–95.

Kos, M., Šumrada, R. (2013). Primeri izvajanja direktive INSPIRE in izvedbe sistema metapodatkov v Sloveniji in Švici. *Geodetski vestnik*, 57 (1), 25–45. DOI: <http://www.geodetski-vestnik.com/en/11-clanki-doi/142-gv57-1-kos>, accessed 10 June 2019.

Lillesand, T. M., Kiefer, R. W., Chipman, J. W. (2004). *Remote Sensing and Image Interpretation*. 5. izdaja. New York: John Wiley and Sons, Inc.

Liu, D., in Xia, F. (2010). Assessing object-based classification: advantages and limitations. *Remote Sensing Letters*, 1 (4), 187–194. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/01431161003743173>

Masovni zajem poseljenih zemljišč in dejanske rabe poseljenih zemljišč (2017). Tehnična dokumentacija. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor, Geodetska uprava Republike Slovenije.

Medved, K., Berk, S. (2019). Množični zajem podatkov in vzpostavitev evidence stavbnih zemljišč. *Geodetski vestnik*, 63 (2), 287.

Mesner, N. (2016). Analiza možnosti uporabe samodejne klasifikacije podobe za vzdrževanje prostorskih podatkovnih zbirk. Magistrska naloga. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

Mesner, N., Mangafič, A., Tič, K., Valjanovski, T., Kanjir, U., Đurič, N., Foški, M., Triglav Čekada, M. (2018). Rezultati projekta: Samodejni postopki identifikacije sprememb dejanske rabe kmetijskih zemljišč. *Geodetski vestnik*, 62 (3), 501–509. http://www.geodetski-vestnik.com/62/3/gv62-3_mesner.pdf, accessed 10 June 2019.

OPN Občine Trebnje. (2013). Odlok o občinskem prostorskem načrtu Občine Trebnje, Uradni list RS, št. 50/2013.

Oštir, K. (2006). Daljinsko zaznavanje. Ljubljana: ZRC SAZU, Inštitut za antropološke in prostorske študije.

SPRS (2004). Strategija prostorskega razvoja Slovenije. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor.

Švab Lenarčič, A. (2009). Uporaba lidarskih podatkov za klasifikacijo pokrovnosti. Magistrska naloga. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

Švab Lenarčič, A., Oštir, K. (2015). Uporaba lidarskih podatkov za klasifikacijo pokrovnosti. Ljubljana: ZRC SAZU, Inštitut za antropološke in prostorske študije.

Triglav Čekada, M., Mesner, N., Tič, K., Bric, V., Meža, S., Radovan, D., Mangafič, A., Valjanovski, T., Kanjir U., Pehani, P., Kokalj, Ž., Oštir, K., Foški, M., Zavodnik Lamovšek, A. (2018). CRPV2-1620: Samodejni postopki identifikacije sprememb dejanske rabe kmetijskih zemljišč. Zaključno poročilo. Ljubljana: Geodetski inštitut Slovenije. <http://www.gis.si/en/predstavitev-projektov/v2-1620>, accessed 10 June 2019.

Veljanovski, T., Kanjir, U., Oštir, K. (2011). Objektno usmerjena analiza podatkov daljinskega zaznavanja. *Geodetski vestnik*, 55 (4), 641–664. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2011.04.641-664>

Veljanovski, T., Kokalj Ž. (2016). Slikovna retrospektiva porušenega Breginja in analiza pokrajinskih sprememb. http://www.sdjt.si/wp/wp-content/uploads/2016/09/JTDH-2016_Veljanovski-Kokalj_Slikovna-retrospektiva-porusenega-Breginja.pdf, accessed 1 July 2019.

Yanjing, J. (2015). Object-based Land Cover Classification with Orthophoto and LIDAR data. Master of Science Thesis in Geoinformatics. Stockholm: School of Architecture and Built Environment. Royal Institute of Technology (KTH).

Yongmin, K., Youkyung, H., Younggi, B., Jaewan, C., Dongyeob, H., Yongil, K. (2011). Object-based classification of an urban area through a combination of aerial image and airborne lidar data. ASPRS 2011 Annual Conferene, Milwaukee, Wisconsin.

ZURP-2 (2017). Zakon o urejanju prostora 2. Uradni list RS, št. 61/2017.

Jenko D., Foški M., Oštir K., Kokalj Ž. (2019). Delineation of vacant building land using orthophoto and LIDAR data object classification. *Geodetski vestnik*, 63 (3), 344–378.

DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2019.03.344-378>

ZAJEM NEPOZIDANIH STAVBNIH ZEMLJIŠČ Z OBJEKTNO KLASIFIKACIJO PODATKOV ORTOFOTA IN AEROLASERSKEGA SKENIRANJA

OSNOVNE INFORMACIJE O ČLANKU:
GLEJ STRAN 344

1 UVOD

Trajnostni prostorski razvoj je zaveza, ki izhaja iz evropskih (CEMAT, 2000) in svetovnih dokumentov (Agenda za trajnostni razvoj do leta 2030, 2016), pa tudi iz Strategije prostorskega razvoja Slovenije (SPRS, 2004) in Zakona o urejanju prostora 2 (ZUreP-2, 2017). Slednji ga opredeljuje kot razvoj, ki ob upoštevanju ciljev urejanja prostora omogoča zadovoljevanje potreb sedanjih in prihodnjih generacij, in to tako, da zagotavljamo racionalno in učinkovito rabo zemljišč in objektov in usklajeno razmestitev dejavnosti v prostoru (6. člen ZUreP-2, 2017). Prostorski razvoj se na podlagi strateških prostorskih usmeritev udejanja v izvedbenih planskih aktih, in to na stavbnih zemljiščih, ki so namenjena graditvi objektov (3. člen ZUreP-2, 2017). Stavbna zemljišča so lahko pozidana zemljišča (na katerih so že objekti) in nepozidana zemljišča (142. člen ZUreP-2, 2017). Za razvoj prostora so pomembna nepozidana stavbna zemljišča, na katerih se lahko izvaja gradnja. Z zakonom je predvideno, da se pozidana in nepozidana zemljišča vodijo v evidenci stavbnih zemljišč, kar pomeni, da je treba tovrstne podatke pridobiti in na njihovi podlagi pripraviti analize stanja prostora, prostorske akte ter tudi načrtovanje opremljanja prostora in ukrepe zemljiške politike. V Sloveniji zdaj ni ustrezne evidence pozidanih in nepozidanih zemljišč (Medved in Berk, 2019), občine, ki bi te podatke najbolj potrebovale, pa so težavo reševale na različne načine. To se poskuša odpraviti v okviru množičnega (masovnega) zajema poseljenih zemljišč in dejanske rabe poseljenih zemljišč (Masovni zajem ..., 2017), ki se je začel v letu 2017. Tako je zajetih 24 % vseh pozidanih zemljišč v Sloveniji (Medved in Berk, 2019), v skladu s programom dela pa bi bila zajeta vsa zemljišča za celotno Slovenijo do konca leta 2020. Na spletni strani http://storitve.pis.gov.si/pis-jv/evidenca_stavbnih_zemljisc.html so dostopni zajeti podatki za Prekmurje, jugovzhodno Slovenijo ter občini Piran in Izolo.

Zajem podatkov (Masovni zajem ..., 2017) se izvaja z metodo fotointerpretacije ob podpori drugih virov podatkov. Zajem in vzdrževanje (posodabljanje) prostorskih podatkov z metodo vizualne fotointerpretacije je zahtevno opravilo, finančno neugodno in časovno potratno (Kos in Šumrada, 2013; Mesner, 2016).

S postopki daljinskega zaznavanja lahko izboljšamo predvsem ažurnost prostorskih podatkov. Objektno usmerjeno analizo pogosto uporabimo za ugotavljanje sprememb površja Zemlje, upravljanje zemljišč in načrtovanje (Kanjič, 2009; Mesner, 2016). Preboj postopkov objektno usmerjene analize gre pripisati

tudi razvoju satelitskih sistemov, ki dosegajo prostorsko ločljivost, boljšo od enega metra (Veljanovski in sod., 2011). Pridobljeni podatki so uporabni v geografskih informacijskih sistemih (GIS) tudi za potrebe prostorskega načrtovanja.

Objektna klasifikacija je postopek, pri katerem so piksli s podobnimi lastnostmi združeni v segmente. Segmenti so v postopku semantične klasifikacije na podlagi atributov razvrščeni v pomenske razrede (Liu in Xia, 2010; Veljanovski in sod., 2011). Kot izpostavljajo Liu in Xia (2010), Blaschke (2010) in Yanjing (2015), je posebno pozornost pri izvajanju objektne klasifikacije treba nameniti segmentaciji. Z dobro segmentacijo se ohrani pravo razmerje med velikostjo segmentov in velikostjo objektov v naravi, torej segmenti niso ne preveč razdrobljeni ne preveliki (Kanjiir, 2009; Blaschke, 2010). Fazama segmentacije in semantične klasifikacije sledi še poklasifikacija, s katero odpravljamo očitnejše napake in posplošimo rezultate (Kokalj in Oštir, 2006; Veljanovski in sod., 2011).

Z zajemom pokrovnosti tal s postopki objektne klasifikacije so se, tudi v Sloveniji, ukvarjali številni avtorji. Kanjiir (2009) je zajela pokrovnost tal na podlagi ortofota, Grigillo (2009) ter Grigillo in sod. (2011) so odkrivali spremembe stavb in samodejno zajeli nove stavbe ter tako posodobili topografski sloj stavb na podlagi podatkov digitalnega modela reliefa in ortofota. Švab Lenarčič (2009) ter Švab Lenarčič in Oštir (2015) sta na podlagi ortofota in oblaka točk aerolaserskega skeniranja (ALS) klasificirala pokrovnost tal. Z uvedbo standardnega odklona višine, izračunanega na podlagi točk laserskega skeniranja, sta kakovostno ločila stavbe in drevesa, masko stavb pa primerjala z masko, ustvarjeno z ročnim zajemom. Z zajemom pokrovnosti tal na podlagi objektne klasifikacije ob uporabi ortofota in podatkov ALS so se ukvarjali tudi Yanjing (2015) ter Yongmin in sod. (2011), ki so ugotovili, da souporaba ortofota in podatkov aerolaserskega skeniranja zagotovi boljše rezultate kot uporaba zgolj ortofota ali oblaka točk laserskega skeniranja. Triglav Čekada s sod. (2018) je z metodo samodejne identifikacije sprememb ugotavljala spremembe pokrovnosti na kmetijskih zemljišč z namenom pospešitve postopkov za potrebe evidence dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč. Veljanovski in Kokalj (2016) sta uspešno določila pokrovnost tal iz zgodovinskih letalskih posnetkov na primeru Breginja. Mesner (2016) je preučila možnosti samodejnega posodabljanja sloja katastra stavb, dejanske rabe in pokrovnosti tal na podlagi ortofota ter prišla do ugotovitve, da so postopki samodejnega prepoznavanja dosegli raven, ki omogoča zaznavanje sprememb in posodabljanje slojev ob nadzoru operaterja.

V prispevku je obravnavana problematika določitve nepozidanih stavbnih zemljišč. Ažurni podatki o nepozidanih stavbnih zemljiščih so osnovni pogoj za izvajanje razvojnih dejavnosti lokalnih skupnosti in so podpora prostorskemu načrtovanju (252. člen ZUreP-2, 2017). Opisane metode določitve pozidanih in nepozidanih stavbnih zemljišč temeljijo na postopku objektne klasifikacije podatkov daljinskega zaznavanja in obdelavi v geografskem informacijskem sistemu. V prvi fazi ob uporabi ortofota in oblaka točk ALS določimo pokrovnost tal. Sloj pokrovnosti skupaj z občinskim prostorskim načrtom uporabimo za določitev nepozidanih stavbnih zemljišč, ki jih v nadaljevanju prečistimo z izbranimi kriteriji. Samodejno pridobljen sloj nepozidanih stavbnih zemljišč smo primerjali s slojem, pridobljenim z vizualno interpretacijo, in ugotovili, da je mogoče s samodejnim zajemom ob vizualni kontroli operaterja (in njegovih morebitnih popravkih) bistveno pospešiti in poceniti zajem in vzdrževanje podatkov, ne more pa še v celoti nadomestiti ročnega zajema.

2 METODE DELA

2.1 Podatki in območje raziskave

Določitev pokrovnosti temelji na podatkih ortofota in infrardečega ortofota, obeh v prostorski ločljivosti 0,5 metra. Listi, ki pokrivajo območje raziskave, so bili zajeti v maju 2014 (GURS, 2016). Uporabili smo tudi oblak točk ALS z gostoto pet točk na kvadratni meter (ARSO, 2016). Našteti sloji so izvorni podatki za objektno klasifikacijo. Za potrebe analize v okolju GIS in določitve nepozidanih stavbnih zemljišč smo v nadaljevanju uporabili tudi zemljiškokatastrski prikaz (GURS, 2016) in sloj občinskega prostorskega načrta občine Trebnje (OPN občine Trebnje, 2013).

Analizirali smo tri testna območja v občini Trebnje, ki se medsebojno razlikujejo po načinu poselitve. Prvo območje (slika 1) vključuje del strnjenegega naselja Trebnje s starim mestnim jedrom, kjer so centralne in storitvene dejavnosti, starejši večstanovanjski objekti ter železnica. Na severnem obrobju naselja stojijo v večini enostanovanjske družinske hiše, na severovzhodnem delu pa je gospodarska cona. Drugo območje vključuje strnjeno podeželsko naselje Veliki Gaber (slika 2), s stanovanjskimi, kmetijskimi in enostavnimi objekti, zgoščenimi ob glavni prometnici, in kmetijskimi zemljišči v okolici. Tretje območje vključuje naselje Lisec, ki je tipično vinogradniško območje z izrazito razpršeno tipologijo poselitve ter razgibanim reliefom (slika 3).



Slika 1: Testno območje Trebnje (GURS, 2016).



Slika 2: Tesno območje Veliki Gaber (GURS, 2016).



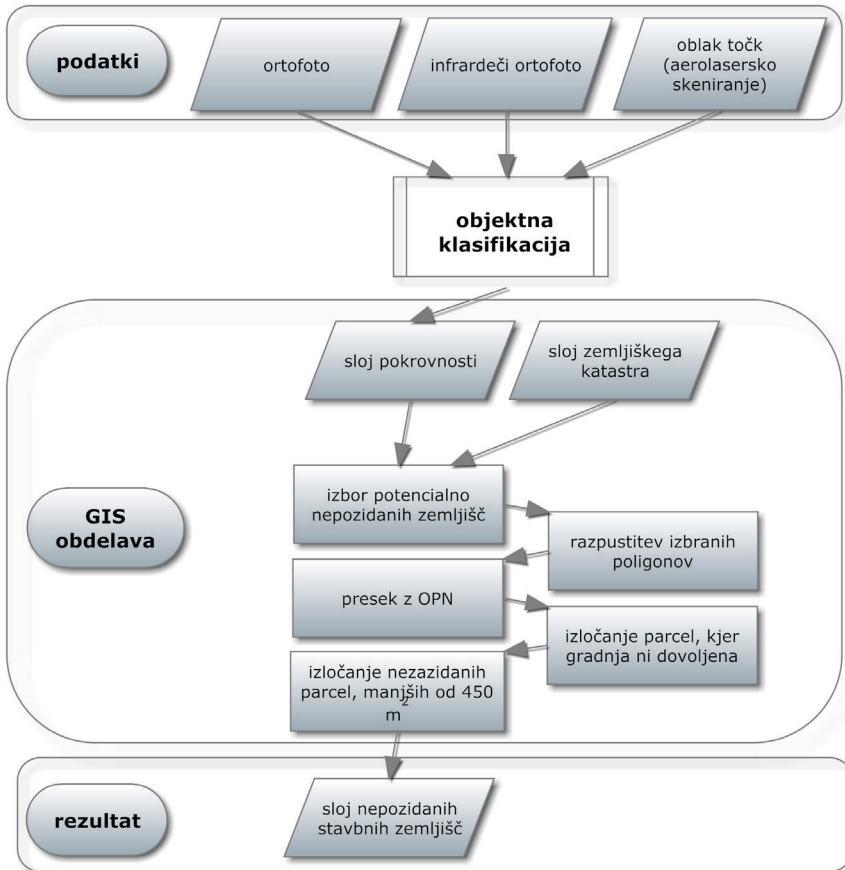
Slika 3: Testno območje Lisec (GURS, 2016).

Analiza podatkov in objektna klasifikacija sta bili izvedeni v programih ENVI 5.3, ENVI LiDAR 5.3 in LAStools 2017. Nadaljnja obdelava in določitev nepozidanih stavbnih zemljišč je bila izvedena v ArcGISu 10.3 (ESRI). Geometrične analize pokrovnosti posameznih parcel so bile izvedene s skriptno Python, rezultati pa zapisani v podatkovno zbirko SQLite.

2.2 Določitev pokrovnosti tal in nepozidanih stavbnih zemljišč

Prvi korak obdelave je generiranje sloja pokrovnosti tal. Pred objektno klasifikacijo smo iz izvornih podatkov (opisani v poglavju 2.1 *Podatki in območje raziskave*) izdelali sloja digitalnega modela reliefa (DMR) in digitalnega modela površja (DMP) ločljivosti 0,5 metra. V rastrski mreži ločljivosti pol metra smo izračunali standardni odklon višine, ki je bil uporabljen za ločevanje stavb in dreves. Z matematičnim odštevanjem sloja DMP in DMR smo izračunali normiran digitalni model površja (nDMP), v katerem

so podane višine objektov nad terenom in ki omogoča prepoznavanje mostov, ki so zgolj na podlagi standardnega odklona višine napačno klasificirani v razred stavb.



Slika 4: Diagram metode dela.

V ENVIju smo z objektno klasifikacijo na podlagi pravil določili pokrovnost tal za šest razredov: travniki, obdelovalna zemljišča, utrjene površine, stavbe, gozd in vode. Prvi korak klasifikacije je segmentacija, ki je bila izvedena iterativno, da smo določili optimalne parametre. Uporabljen je bil segmentacijski algoritem na podlagi robov (angl. *edge based*), s katerim so bili glede na vizualno analizo doseženi najboljši rezultati. Segmentacija je bila izvedena na vseh treh vidnih barvnih kanalih in IR-kanalu ortofota. Sledilo je oblikovanje klasifikacijskih pravil. Analizirali smo predvsem spektralne in teksturne attribute ter z uporabo izbranih statistik atributov določili mejne vrednosti razredov klasifikacije. Za vsako območje smo z nastavljenimi pravili izvedli postopek objektno klasifikacije. Kot rezultat smo dobili sloj pokrovnosti tal v rastrskem formatu, ki smo ga pretvorili v vektorski zapis in združili stične poligone istega klasifikacijskega razreda.

S presekom sloja pokrovnosti tal in sloja zemljiškokatastrskega prikaza smo zemljiškim parcelam pripisali pokrovnost. Izvozili smo podatkovno tabelo presečnega sloja, ki je vhodni podatek skripte v Pythonu, s katero smo analizirali vsako parcelo. Na podlagi razredov pokrovnosti smo določili delež pozidane

površine (razred stavb), delež utrjene površine (razred utrjenih površin) in delež nepozidane površine (razredi: travniki, obdelovalna zemljišča in gozd). S pregledom rezultatov smo določili, da je potencialno nepozidano stavbno zemljišče tisto, katerega pokrovnost v manj kot 10 % predstavljajo stavbe ali utrjene površine. Z upoštevanjem tega merila smo izbrali potencialno nepozidana zemljišča, združili stične poligone in jih presekali z občinskim prostorskim načrtom (OPN). Izločili smo parcele, na katerih v skladu z OPN ni dovoljena gradnja. Ostala so območja z namensko rabo stanovanj, območja centralnih dejavnosti, območja proizvodnih dejavnosti in posebna območja. V zadnjem koraku smo izločili nepozidana zemljišča s površino, manjšo od 450 m², kar ustreza najmanjši površini gradbene parcele za stanovanjsko stavbo (OPN občine Trebnje, 2013). Izločitveni kriterij je bil uporabljen pri vseh tipih namenske rabe. Postopek obdelave podatkov je prikazan na diagramu (slika 4).

2.3 Kontrola kakovosti

Kontrolo kakovosti smo opravili na obeh izdelanih slojih – na sloju pokrovnosti tal in sloju nepozidanih stavbnih zemljišč.

2.3.1 Kontrola kakovosti sloja pokrovnosti tal

Kakovost sloja pokrovnosti tal smo ocenili z metodo vizualne interpretacije naključnih segmentov. Segmente smo izbrali s stratificiranim vzorčenjem, pri čemer smo v vsakem razredu izbrali 50 naključnih segmentov. Izjema je le razred vode, kjer smo klasificirali vse segmente. Ocenjevali smo naslednje mere natančnosti: matriko napak, skupno natančnost, koeficient Kappa, natančnost proizvajalca in natančnost uporabnika.

Matrika napak je navzkrižna tabela, ki odraža razmerja med referenčnimi podatki in rezultati klasifikacije. Z matriko napak izračunamo različne statistike, s katerimi ocenjujemo natančnost. Skupna natančnost pomeni razmerje pravilno razvrščenih segmentov v primerjavi z vsemi kontrolnimi segmenti in odraža odstotek pravilnosti klasifikacije. Koeficient Kappa je statistični kazalnik natančnosti klasifikacije. Temelji na primerjavi preučevane in naključne klasifikacije in lahko zajame vrednosti na intervalu [0,1]. Vrednost koeficienta 0,5 odraža, da je uporabljena klasifikacija zagotovila za 50 % boljše rezultate kot naključna klasifikacija (Kanjič, 2009; Veljanovski in sod., 2011). Koeficient Kappa izračunamo (Lillesand in sod., 2004):

$$\kappa = \frac{N \sum_{n=1}^r x_{nn} - \sum_{n=1}^r (x_{n+} \cdot x_{+n})}{N^2 - \sum_{n=1}^r (x_{n+} \cdot x_{+n})} \quad (1)$$

kjer je r število vrstic v matriki napak, N število vseh pikselov v matriki, x_{nn} vsota diagonale matrike napak, x_{n+} vsota vrednosti n -te vrstice, x_{+n} vsota vrednosti n -tega stolpca.

Razmerje med pravilno razvrščenimi segmenti glede na referenčne pove natančnost proizvajalca:

$$NP = \frac{n_{prav.}}{n_{ref.}} \quad (2)$$

Oceno zanesljivosti dobljenega rezultata ocenjujemo z natančnostjo za uporabnika, ki pomeni razmerje pravilno razvrščenih segmentov glede na skupno število segmentov v razredu (Oštir, 2006):

$$NU = \frac{n_{prav.}}{n_{seg.}} \quad (3)$$

To sta statistični oceni, pri čemer prva opisuje odstotek pravilno razvrščenih segmentov posameznega razreda glede na referenčne podatke, druga pa je merilo zanesljivosti in izkazuje odstotek pravilno razvrščenih segmentov, ki sovpadajo z dejanskim stanjem.

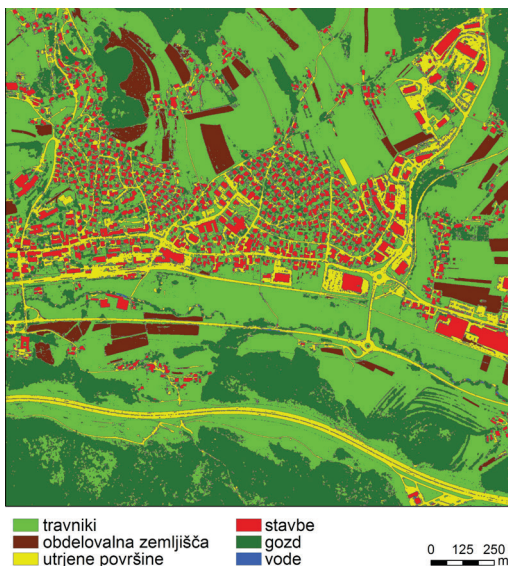
2.3.2 Kontrola kakovosti sloja nepozidanih stavbnih zemljišč

Sloj nepozidanih stavbnih zemljišč, pridobljen s samodejnim zajemom, smo vizualno pregledali in poskušali odkriti očitnejše napake. Sledil je presek sloja s slojem nepozidanih stavbnih zemljišč, pridobljenim z metodo fotointerpretacije.

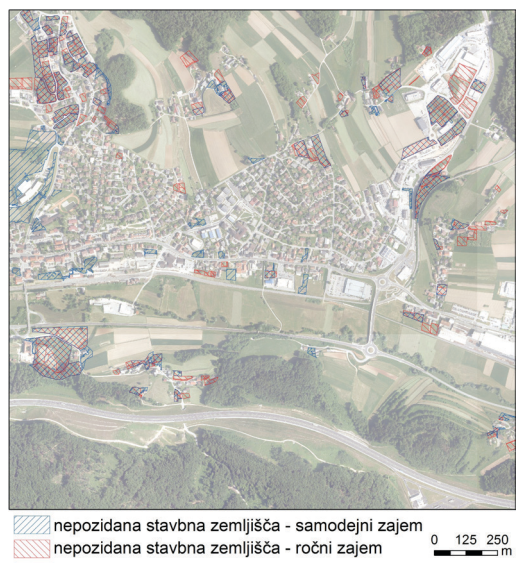
Sloj nepozidanih stavbnih zemljišč, pridobljen z metodo fotointerpretacije, je temeljil na podatkih ortofoto posnetkov, zajetih v letu 2014, zemljiškega katastra in registra nepremičnin. Zaradi naštetega lahko predpostavljamo pomensko skladnost obeh slojev nepozidanih stavbnih zemljišč. Kriteriji za zajem nepozidanih stavbnih zemljišč z metodo fotointerpretacije so bili površina parcele, oblika parcele in nepozidanost (torej da objekt tam še ne stoji). Skladnost obeh slojev nepozidanih stavbnih zemljišč smo preverjali s presekom slojev ter izračunom bilance nepozidanih površin.

3 REZULTATI IN ANALIZA

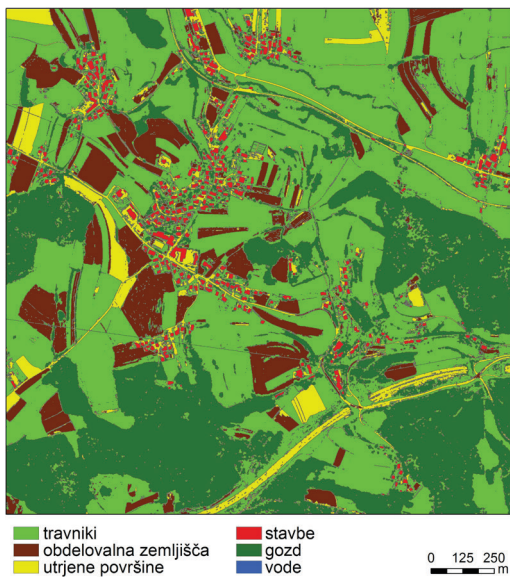
Slike 5–10 prikazujejo rezultate določitve pokrovnosti tal in sloja nepozidanih stavbnih zemljišč za vsa tri izbrana testna območja (Trebnje, Veliki Gaber in Liseč). Vizualni pregled pokrovnosti tal Trebnjega (slika 5) ne razkrije očitnih napak, izstopa podolgovata parcela na severovzhodnem robu naselja, ki je razvrščena v razred utrjenih površin, glede na njeno obliko pa lahko sklepamo, da gre za obdelovalno površino. Navedeno potrdimo s sliko 6, kjer opazimo, da je parcela v naravi obdelovalna površina.



Slika 5: Pokrovnost tal – testno območje Trebnje.



Slika 6: Nepozidana stavbna zemljišča – testno območje Trebnje.



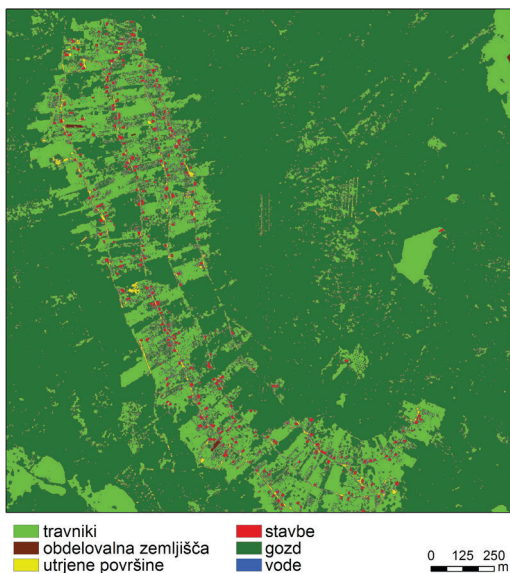
Slika 7: Pokrovnost tal zemljišča – testno območje Veliki Gaber.



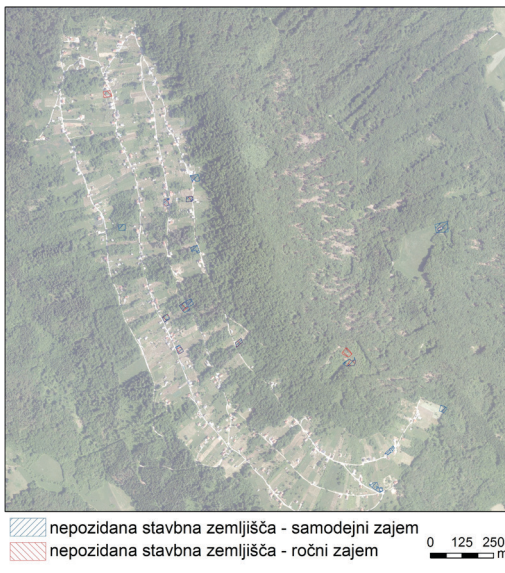
Slika 8: Nepozidana stavbna zemljišča – testno območje Veliki Gaber.

Na sliki 7, ki prikazuje rezultate določitve pokrovnosti tal testnega območja Veliki Gaber, opazimo kar nekaj potencialnih napak. Praviloma gre za napačne klasifikacije obdelovalnih površin, ki so klasificirane kot utrjene površine (več parcel na zahodnem in severozahodnem delu naselja).

Pokrovnost tal testnega območja Lisec (slika 9) v večini predstavlja gozd, večjih oziroma očitnejših napak ob pregledu ne opazimo.



Slika 9: Pokrovnost tal zemljišča – testno območje Lisec.



Slika 10: Nepozidana stavbna zemljišča – testno območje Lisec.

Kontrola kakovosti sloja pokrovnosti tal je prikazana v preglednici 1. Sloj pokrovnosti izkazuje visoko skupno natančnost prvega testnega območja (Trebnje), ki znaša 90,8 % in jo lahko po Oštirju (2006) označimo za dobro. Oceno kakovosti klasifikacije smo izvedli tudi s koeficientom Kappa, ki znaša 88,8 %, kar pomeni, da je obravnavana klasifikacija dosegla 88,8 % boljše rezultate, kot bi jih dosegli z naključno klasifikacijo. Primerljivo natančnost smo dosegli tudi na testnem območju Lisec (skupna natančnost znaša 88,4 %, indeks Kappa pa 85,6 %). Najnižja natančnost je bila dosežena na testnem območju Veliki Gaber, ki je s skupno natančnostjo 82,0 % še ujela oceno zadovoljivo (Oštir, 2006).

Preglednica 1: Kontrola kakovosti rezultatov klasifikacije

	Testno območje		
	Trebnje	Veliki Gaber	Lisec
Referenčne točke	272	250	250
Pravilno klasificirane točke	247	205	221
Skupna natančnost (%)	90,8	82,0	88,4
Kappa	0,888	0,761	0,856

Preglednice 2, 3 in 4 prikazujejo matrice napak vseh treh testnih območij po razredih pokrovnosti. Klasifikacija stavb in dreves doseže visoko kakovost, kar je posledica razvrščanja s podatki aerolaserskega skeniranja. Standardni odklon višine se je izkazal za zanesljiv parameter, na podlagi katerega smo z visoko kakovostjo ločili med klasifikacijskima razredoma stavb in dreves. Pri navedenih razredih napak tako rekoč ni. Na testnem območju Trebnjega opazimo dva primera napačne klasifikacije stavb in tri primere napačne klasifikacije gozda (kar pomeni 20 % vseh napačnih klasifikacij). Štirje primeri opisanih napačnih klasifikacij (dve klasifikaciji stavb v razred gozda in dve klasifikaciji gozda v razred stavb) so pokazali, da tudi ločevanje na podlagi standardnega odklona ni popolnoma zanesljivo. Tovrstni primeri se pojavljajo predvsem na robovih streh. Tam se pogosto nekaj laserskih žarkov odbije od tal in nekaj od strehe, kar se odrazi na višjem standardnem odklonu višine in posledično napačni klasifikaciji. Podobni rezultati kakovosti klasifikacije navedenih dveh razredov so bili doseženi tudi na testnih območjih Veliki Gaber in Lisec. Največ napačnih klasifikacij razreda stavb opazimo na testnem območju Lisec, kjer je takšnih primerov šest (21 % vseh napačnih klasifikacij).

Po razporeditvi napačnih klasifikacij preostalih razredov pokrovnosti sta si najbližje testni območji Trebnje in Lisec, kjer je v vsakem klasifikacijskem razredu povprečno po pet napačnih klasifikacij. V negativni smeri odstopa razred cest v testnem območju Lisec, kjer je napačnih klasifikacij kar dvanajst, več pa je tudi napačnih klasifikacij razreda stavb (najdemo pet primerov napačne klasifikacije v razred gozda).

Najslabša natančnost klasifikacije je bila dosežena na testnem območju Veliki Gaber, ki sicer pri klasifikaciji v razreda gozd in stavba ne odstopa od preostalih dveh testnih območij, opazimo pa občutno več napak pri klasifikaciji v razrede travnikov, obdelovalnih površin in cest. Nekaj napačnih klasifikacij obdelovalnih površin v razred travnik in nasprotno (takšnih primerov je skupno šest) je posledica zaraščanja obdelovalne površine. V tovrstnih primerih bi pogosto tudi dva neodvisna operaterja različno vizualno interpretirala podatke in območje različno klasificirala, kar zaznavajo tudi pri zajemu dejanske rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč, zato se kontrola podatkov izvaja po konceptu štirih oči (dva operaterja) (Mesner s sod., 2018).

Preglednica 2: Matrika napak – testno območje Trebnje

Razred	1	2	3	4	5	6	Skupaj razvrščene
1 Travniki	48	3	3		1	1	56
2 Obdelovalna zemljišča		43	3				46
3 Utrjene površine	2	3	43			3	51
4 Stavbe			1	48	2		51
5 Gozd		1		2	47		50
6 Vode						18	18
Skupaj referenčne	50	50	50	50	50	22	272

Preglednica 3: Matrika napak – testno območje Veliki Gaber

Razred	1	2	3	4	5	6	Skupaj razvrščene
1 Travniki	40	10	9				59
2 Obdelovalna zemljišča	5	37	7				49
3 Utrjene površine	5	3	34		1		43
4 Stavbe				48	3		51
5 Gozd				2	46		48
6 Vode						0	0
Skupaj referenčne	50	50	50	50	50	0	250

Preglednica 4: Matrika napak – testno območje Lisec

Razred	1	2	3	4	5	6	Skupaj razvrščene
1 Travniki	45	3	2				50
2 Obdelovalna zemljišča	1	42	7		1		51
3 Utrjene površine	3	2	41				46
4 Stavbe				45	1		46
5 Gozd	1	3		5	48		57
6 Vode						0	0
Skupaj referenčne	50	50	50	50	50	0	0

Na podlagi matrike napak lahko ocenimo tudi proizvajalčevo in uporabnikovo natančnost (preglednice 5, 6 in 7). Pri testnem območju Trebnje sta najslabšo zanesljivost dosegla razred travnikov (87,3 %) in cest (78,2 %). Razred stavb je dosegel visoko zanesljivost, ki znaša kar 98 %, zanesljivost razreda gozd pa le desetinko odstotka manj. Razreda stavb in gozda v testnem območju Veliki Gaber sta dosegla primerljive rezultate kot razreda v testnem območju Trebnje. Občutno nižji rezultat sta dosegla razreda travnikov in obdelovalnih zemljišč (prvi le 67,8 % in drugi 75,5 %), medtem ko je zanesljivost razreda cest primerljiva z zanesljivostjo tega razreda na testnem območju Trebnje.

Rezultati testnega območja Lisec so glede na skupno natančnost, ki znaša 88,4 %, primerljivi z rezultati testnega območja Trebnje. V preglednici 5 opazimo tri napačne klasifikacije razreda obdelovalnih zemljišč v razred gozda. Gre za primere vinogradov, kjer je zaradi vinske trte standardni odklon višine večji in je območje klasificirano v razred gozda.

Glede zanesljivosti dobljenega rezultata izstopa razred stavb, ki je najslabšo zanesljivost dosegel v testnem območju Veliki Gaber (94,1 %). Podobne rezultate je dosegel razred gozd, bistveno razliko pa lahko opazimo v testnem območju Lisec, kjer zanesljivost navedenega razreda znaša 84,2 %. Navedeno je večinoma posledica petih primerov napačne klasifikacije stavb in treh primerov napačne klasifikacije segmentov obdelovalnih zemljišč. Razred cest je v vseh treh testnih območjih dosegel primerljivo zanesljivost z razponom le 2,7 % (najvišja vrednost znaša 78,2 %, najnižja 75,5 %).

Preglednica 5: Proizvajalčeva in uporabnikova natančnost – testno območje Trebnje

Razred	Referenčne točke	Klasificirane točke	Pravilno klasificirane točke	Proizvajalčeva natančnost (%)	Uporabnikova natančnost (%)
Travniki	50	56	48	96,0	87,3
Obdelovalna zemljišča	50	46	43	86,0	91,5
Utrjene površine	50	51	43	86,0	78,2
Stavbe	50	51	48	96,0	98,0
Gozd	50	50	47	94,0	97,9
Vode	22	18	18	81,8	100,0
Skupaj	272	272	247		

Preglednica 6: Proizvajalčeva in uporabnikova natančnost – testno območje Veliki Gaber

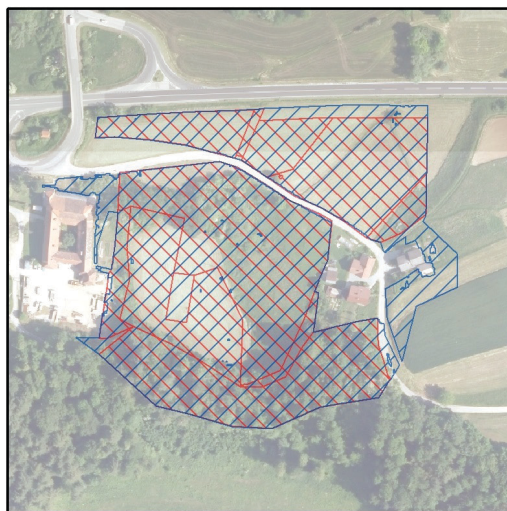
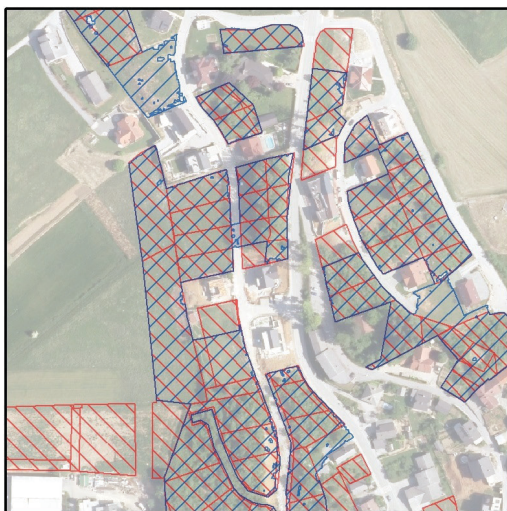
Razred	Referenčne točke	Klasificirane točke	Pravilno klasificirane točke	Proizvajalčeva natančnost (%)	Uporabnikova natančnost (%)
Travniki	50	59	40	80,0	67,8
Obdelovalna zemljišča	50	49	37	74,0	75,5
Utrjene površine	50	43	34	68,0	79,1
Stavbe	50	51	48	96,0	94,1
Gozd	50	48	46	92,0	95,8
Vode	0	0	0	N/A	N/A
Skupaj	250	250	205		

Preglednica 7: Proizvajalčeva in uporabnikova natančnost – testno območje Lisec

Razred	Referenčne točke	Klasificirane točke	Pravilno klasificirane točke	Proizvajalčeva natančnost (%)	Uporabnikova natančnost (%)
Travniki	50	50	45	90	90
Obdelovalna zemljišča	50	51	42	84	77,8
Utrjene površine	50	46	41	82	89,1
Stavbe	50	46	45	90	97,8
Gozd	50	57	48	96	84,2
Vode	0	0	0	N/A	N/A
Skupaj	250	250	221		

Primerjavo samodejnega zajema nepozidanih stavbnih zemljišč in zajema z metodo fotointerpretacije

prikazujejo slike 6, 8 in 10. Opazimo, da se na testnem območju Trebnje (slika 6) poligoni nepozidanih stavbnih zemljišč dobro ujemajo, izpostavimo večje območje nepozidanih stavbnih zemljišč na severozahodnem delu naselja Trebnje, ki ga podrobneje prikazuje slika 11 (zgornji levi izsek). Navedena slika podrobneje prikazuje tudi območje južno od regionalne ceste Ljubljana–Zagreb (zgornji desni izsek) in del nepozidanih stavbnih zemljišč na območju industrijske cone (spodnji levi izsek). Na navedenem izseku opazimo očitno razhajanje slojev samodejnega in ročnega zajema nepozidanih stavbnih zemljišč – primer je podrobneje analiziran v nadaljevanju.



▭ nepozidana stavbna zemljišča - samodejni zajem
▭ nepozidana stavbna zemljišča - ročni zajem

Slika 11: Detajlnější izseki nepozidanih stavbnih zemljišč z rezultati samodejnega zajema in fotointerpretacije – testno območje Trebnje.

Nekaj sovpadajočih primerov nepozidanih stavbnih zemljišč opazimo tudi na testnem območju Veliki Gaber (slika 8). Podrobnejší prikaz izbranih izsekov obeh slojev nepozidanih stavbnih zemljišč prikazuje slika 12. Zgornji levi izsek prikazuje prekrivanje slojev na severozahodnem delu testnega območja, zgornji

desni izsek prikazuje območje v osrednjem delu naselja Veliki Gaber, spodnji desni izsek pa območje na jugovzhodnem delu naselja Veliki Gaber. Podrobnejših izsekov za testno območje Lisec nismo pripravili, saj je nepozidanih stavbnih zemljišč tam malo, primerjavo obeh slojev nepozidanih stavbnih zemljišč pa prikazuje slika 10.

Z metodo fotointerpretacije je bilo v testnem območju Trebnje prepoznanih 181,2 hektarja nepozidanih stavbnih zemljišč, od katerih smo s samodejnim zajemom uspešno prepoznali 123,2 hektarja površin (preglednica 8). Identičen rezultat je bil dosežen v testnem območju Lisec, kjer je nepozidanih stavbnih zemljišč zelo malo. Najslabši rezultat pa je bil dosežen v testnem območju Veliki Gaber.

Preglednica 8: Primerjava nepozidanih površin stavbnih zemljišč z ročnim in samodejnim zajemom

	Ročni zajem [ha]	Samodejni zajem [ha]	Delež (%)
Testno območje Trebnje	181,3	123,2	68,0
Testno območje Veliki Gaber	95,1	50,3	52,9
Testno območje Lisec	5,3	3,6	68,0

Preglednica 9 vsebuje podatke o bilanci površin nepozidanih stavbnih zemljišč, členjeno po razredih podrobne namenske rabe iz občinskega prostorskega načrta občine Trebnje (OPN občine Trebnje, 2013). Opazimo, da se v testnem območju Trebnje in Veliki Gaber večina nepozidanih stavbnih zemljišč nahaja na območjih stanovanj, večje površine nepozidanih stavbnih zemljišč pa so tudi na območjih proizvodnih dejavnosti. Upošteevaje deleže pravilno prepoznanih nepozidanih stavbnih zemljišč glede na podrobno namensko rabo, ugotavljamo, da bistvenih odstopanj v kakovosti prepoznave ni. V večini primerov je bila dosežena več kot 50-odstotna zanesljivost prepoznave. Dejanski delež pravilno prepoznanih nepozidanih stavbnih zemljišč je v testnem območju Trebnje in Lisec dosegel 68-odstotno, v testnem območju Veliki Gaber pa 52,9-odstotno pravilnost (preglednica 9).

Preglednica 9: Bilanca površin nepozidanih stavbnih zemljišč glede na podrobno namensko rabo iz OPN občine Trebnje (2013)

		Površine razpršene poselitve (A)	Posebna območja (B)	Območja centralnih dejavnosti (C)	Območja proizvodnih dejavnosti (I)	Območja stanovanj (S)
Testno območje Trebnje	ročni zajem [ha]	N/A	32,1	N/A	48,1	101,0
	samodejni zajem [ha]	N/A	31,9	N/A	27,0	64,3
	delež [%]	N/A	99	N/A	56	64
Testno območje Veliki Gaber	ročni zajem [ha]	1,1	N/A	2,8	N/A	91,3
	samodejni zajem [ha]	0,5	N/A	1,4	N/A	48,5
	delež [%]	45	N/A	50	N/A	53
Testno območje Lisec	ročni zajem [ha]	3,9	N/A	N/A	N/A	1,4
	samodejni zajem [ha]	3,1	N/A	N/A	N/A	0,5
	delež [%]	80	N/A	N/A	N/A	36

Deleži pravilno prepoznanih nepozidanih stavbnih zemljišč ne presenečajo. V testnem območju Trebnje in Lisec, kjer je bila z visoko kakovostjo določena že pokrovnost tal (znašala je 90 %), je tudi sloj nepozidanih stavbnih zemljišč v 68 % skladen z ročnim zajemom. V testnem območju Veliki Gaber, kjer je

sloj pokrovnosti tal dosegel slabšo pravilnost, pa se to neposredno odraža tudi na nižjem deležu pravilno prepoznanih nepozidanih stavbnih zemljišč.



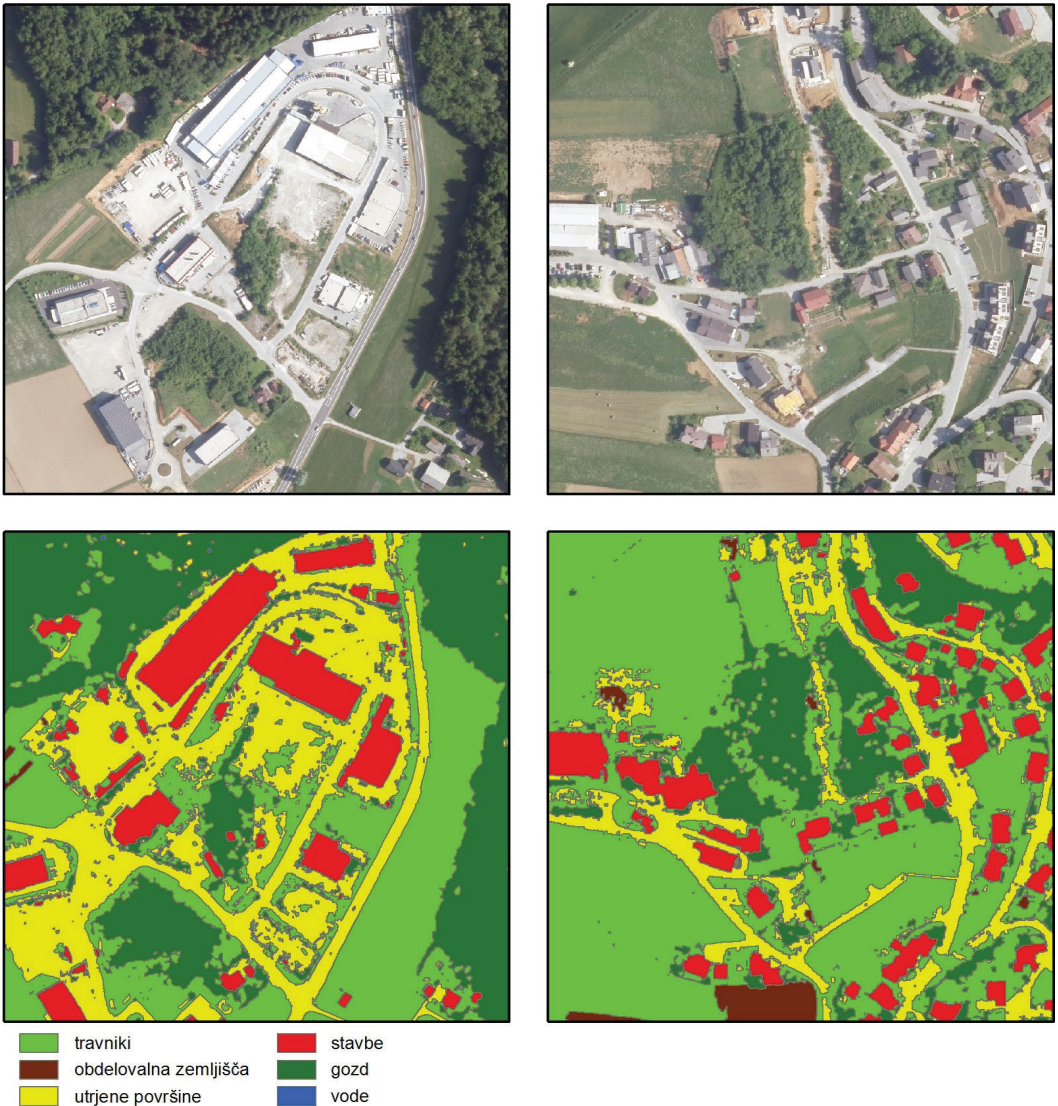
Slika 12: Detajlnjši izseki nepozidanih stavbnih zemljišč z rezultati samodejnega zajema in fotointerpretacije – testno območje Veliki Gaber.

4 RAZPRAVA

Predstavljena metodologija prepoznavanja nepozidanih stavbnih zemljišč je kljub nekaterim nepravilnostim ponudila obetavne in uporabne rezultate.

Razhajanja med obema metodama zajema nepozidanih stavbnih zemljišč se pojavljajo predvsem tam, kjer so nepozidana stavbna zemljišča pogojno primernih oblik za pozidavo (na primer ozke in dolge

parcele), ki pa površinsko zadovoljijo kriterij za uvrstitev v nepozidana stavbna zemljišča (za občino Trebnje je to 450 m²). Operater, ki bi zajemal nepozidana stavbna zemljišča na podlagi fotointerpretacije, parcel neustreznih oblik ne bi uvrstil med zemljišča, primerna za novogradnjo. Pri samodejnem zajemu nepozidanih stavbnih zemljišč algoritem ni preverjal oblike zemljiške parcele, temveč le njeno površino, zaradi česar se v tovrstnih primerih pojavlja neskladje med obema zajemoma. Odpravljanje napake je v takih primerih v naslednjem koraku prepuščeno operaterju, vsekakor pa je mogoče algoritem nadgraditi tudi s prepoznavanjem ustrezne oblike parcel.



Slika 13: Detajlnejša izseka ortofota in pokrovnosti tal – testno območje Trebnje.

Druga vrsta neskladij je posledica omejitev algoritma samodejnega prepoznavanja nepozidanih stavbnih

zemljišč zaradi uvrstitve v napačni razred pokrovnosti. Pokrovnost tal osrednjega dela industrijske cone v severovzhodnem delu testnega območja Trebnje (levi zgornji izsek na sliki 13) predstavlja utrjena površina (makadamsko parkirišče oziroma manipulacijska površina). S postopkom objektne klasifikacije je bilo območje (v večinskem deležu) pravilno razvrščeno v razred utrjenih površin (spodnji levi izsek na sliki 13), kar je neposredni razlog, da območje v postopku samodejnega prepoznavanja nepozidanih stavbnih zemljišč ni bilo prepoznano. Območje je bilo v postopku ročnega zajema prepoznano kot nepozidano stavbno zemljišče (slika 6 – parcele v severovzhodnem delu slike).

Izpostavimo še primer povsem ob zahodni meji testnega območja Trebnje (slika 5), ki ga podrobneje prikazuje desni zgornji izsek na sliki 13. Tokrat ne gre za napako v postopku prepoznavanja nepozidanih stavbnih zemljišč, temveč se je napaka pojavila že v postopku objektne klasifikacije. Opuščena obdelovalna površina je bila v postopku objektne klasifikacije delno razvrščena v razred utrjenih površin, delno v razred obdelovalnih površin in delno v razred travniki (desni spodnji izsek na sliki 13). V nadaljnji obdelavi je bilo ugotovljeno, da delež utrjene površine predstavlja več kot 10 % celotne površine parcele, kar je izločilni kriterij oziroma razlog, da parcela ni prepoznana kot nepozidano stavbno zemljišče. Odstopanje obeh slojev nepozidanih stavbnih zemljišč v tem primeru prikazuje slika 6 (glej parcele ob zahodnem robu slike).

5 SKLEP

Vzpostavitev in posodabljanje slojev nepozidanih stavbnih zemljišč v občinah še vedno poteka ročno, na podlagi fotointerpretacije in z uporabo podatkov ortofota, registra nepremičnin, zemljiškega katastra, veljavnih prostorskih aktov in drugih pomožnih slojev. Tovrstni postopek se uporablja tudi pri množičnem zajemu poseljenih zemljišč in dejanske rabe poseljenih zemljišč (Masovni zajem..., 2017), kar je časovno in tudi finančno potratno.

Prispevek obravnava razvoj metodološkega pristopa za samodejno prepoznavanje nepozidanih stavbnih zemljišč, ki temelji na postopku objektne klasifikacije ob uporabi oblaka točk ALS, ortofota in infrardečega ortofota ter kasnejše obdelave v GIS. V prvem koraku pridobimo vektorski sloj pokrovnosti tal, ki ga s souporabo občinskega prostorskega načrta in zemljiškokatastrskega prikaza uporabimo za določitev nepozidanih stavbnih zemljišč. S tovrstnim pristopom smo na testnih območjih Trebnje in Liseč uspešno prepoznali kar 68 % nepozidanih stavbnih zemljišč, ki so bila zajeta z ročnim zajemom, na testnem območju Veliki Gaber pa je bilo takšnih zemljišč 52 %.

Postopki objektne klasifikacije sami po sebi ne povzročajo težav in so dovolj razviti za tovrstno uporabo, o čemer priča tudi kakovost klasifikacije. Najvišjo zanesljivost klasifikacije dosega razreda stavb in gozda, z malo manjšo zanesljivostjo pa nam je uspelo klasificirati travnike. Največ težav se pojavlja pri razvrščanju v razreda cest in obdelovalnih površin. Ugotovitev ni presenetljiva, saj imajo tako ceste kot tudi obdelovalne površine zelo raznolike spektralne podpise ter so pogosto osenčene ali delno prekrite z drevesnimi krošnjami, kar otežuje prepoznavo.

Kakovost določitve nepozidanih stavbnih zemljišč je neposredno odvisna od kakovosti določitve pokrovnosti tal. Na testnem območju Trebnje je bil sloj pokrovnosti z 90,8 % pravilno razvrščenih segmentov zagotovo dovolj kakovosten za nadaljnjo uporabo. Podobno lahko trdimo za testno območje Liseč, v testnem območju Veliki Gaber pa lahko dobršen del napak pri prepoznavanju nepozidanih stavbnih ze-

mljišč pripišemo nižji kakovosti določitvi sloja pokrovnosti tal. Postopek določitve nepozidanih stavbnih zemljišč na podlagi preseka slojev pokrovnosti in občinskega prostorskega načrta je parcelno orientiran – za vsako posamezno parcelo izračunamo delež pozidane in nepozidane površine. Kriterij razmejevanja med pozidanimi in nepozidanimi parcelami smo določili izkustveno in bi ga bilo v prihodnje treba natančneje določiti. Glede na raznolikost poselitve v Sloveniji bi se kriteriji verjetno razlikovali med občinami pa tudi v odvisnosti od posameznih naselij.

Pri ozkih in dolgih nepozidanih stavbnih zemljiščih ter drugih nepravilnih oblikah se samodejni postopek pokaže kot nezanesljiv. V takšnih primerih je nujna presoja strokovnjaka oziroma je nadaljnje raziskave smiselno usmeriti v razvoj zanesljivih klasifikacijskih pravil, ki so osnovni pogoj za kakovostne nadaljnje rezultate. V študiji se nismo ukvarjali z oblikovanjem kriterijev in določitvijo geometrijskih pravil za oblike parcel, s katerimi bi iz zajema izločili parcele neustreznih oblik, kot so ozka in dolga nepozidana stavbna zemljišča, so pa bili poskusi narejeni za oblike parcel na kmetijskih zemljiščih (Foški, 2017; Foški, 2019).

Predstavljena metodologija še ne dosega tako visoke zanesljivosti, da bi lahko izključili kritičen pregled operaterja. Vizualni pregled rezultatov ni namenjen le odpravi napak samodejnega postopka, temveč omogoča tudi kritično strokovno presojo posameznih primerov. Do podobnih ugotovitev so prišli Čekada in sod. (2018), ki ugotavljajo, da se lahko s samodejnim zajemom v dvostopenjskem postopku, kjer se v prvi fazi pripravijo podatki samodejnega zajema, v drugi fazi pa operater izvede kontrolo in kritično presojo podatkov, bistveno pospešijo postopki vizualne fotointerpretacije ob doseganju primerljive stopnje kakovosti podatkov.

Opisana metoda je uporabna tako pri prvem zajemu nepozidanih stavbnih zemljišč kot pri kasnejšem posodabljanju sloja. Posodobitev sloja je mogoča ob novih vhodnih podatkih (ortofoto, infrardeči ortofoto, oblak točk aerolaserskega skeniranja in prostorski akti), potreben pa je vizualni pregled rezultatov in odprava vseh napak. Prednosti samodejnega zajema pred ročnim so predvsem v časovnem in finančnem prihranku ter pogojno tudi v objektivnosti zajema.

Metodologijo bi bilo smiselno preveriti na večjem testnem območju in na območju, kjer je že bil izveden množični zajem poseljenih zemljišč in dejanske rabe poseljenih zemljišč. Na podlagi ugotovitev pa bi bilo nujno razmisliti, kako samodejno identifikacijo sprememb stavbnih zemljišč vključiti v vzdrževanje nastajajočega podatkovnega sloja. Vsekakor pa menimo, da se bo v prihodnosti delež ročnega zajema in vizualne interpretacije daljinskih posnetkov zmanjševal in se dopolnjeval s samodejno klasifikacijo.

Zahvala

Raziskovalno delo je bilo delno opravljeno v okviru temeljnih raziskovalnih projektov J2-9251: M3Sat – Metodologija analize časovnih vrst satelitskih posnetkov različnih senzorjev in J6-9395: Opazovanje suše v visoki ločljivosti z modeliranjem talnih in satelitskih ter raziskovalnega programa P2-0406: Opazovanje Zemlje in Geoinformatika, ki jih sofinancira Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije iz državnega proračuna.



Jenko D., Foški M., Oštir K., Kokalj Ž. (2019). Zajem nepozidanih stavbnih zemljišč z objektno klasifikacijo podatkov ortofota in aerolaserskega skeniranja. Delineation of vacant building land using orthophoto and LIDAR data object classification.

Geodetski vestnik, 63 (3), 344-378.

DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2019.03.344-378>

Dejan Jenko, mag. inž. geod. in geoinf.

Bolkova ulica 5b, SI-1235 Radomlje
e-naslov: dejan.jenko1@gmail.com

viš. pred. dr. Mojca Foški, univ. dipl. inž. geod.

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

prof. dr. Kristof Oštir, univ. dipl. fiz.

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

doc. dr. Žiga Kokalj, univ. dipl. geog.

Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti, Inštitut za antropološke in prostorske študije
Center odličnosti Vesolje, znanost in tehnologije
Novi trg 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: ziga.kokalj@zrc-sazu.si

KARTIRANJE SPREMEMB RABE ZEMLJIŠČ IZ NJIVSKIH POVRŠIN V TRAJNE TRAVNIKE Z NAPREDNIMI METODAMI

CHANGE DETECTION WORKFLOW FOR MAPPING CHANGES FROM ARABLE LANDS TO PERMANENT GRASSLANDS WITH ADVANCED BOOSTING METHODS

Jiří Šandera, Přemysl Štych

UDK: 349.414:332.38:528.7
 Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01
 Prispelo: 6. 3. 2019
 Sprejeto: 21. 8. 2019

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2019.03.379-394
 SCIENTIFIC ARTICLE
 Received: 6. 3. 2019
 Accepted: 21. 8. 2019

IZVLEČEK

Ugotavljanje sprememb rabe oziroma pokrovnosti zemljišč na satelitskih posnetkih je zahtevna naloga, še posebej pri spremembah iz njivskih v travniške površine. Fenološke faze njivskih površin se namreč spreminjajo zelo hitro, medtem ko so pri travnikih stabilnejše. Zaradi spektralne podobnosti poljščin v najvišji vegetacijski dobi in trav je zelo težko ločiti med njivami in travniki. V članku predstavljamo relativno preprost postopek za ugotavljanje sprememb njivskih površin v travnike z dobro učinkovitostjo in točnostjo. Pri predlagani metodi se uporablja kombinacija algoritma za prepoznavanje sprememb MAD (angl. multivariate alteration detection) in obstoječe metode strojnega učenja boosting, kot sta algoritma AdaBoost z različnimi šibkimi učenci in Extreme Gradient Boosting, ki je precej nov pristop na področju daljinskega zaznavanja. Glede na rezultate raziskave znaša točnost rezultatov 89,51 %. Predlagani postopek je bil testiran na podatkih Landsat s 30-metrsko prostorsko ločljivostjo, pri čemer je bila uporabljena prosto dostopna programska oprema: R in GRASS GIS ter knjižnica Orfeo Toolbox.

ABSTRACT

The necessity of mapping changes in land cover categories based on satellite imageries is a challenging task especially in terms of arable land and grasslands. The phenological phases of arable lands change quickly while grasslands is more stable. It might be hard to capture these changes regarding the spectral overlap between crops in full growth and grass itself. We have introduced a relatively simple processing workflow with good efficiency and accuracy. Our proposed method utilises the combination of a Multivariate Alteration Change Detection Algorithm and an existing boosting method, such as the AdaBoost algorithm with different weak learners and the most recent one – Extreme Gradient Boosting that is actually a relatively new approach in remote sensing. According to the results, the highest overall accuracy is 89.51 %. The proposed process workflow was tested on Landsat data with 30 m spatial resolution, using open-source software: R and GRASS GIS, Orfeo Toolbox library.

KLJUČNE BESEDE

daljinsko zaznavanje, strojno učenje, MAD, boosting, AdaBoost, strojno učenje, objektna analiza podob

KEY WORDS

Remote Sensing, Machine Learning, MAD, Boosting, AdaBoost, Machine Learning, Object-Based Image Analysis

1 INTRODUCTION

In terms of arable lands and permanent grasslands, it is not easy to capture changes with methods dedicated to remote sensing. Many crops in fields have a variable spectral response (Peng et al., 2013; Wang et al., 2017). In the Czech Republic, permanent grasslands include many plant species. Definition of land cover category permanent grasslands is determined by LPIS (Land Parcel Identification System, www.lpis.eu). Permanent grasslands are defined as dedicated sort of agricultural lands, where grass species and other types of forage crops are grown longer than five years (Elbersen et al., 2014). A detailed description of common vegetation species including grasslands can be found in Vegetation Science Group (Vegetation Science Group, 2005). Capturing changes between the arable lands and permanent grasslands is a challenging task because the spectral response of grass species and cereal may overlap especially during the time of maximum growth in vegetation season (Pakzad et al., 2001). Permanent grasslands (Carleier et al., 2009) are a stable part of the landscape but arable lands are very variable due to crop rotation during vegetation season (Esch et al., 2014). Therefore, there is a growing requirement in monitoring the changes between these land cover categories, especially when subsidies are taken into consideration due to biofuel management and decreasing biodiversity (Stoate et al., 2001; Stoate et al., 2009).

Fast and accurate evaluations allow remote sensing technologies that enable one to monitor these changes in a short time and over large areas (Atzberger, 2013). They appear to be quite popular in discriminating crops and grasslands (Helmholz et al., 2014; Smith and Buckley, 2001; Müller et al., 2015). On the other hand, studies specially dedicated to mapping change transitions between crops and grassland are not so common (Weeks et al., 2014; Klouček et al., 2018; Yang et al., 2017).

When changes between crops and permanent grasslands are to be mapped, it is better to be focused on land parcels where transitions from crops to permanent grasslands are more common. In addition to this fact, the focus on land parcels where investigated land cover changes occur leads to a higher level of accuracy (Lobo et al., 1996; Conrad et al., 2010). For now, several studies exist related to the monitoring of crops (Stefanski et al., 2013; Esch et al., 2014; Belgiu and Csillik, 2018) using high and moderate resolution optical images.

However, the most recent studies focus on the utilisation of multitemporal data (Chen et al., 2018; Yin et al., 2018; Pflugmacher et al., 2019; Xu et al., 2018). Mapping transitions between crops and grasslands that only utilises bitemporal data are quite rare (Helmholz et al., 2014; Yang et al., 2017; Klouček et al., 2018). The advantage of using bi-temporal images is simplicity in the amount of data acquisition and speed of processing in comparison to image time series.

In this study, we present hybrid change detection method based on MAD (Multivariate Alteration Detection) transformation (Nielsen et al., 1998) in connection with boosting methods that have the ability to reduce bias and variance (Breiman, 1996) in order to capture transitions from arable lands to permanent grasslands. The ability of boosting methods to reduce bias and variance might be very efficient in order to generalize crop phenology rotations. These parameters are requested when spectral fluctuations occur very often and they need to be reduced in order to obtain accurate results. This is especially in the case when mapping vegetated areas with changes between them. In order to monitor changes from arable lands to permanent grasslands we have chosen study area (See section 2) in the

north of the Czech Republic where these changes are certain. This fact was validated by the overlaying of vector layers from LPIS (www.lpis.eu).

MAD transformation only brings about binary information on the change so that there is a request to label the change information in order to obtain the standard land cover transitions ‘from – to’, therefore it means to select proper classifiers. Boosting ones can handle this task very well.

The core of MAD transformation is a canonical correlation analysis (Hotelling, 1936), which creates orthogonal image differences called MAD variates that contain different sorts of changes and are uncorrelated with each other. It has been proven that this method is really efficient in detecting changes (Aleksandrowicz et al., 2014; Ma et al., 2016; Canty and Nielsen, 2012; Niemeyer et al., 2008). A few years later, the original MAD was enhanced with an iteration scheme (Nielsen, 2005; Nielsen, 2007) that appears to be able to detect changes in agricultural areas reliably (Nielsen et al. 2010). But we preferred testing the original MAD transformation due to its implementation in the open-source library *Orfeo Toolbox* (Christophe et al., 2008; Inglada and Christophe, 2009) in comparison to the *IR-MAD* algorithm (Canty and Nielsen, 2012).

2 STUDY AREA

The study area is located in the north of the Czech Republic (Figure 1), in the northern foothills of Jizerské hory (Jizera Mountains) near Frýdlant, Hejnice, and Raspenava, roughly 30 km from the regional capital of Liberec. The area is largely covered by vast expanses of meadows, pastures and arable land and coniferous forests. In the data model, the whole area of approximately 189 km² is bordered by a polygon in the WGS 84 UTM 33N coordinate reference system. The study area is located in a mild climate with an average annual temperature of 8 °C. The average annual precipitation is 800 mm and the average sunshine is 1400 hours per year.

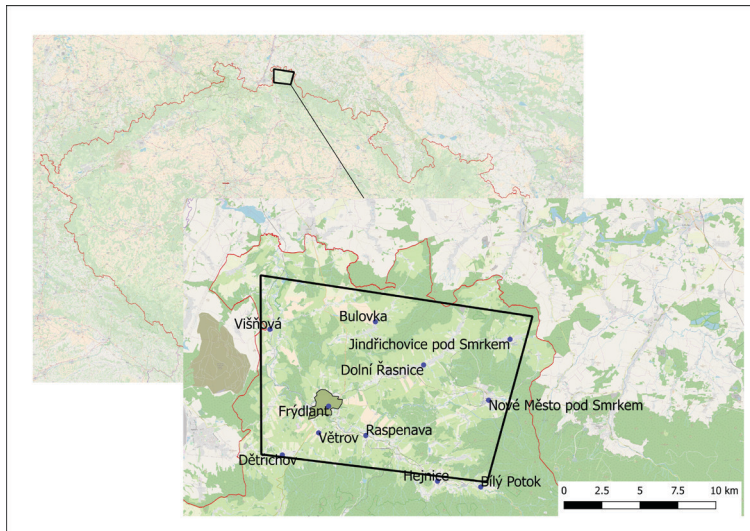


Figure 1: The detail of the selected study area in the north of the Czech Republic.

3 MATERIALS AND METHODS

3.1 Research aims

The aim of the research has been to introduce and test our process workflow (Figure 2) for mapping changes from arable lands to permanent grasslands. It utilises a combination of the original MAD (Multivariate Alteration Detection) transformation (Nielsen et al., 1998) and one of the advanced boosting algorithms. The main task is to choose the most suitable one with the highest accuracy and reliability in connection with the MAD transformation and bitemporal optical imagery.

3.2 Why boosting methods?

There are plenty of machine learning algorithms, but one specific method has been developed to reduced bias and variance in the form of boosting (Breiman, 1996). The history of boosting technique arises from the *AdaBoost.M1* algorithm (Freund and Schapire, 1996) that uses the output from weak classifiers (weak learners) to create a strong one – the core of the boosting technique. As it was mentioned above, the spectral signatures of the vegetation are quite variable so that boosting algorithms are the best solution in order to reduce the bias in phenological stages, especially when it is hard to distinguish between the different sorts of crops and grasslands. Their spectral signatures may overlap and it might be challenging to recognise them. In general, boosting algorithms show very good results in terms of accuracy in remote sensing (Zhou et al., 2015) especially when a combination of different weak learners is utilised (Dhou et al., 2018). Due to their general reliability in remote sensing tasks we decided to test their performance in our land cover change detection workflow. The advantage of the *AdaBoost* algorithm (Freund and Schapire, 1996; Schapire, 2003) is the possibility of changing weak learners. We tested the performance of the *AdaBoost* algorithm with different weak learners. Firstly, we tested *AdaBoost* with C4.5 decision trees (Salzberg, 1994), the *Random Forest classifier* (Breiman, 2001) and *Decision Stumps* (Iba and Langley, 1992), which are simple forms of standard decision trees (Breiman et al., 1984) including the modified version of the *AdaBoost* algorithm – *MultiBoost AdaBoost* (Webb, 2000). All forms of the *AdaBoost* algorithms were tested in the *WEKA* software package (Eibe et al., 2016) that was accessed through the *RWeka* package (Hornik et al., 2009) in R software (R Core Team, 2017).

The latest advanced boosting algorithm is *Extreme Gradient Boosting (XGboost)*. It appears that this boosting algorithm is a robust and highly accurate classifier in the field of remote sensing (Georganos et al., 2018). *XGboost* utilises standard decision trees as weak learners and uses the gradient boosting technique (Breiman, 1997). The difference between *AdaBoost* and *Gradient Boosting* technique is in the approach, how these classifiers identify weak learners. *AdaBoost* finds weak learners based on high weights on weak learners in comparison to *Gradient Boosting* algorithm that identifies weak learners by gradients in the loss function. The loss function in terms of boosting is a measure to indicate the efficiency of weight coefficients that fit underlying data.

Implementation of *XGboost* algorithm was undertaken with the help of the *xgboost* package (Chen et al., 2017). Tuning of the *XGBoost* algorithm was executed with the help of the *caret* package (Wing et al., 2017) in R. All models were tuned with ten-fold cross-validation and repeated five times.

3.3 Data used and data processing

3.3.1 Data pre-processing

For the purpose of the analysis, we used a pair of optical images, the Landsat 5 ETM+ and the Landsat 8 OLI, both downloaded from the USGS archive. The first image (Landsat 5) was captured on 3. 7. 2010 and the second one on 6. 6. 2015. We used two methods of atmospheric correction schemes – the first one was the dark object subtraction method – DOS1 (Chavez et al., 1996) and the second one the LEDAPS (Landsat Ecosystem Disturbance Adaptive Processing System) algorithm (Masek et al., 2013) to calculate the surface reflectance. MAD (Multivariate Alteration Detection) transformation is insensitive to the differences in gain and the offset and different atmospheric conditions, therefore, it is suitable for change detection with different sensors (Aleksandrowicz et al., 2014). Its insensitivity to gain and offset differences arises from similarity to standard Principal Component Analysis (PCA). MAD variates are calculated as orthogonal differences between both images. These orthogonal differences are created as linear combinations from original images similar to PCA transformation. PCA offers generalized information obtained from original image separated from the noise dedicated to higher components. Then analogously similar principal is valid for MAD variates, where each MAD variate contains different intensity of change information and noise. Then both scenes were co-registered with each other and resampled with the nearest neighbour algorithm with the help of a third-degree polynomial transformation in ENVI 5.2. The root mean square error was less than 1 m.

3.3.2 Ancillary data

We used vector layers from LPIS for the years 2010 and 2015 as the ancillary data. LPIS is a geographical information system to monitor agricultural subsidies and it is administered by the Ministry of Agriculture of the Czech Republic (<http://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny2/plpis/>). LPIS data is periodically updated and controlled via in situ inspections. LPIS database contains information about crop types and agricultural areas. From the point of view of this study, we extracted classes that are registered within LPIS database – *Arable lands* and *Permanent grasslands*. These classes were extracted in polygon format for further processing and investigations. In terms of LPIS *Arable lands* are defined as areas where agricultural crops are grown and they are not utilised for growing grass species. On the other hand, *Permanent grasslands* are known as areas where grass species are grown for a period of more than five years and follow the rules of subsidy policy from the European Union. LPIS vector layers served as the reference for the creation of the training and validation datasets in the form of spatial points as well as masks for crops and grassland areas.

3.3.3 Description of the process workflow

From the standardised images from the previous steps, we calculated several vegetation indices (Table 1) for both Landsat scenes. These indices were put into MAD (Figure 2) transformation (Nielsen et al., 1998) and post-processed with the Maximum Autocorrelation Factor (MAF) (Switzer, 1985) as it was recommended to further enhance the change information (Canty and Nielsen, 2012). From the conditional existence of the MAD transformation, we reached the same amount of MAF components. These MAF components contain different change information types. Then it was decided to choose

the best combination of the three MAF components. We calculated the Optimum Index Factor (OIF) (Jensen, 1986):

$$OIF = \frac{\sum_i S_i}{\sum_i \sum_j R_{ij}} \tag{1}$$

S_i standard deviation of the i spectral band

R_{ij} correlation coefficient for all possible combinations of the i, j spectral bands

Table 1: Calculated vegetation indices.

Vegetation Index	Equation	
Difference Vegetation Index	$DVI=NIR-RED$	(Foley et al., 1998)
Green Difference Vegetation Index	$GDVI=NIR-GREEN$	(Sripada et al., 2005)
Green Ratio Vegetation Index	$GRVI = \frac{NIR}{GREEN}$	(Sripada et al., 2005)
Infrared Percentage Vegetation Index	$IPVI = \frac{NIR}{NIR + RED}$	(Crippen, 1990; Kooistra et al., 2003)
Modified Non-Linear Vegetation Index	$MNLI = \frac{(NIR^2 - RED) * (1 + 0,5)}{NIR^2 + RED + 0,5}$	(Yang et al., 2008)
Modified Simple Ratio	$MSR = \frac{\left(\frac{NIR}{RED} - 1\right)}{\left(\sqrt{\frac{NIR}{RED}}\right) + 1}$	(Chen, 1996)
Normalized Difference Vegetation Index	$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$	(Rouse et al., 1974)
Non-Linear Index	$NLI = \frac{NIR^2 - RED}{NIR^2 + RED}$	(Goel and Qin, 1994)
Optimized Soil Adjusted Vegetation Index	$OSAVI = \frac{1,5 * (NIR - RED)}{(NIR + RED + 0,16)}$	(Rondeaux et al., 1996)
Renormalized Difference Vegetation Index	$RDVI = \frac{(NIR - RED)}{\sqrt{(NIR + RED)}}$	(Roujean and Breon, 1995)
Soil Adjusted Vegetation Index	$SAVI = \frac{1,5 * (NIR - RED)}{(NIR + RED + 0,5)}$	(Roujean and Breon, 1995)
Simple Ratio	$SR = \frac{NIR}{RED}$	(Birth and McVey, 1968)
Transformed Vegetation Index	$TVI = \sqrt{0,5 + \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}}$	(Deering, 1975)

The higher the OIF is (1), the better it is for change detection purposes. All MAF components were then directly classified (without OIF) using the pixel-based approach and then with the highest OIF. The first dataset for the pixel-based classifications was the full MAF difference image obtained from the calculated vegetation indices (Table 1) then with OIF reduction. For the object-based approach, the

best combination of the MAF components obtained with the highest OIF was imported into *GRASS GIS* (GRASS Development Team, 2017) and segmented. The parameters of the segmentation algorithm were selected automatically (Lennert, 2016). We calculated the spectral (minimum, maximum, average, range), the shape (area, perimeter, compact circle, compact square, fractal dimension) and all the textural features (Haralick and Shanmugam, 1973) in all directions. Feature extraction was undertaken through the *i.segment.stats* module (Lennert, 2018). All the features were exported and classified in *R* software (R Core Team, 2017) using the tested boosting algorithms.

We defined three land cover classes: 1. *Arable land – Arable land*, 2. *Grassland – Grassland*, 3. *Arable land – Grassland*. In the first round, the full dataset of the exported features was used with a total count of 584 and directly classified. In the second round, dimensionality reduction was performed with the help of the Correlation Feature Selection (CFS) algorithm (Hall, 1999; Hall and Holmes, 2003). We used the CFS algorithm for its fast computation and efficiency (Georganos et al., 2018).

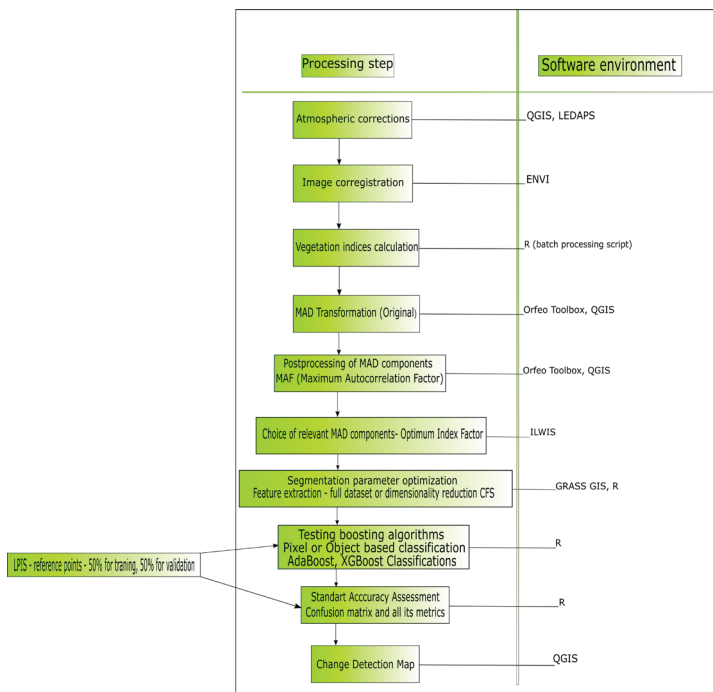


Figure 2: Overview of the proposed change detection workflow.

As a reference, we used LPIS polygons to create 3000 spatial reference points with a stratified random sampling strategy. 50% was used as the training dataset and the second half was used as a validation dataset. For each class, we used an equal size of samples – 1000 points. For the purposes of 10-fold cross-validation, 70 % of the total 1500 training points from training dataset were used for training and 30 % for validation. The accuracy assessment process was implemented in the classification process to quickly validate the results. We used the standard error matrix with the overall, the producer’s and the user’s accuracy metrics (Congalton, 1991; Congalton and Green, 2008) and with the kappa coefficient (Cohen, 1960).

Finally, we statistically evaluated all the classifications accuracies. As a statistical criterion, we used Friedman's test (Friedman, 1937; Friedman, 1940; Demšar, 2006) that revealed statistically significant differences between the means of the overall accuracies of all the classifiers. As a post hoc test, the Nemenyi statistical test (Demšar, 2006; Nemenyi, 1962) was used in order to discover the differences between each pair of the classifiers. We implemented it in R software (Pohler, 2014).

4 RESULTS

Five different boosting classifiers and two different atmospheric correction methods were tested. The results show that all algorithms perform equally well, however, one exception appears. It is the most often used AdaBoost with the Decision Stump as a weak classifier. It can be seen that this most frequently utilised version of the AdaBoost algorithm with decision stumps produces unstable results for all cases (Figure 3). On the other hand, the Extreme Gradient Boosting algorithm and AdaBoost with the Random Forest as a weak classifier perform equally well for mapping changes from arable land to grassland. As for the pixel-based classifications, it can be seen that no dimensionality reduction is required (Figure 3 A and B). OIF dimensionality reduction leads to a decrease by 10 % on average for the overall, the user's and the producer's accuracies for DOS1 and almost 20 % for the pixel classifications of the products corrected with LEDAPS (Figure 3 E and F). Therefore, dimensionality reduction in case of pixel-based classifications of MAF components is not recommended. It leads to a loss of a significant amount of important information.

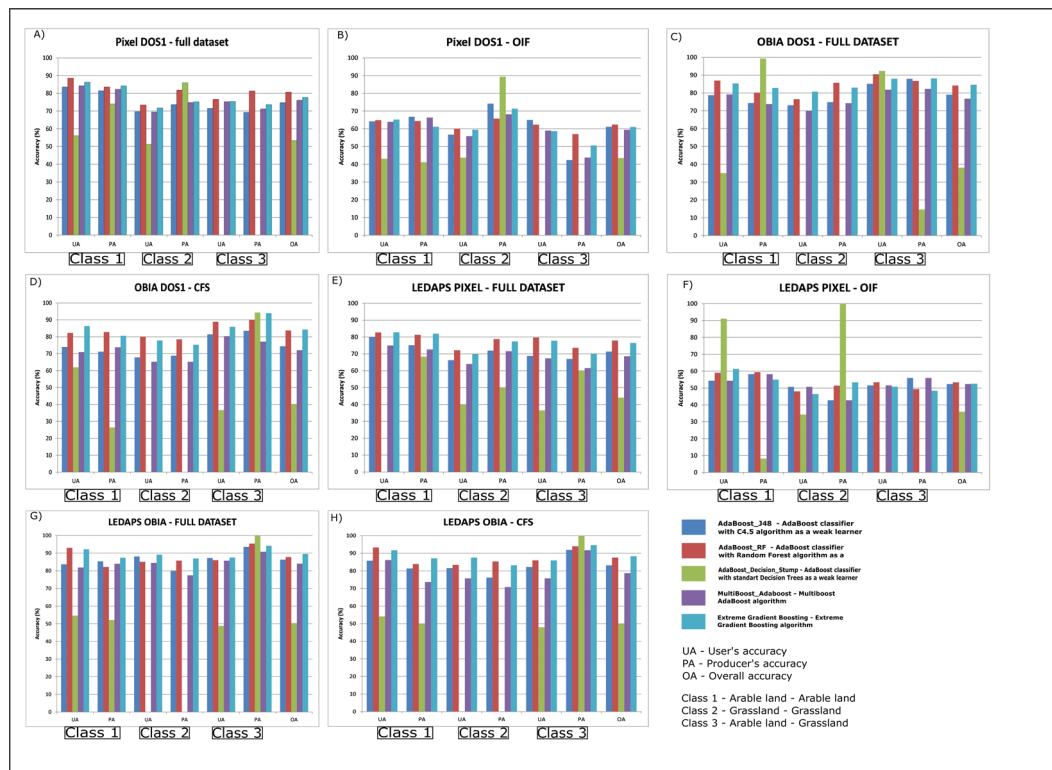


Figure 3: The producers', users' and overall accuracies for all the tested algorithms.

On the other hand, object-based classifications produce more stable results without a salt and pepper effect (Figure 4). DOS1 data correction (Figure 3 C and D) with a full feature set and after the CFS feature selection provides similar results. The highest user's, producer's and overall accuracies are given by the object-based image analysis of the products processed by LEDAPS with all 584 features (Figure 3 G). When these features were reduced (Figure 3 H), the accuracies are similar, therefore, it is recommended to use an additional feature selection, as the CFS algorithm.

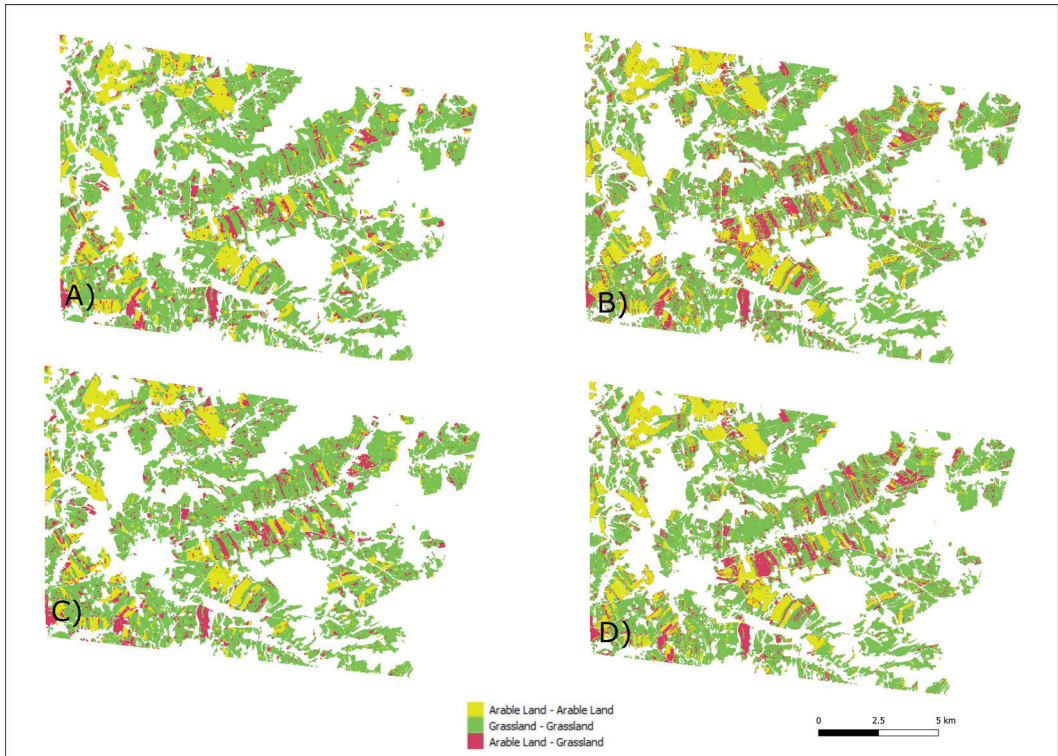


Figure 4 The results of the pixel-based (right column) and object-based (left column) classifications for the products corrected with the LEDAPS algorithm (a) Extreme Gradient Boosting OBIA (b) Extreme Gradient Boosting Pixel (c) AdaBoost with Random Forest OBIA (d) AdaBoost with Random Forest Pixel

A statistical evaluation shows obvious differences between AdaBoost with the Decision Stump (Table 3) and the other tested AdaBoost algorithms including the Extreme Gradient Boosting. However, other values indicate that the differences are not statistically significant. Though, in terms of speeding up the computations and efficiency, it is advisable to use the Extreme Gradient Boosting algorithm including the feature selection. The Extreme Gradient Boosting algorithm – 89.51 % (Table 2) reached the absolute highest overall accuracy, the second one was AdaBoost with the Random Forest as the weak classifier – 87.78 % which appears to be a relevant alternative for classifying changes from arable land (Table 2) to permanent grasslands. These two highest overall accuracies were reached for the products corrected by LEDAPS algorithm in connection with object-based classifications.

Table 2: Overall accuracies for all the tested boosting algorithms (%)

	DOS1 - PIXEL - FULL DATASET	DOS1 - PIXEL - OIF	LEDAPS - PIXEL - FULL DATASET	LEDAPS - PIXEL - OIF	DOS1 – OBJECT- BASED, FULL DATASET	DOS1 – OBJECT- BASED, CFS	LEDAPS – OBJECT- BASED FULL DATASET	LEDAPS – OBJECT- BASED, CFS
AdaBoost_J48	75	61	71	52	79	74	86	83
AdaBoost_RF	81	62	78	53	84	84	88	88
AdaBoost_DS	53	44	44	36	38	40	50	50
MultiBoost_AdaBoost	76	59	69	52	77	72	84	79
Extreme Gradient Boosting	78	61	77	53	85	84	90	88

Table 3: Pairwise comparison for all boosting algorithms – p values after the post hoc Nemenyi test for critical level $\alpha = 0,05$ (p value less than α means statistically significant result)

	AdaBoost_J48	AdaBoost_RF	AdaBoost_DS	Multiboost_AdaBoost
AdaBoost_RF	0.56109	-	-	-
AdaBoost_DS	0.04485	0.00019	-	-
Multiboost_AdaBoost	0.71282	0.04485	0.56109	-
Extreme Gradient Boosting	0.66359	0.99986	0.00038	0.06872

Legend:

AdaBoost_J48 – AdaBoost algorithm with C4.5 classifier as a weak learner

AdaBoost_RF – AdaBoost classifier with the Random Forest algorithm as a weak learner

AdaBoost_DS – AdaBoost classifier with standard Decision Trees as a weak learner

MultiBoost_AdaBoost – Multiboost AdaBoost classifier itself

Extreme Gradient Boosting – Extreme Gradient Boosting classifier itself

DOS1 dataset in the object domain reached less accurate results without and with CFS feature selection (Table 2) in comparison to the dataset corrected by the LEDAPS algorithm. This fact shows that it is better to use surface reflectance products created by LEDAPS algorithm than doing simple atmospheric correction in the form of dark object subtraction.

5 DISCUSSION

We demonstrated the effectiveness of boosting classifiers for mapping changes from arable lands to permanent grasslands with utilisation of MAD transformation algorithm (Nielsen et al., 1998). Our results show that boosting algorithms provide efficient tool for high dimensional datasets especially in object-based image analysis (584 features extracted). Novelty of Extreme Gradient Boosting algorithm proves here its merits as well as in urban areas (Georganos et al., 2018) with help of CFS feature selection algorithm (Hall and Holmes, 2003; Hall, 1999).

The limitations of our tested methodology arise from bitemporal imagery, where the biggest issue is to find the proper combination cloud-free imagery. On the other hand, once this is managed, our results show the effectiveness of our proposed methodology. There are other similar studies to our work and

they appear to be effective in terms of providing accurate results as well (Helmholz et al., 2014; Klouček et al., 2018; Yang et al. 2017).

Here we tested the Landsat satellite imagery that has a spatial resolution 30 m. Nowadays there are satellites with better spatial resolution such as Sentinel-2. Sentinel-2 satellites have the best spatial resolution of 10 m for the spectral bands B2, B3, B4, B8 (ESA 2019). Even if their red-edge bands B5, B6, B7, B8A (ESA, 2019; Qiu et al., 2019) have a worse pixel size 20 m it is quite a big advantage over the Landsat satellite used in this study. From this point of view, Sentinel-2 can bring an improvement in our proposed approach especially in the case of the utilisation of its red-edge bands. Its spectral bands with better spatial resolution of 10 m might bring an improvement, especially for object image analysis.

As a simple input dimensionality data reduction, we used the Optimum Index Factor (Ren and Abdel-salam, 2001) but a more traditional way for such a task is to use the Principal Component Analysis. Therefore, there is space for further investigations. Similar research should be concentrated on other feature selection methods other than CFS algorithm used in our study. A Recursive Feature Elimination algorithm implemented in the caret package for R (Wing et al., 2017) or the Boruta algorithm (Kursa et al., 2010) can serve as such examples. Both algorithms show good results (Duro et al., 2012; Ma et al., 2017).

The most important thing is that the boosting methods have the ability to extract the relative importance of each input variable. This is possible in the case of the Extreme Gradient Boosting algorithm that is implemented in the xgboost package (Chen et al., 2017) or the H2O api (LeDell et al., 2019) also available for R, Python or Java. This is not possible for the AdaBoost.M1 algorithm because we used the RWeka (Hornik et al., 2009) package. It is a wrapper package for R that allows one to use limited functions instead of the WEKA software (Eibe et al., 2016) itself where this functionality is fully available. However, we do not recommend one to use the WEKA software directly because it can use a lot of system memory in the case of large datasets. This limitation has been empirically tested during the computation process of our study. When one is not familiar with R or Java, the Python programming language and its scikit-learn library (Buitinck et al. 2013) offers a good alternative. We must highlight that our process workflow requires decent programming skills because the boosting methods are not implemented in the common proprietary software such as ENVI or ERDAS Imagine. The open-source library Orfeo Toolbox (Inglada and Giros, 2008) offers a user-friendly alternative but there is a limitation in terms of the inability to change weak learners and the proper parameter tuning of each classifier. The results show that it is good to do a feature selection (Ma et al., 2017) especially for the OBIA approach in order to reduce the computation time and improve the accuracy because less is sometimes more (Georganos et al., 2018). Therefore, selecting the most important variables is a necessary step similar to how as Klouček et al. (2018) showed. They demonstrated that a combination of different vegetations indices brings redundant information for the change detection from grasslands to arable lands when the bi-temporal Landsat scenes were tested as well, as in our study. However we still recommend using the feature selection (Ma et al., 2017) regardless if the boosting methods have the ability to work with large datasets. The choice of the proper feature selection method is still a challenge that remains to be solved.

If we look at the tested boosting classifiers, AdaBoost algorithm with Random Forest as a weak learner offers superior results in terms of accuracy. The Random Forest classifier itself (Breiman, 2001) showed

superior results in remote sensing (Belgiu and Dragut, 2016) so that an excellent performance could have been expected even when the Random Forest classifier was used as a weak learner. The boosting classifiers are more computationally demanding than the standalone Random Forest algorithm, but, on the other hand, the boosted Random Forest offers immunity to overfitting thanks to its randomness (Breiman, 2001) and has the ability to reduce the bias and variance. We recommend using boosted Random Forest for smaller study areas due to its computational demands on the contrary to the standard Random Forest algorithm. In general, the computational demands of the boosting algorithms are perpendicular to the input amount of data to be analysed. However computational demands are not only derived from amount of input data but it also depends on the implementations of each algorithm which can differ significantly in the terms of speed. Therefore, a decent working station with a multicore CPU and a lot of RAM is recommended. Our computations were executed on an AMD Ryzen 1700 CPU with 32 GB RAM.

Extreme Gradient Boosting and AdaBoost with Random Forest are less vulnerable to overfitting on the contrary to AdaBoost with Decision Stump which was shown here. Potential improvements of our method arise from additional data – a creation of multitemporal datasets for each year for the sake of capturing temporal changes in reflectance. MAD algorithm is superior in handling different data from different sensors (Aleksandrowicz et al., 2014; Nielsen 2005) so that there may be another opportunity for improvement. We demonstrated effectiveness in obtaining reliable accurate results for mapping changes from arable land to grasslands only with bitemporal imagery. Many studies use multitemporal data, our approach uses only bitemporal data. This helps to overcome common issues such as availability of cloudless scenes and time-saving in terms of preprocessing and calibrating all input data when time series is used. Our process workflow utilises the most open-source software solutions and guarantees every interested person to replicate our experiments or adapt for own needs. However, all tested boosting algorithms perform really well and provide similar results, especially in object domain so that it is up to producer's choice and experience, time and fund possibilities which boosting algorithm to choose.

6 CONCLUSION

We successfully demonstrated the effectiveness of boosting methods in order to classify changes from arable lands to permanent grasslands in connection with MAD transformation. Our hybrid change detection workflow offers highly accurate results with high overall, producer's and user's accuracies when Landsat satellite data are used. We demonstrated that accurate results can be achieved with only two bitemporal scenes instead of standard image time series. We tested only optical data with spatial resolution of 30 m. Further improvement can be expected from Sentinel-2 satellites that have better spatial resolution than Landsat satellites and contain red-edge bands dedicated to vegetation mapping. Therefore, future research should be concentrated on Sentinel-2 data or other upcoming satellites that will have similar temporal, spatial and radiometric resolutions similar to Landsat satellite family.

Literature and references:

- AAleksandrowicz, S., Turlej, K., Lewiński, S., Bochenek, Z. (2014). Change detection algorithm for the production of land cover change maps over the European Union countries. *Remote Sensing*, 6 (7), 5976–5994. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs6075976>
- Atzberger, C. (2013). Advances in remote sensing of agriculture: Context description, existing operational monitoring systems and major information needs. *Remote Sensing*, 5 (2), 949–981. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs5020949>
- Barrett, B., Nitzte, I., Green, S., Cawkwell, F. (2014). Assessment of multi-temporal,

multi-sensor radar and ancillary spatial data for grasslands monitoring in Ireland using machine learning approaches. *Remote Sensing of Environment*, 152, 109–124. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.05.018>

Belgiu, M., Csillik, O. (2018). Sentinel-2 cropland mapping using pixel-based and object-based time-weighted dynamic time warping analysis. *Remote Sensing of Environment*, 204, 509–523. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.10.005>

Belgiu, M., Drăguț, L. (2016). Random forest in remote sensing: A review of applications and future directions. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 114, 24–31. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2016.01.011>

Birth, G. S., McVey, G. R. (1968). Measuring the Color of Growing Turf with a Reflectance Spectrophotometer 1. *Agronomy Journal*, 60 (6), 640–643. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj1968.00021962006000060016x>

Breiman, L. (1996). Bias, variance, and arcing classifiers. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.115.7931&rep=rep1&type=pdf>, accessed 10. 1. 2019.

Breiman, L. (1997). Arcing the edge. <https://pdfs.semanticscholar.org/8162/f9036f5b7a2a05fed1148cb04d5355c0f213.pdf>, accessed 15. 3. 2019.

Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine Learning*, 45 (1), 5–32. DOI: <https://doi.org/10.1023/a:1010933404324>

Buitinck, L., Louppe, G., Blondel, M., Pedregosa, F., Mueller, A., Grisel, O., ... others. (2013). API design for machine learning software: experiences from the scikit-learn project. *arXiv Preprint arXiv:1309.0238*. <https://arxiv.org/pdf/1309.0238.pdf>, accessed 15. 3. 2019.

Canty, M. J., Nielsen, A. A. (2012). Linear and kernel methods for multivariate change detection. *Computers & Geosciences*, 38 (1), 107–114. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2011.05.012>

Carlier, L., Rotar, I., Vlahova, M., Vidican, R. (2009). Importance and functions of grasslands. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 37 (1), 25. <http://notulaebotanicae.ro/index.php/nbha/article/download/3090/2929>, accessed 18. 3. 2019.

Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20 (1), 37–46. DOI: <https://doi.org/10.1177/001316446002000104>

Congalton, R. G. (1991). A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, 37 (1), 35–46. DOI: [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(91\)90048-b](https://doi.org/10.1016/0034-4257(91)90048-b)

Congalton, R. G., & Green, K. (2008). *Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices*. CRC press. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781420055139>

Conrad, C., Fritsch, S., Zeidler, J., Rucker, G., & Dech, S. (2010). Per-field irrigated crop classification in arid Central Asia using SPOT and ASTER data. *Remote Sensing*, 2 (4), 1035–1056. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs2041035>

Crippen, R. E. (1990). Calculating the vegetation index faster. *Remote Sensing of Environment*, 34 (1), 71–73. DOI: [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(90\)90085-z](https://doi.org/10.1016/0034-4257(90)90085-z)

Deering, D. W. (1975). Measuring "forage production" of grazing units from Landsat MSS data. In *Proceedings of the Tenth International Symposium of Remote Sensing of the Environment* (pp. 1169–1198).

Demšar, J. (2006). Statistical comparisons of classifiers over multiple data sets. *Journal of Machine Learning Research*, 7 (Jan), 1–30. <http://www.jmlr.org/papers/volume7/demсар06a/demсар06a.pdf>, accessed 24. 3. 2019.

Dou, P., Chen, Y., Yue, H. (2018). Remote-sensing imagery classification using multiple classification algorithm-based AdaBoost. *International Journal of Remote Sensing*, 39 (3), 619–639. DOI: <https://doi.org/10.1080/014131161.2017.1390276>

Duro, D. C., Franklin, S. E., Dubé, M. G. (2012). Multi-scale object-based image analysis and feature selection of multi-sensor earth observation imagery using random forests. *International Journal of Remote Sensing*, 33 (14), 4502–4526. DOI: <https://doi.org/10.1080/014131161.2011.649864>

Eibe, F., Hall, M. A., Witten, I. H. (2016). *The WEKA Workbench. Online Appendix for "Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques*. Morgan Kaufmann. DOI: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-804291-5.00024-6>

Elbersen, B. S., Beaufoy, G., Jones, G., Noij, I., van Doorn, A. M., Breman, B. C., Hazeu, G. W. (2014). Aspects of data on diverse relationships between agriculture and the environment. https://ec.europa.eu/environment/agriculture/pdf/report_data_aspectsAgriEnv.pdf, accessed 2. 2. 2019.

ESA. (2019). Spatial Resolution. <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi/resolutions/spatial>, accessed 5. 2. 2019.

Esch, T., Metz, A., Marconcini, M., Keil, M. (2014). Combined use of multi-seasonal high and medium resolution satellite imagery for parcel-related mapping of cropland and grassland. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 28, 230–237. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2013.12.007>

Foley, W. J., McIlwee, A., Lawler, I., Aragones, L., Woolnough, A. P., Berding, N. (1998). Ecological applications of near infrared reflectance spectroscopy—a tool for rapid, cost-effective prediction of the composition of plant and animal tissues and aspects of animal performance. *Oecologia*, 116 (3), 293–305. DOI: <https://doi.org/10.1007/s004420050591>

Freund, Y., Schapire, R. E., and others (1996). Experiments with a new boosting algorithm. In *ICML (Vol. 96, pp. 148–156)*. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.51.6252&rep=rep1&type=pdf>, accessed 5. 2. 2019.

Friedman, M. (1937). The use of ranks to avoid the assumption of normality implicit in the analysis of variance. *Journal of the American Statistical Association*, 32 (200), 675–701. DOI: <https://doi.org/10.1080/01621459.1937.10503522>

Friedman, M. (1940). A comparison of alternative tests of significance for the problem of m rankings. *The Annals of Mathematical Statistics*, 11 (1), 86–92. DOI: <https://doi.org/10.1214/aoms/1177731944>

Georganos, S., Grippa, T., Vanhuyse, S., Lennert, M., Shimoni, M., Kalogirou, S., Wolff, E. (2018). Less is more: optimizing classification performance through feature selection in a very-high-resolution remote sensing object-based urban application. *GIScience & Remote Sensing*, 55 (2), 221–242. DOI: <https://doi.org/10.1080/15481603.2017.1408892>

Goel, N. S., Qin, W. (1994). Influences of canopy architecture on relationships between various vegetation indices and LAI and FPAR: A computer simulation. *Remote Sensing Reviews*, 10 (4), 309–347. DOI: <https://doi.org/10.1080/0275725940932252>

GRASS Development Team. (2017). *Geographic Resources Analysis Support System*

- (GRASS GIS) Software, Version 7.2. <http://grass.osgeo.org>, accessed 5. 2. 2019.
- H20.ai. (2019). R Interface for H20. <https://github.com/h2oai/h2o-3>, accessed 5. 2. 2019.
- Hall, M. A. (1999). Correlation-based feature selection for machine learning. <https://www.lri.fr/~pierres/donn%9Ees/save/these/articles/lpr-queue/hall99correlationbased.pdf>, accessed 20. 3. 2019.
- Hall, M. A., Holmes, G. (2003). Benchmarking attribute selection techniques for discrete class data mining. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 15 (6), 1437–1447. DOI: <https://doi.org/10.1109/tkde.2003.1245283>
- Haralick, R. M., Shanmugam, K. (1973). Textural features for image classification. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, (6), 610–621. <http://haralick.org/journals/TexturalFeaturesHaralickShanmugamDinstein.pdf>, accessed 5. 2. 2019.
- Helmholz, P., Rottensteiner, F., Heipke, C. (2014). Semi-automatic verification of cropland and grassland using very high resolution mono-temporal satellite images. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 97, 204–218. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjrs.2014.09.008>
- Hornik, K., Buchta, C., Zeileis, A. (2009). Open-source machine learning: R meets Weka. *Computational Statistics*, 24 (2), 225–232. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00180-008-0119-7>
- Hotelling, H. (1936). Relations between two sets of variates. *Biometrika*, 28 (3/4), 321–377. DOI: <https://doi.org/10.2307/2333955>
- Chavez, P. S., and others. (1996). Image-based atmospheric corrections-revisited and improved. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 62 (9), 1025–1035. <https://pdfs.semanticscholar.org/45f1/2625ce130261c7d360d50e09c635355ca919.pdf>, accessed 5. 2. 2019.
- Chen, J. M. (1996). Evaluation of vegetation indices and a modified simple ratio for boreal applications. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 22 (3), 229–242. DOI: <https://doi.org/10.4095/218303>
- Chen, J., Liu, H., Chen, J., Peng, S. (2018). Trend forecast based approach for cropland change detection using Landsat-derived time-series metrics. *International Journal of Remote Sensing*, 39 (21), 7587–7606. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431161.2018.1475774>
- Chen, T., He, T., Benesty, M., Khotilovich, V., Tang, Y. (2017). xgboost: Extreme Gradient Boosting. <https://cran.r-project.org/package=xgboost>, accessed 16. 2. 2019.
- Christophe, E., Inglada, J., Gios, A. (2008). Orfeo toolbox: a complete solution for mapping from high resolution satellite images. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37 (PART B4), 1263–1268. https://www.researchgate.net/profile/Emmanuel_Christophe/publication/228880189_ORFEO_TOOLBOX_A_COMPLETE_SOLUTION_FOR_MAPPING_FROM_HIGH_RESOLUTION_SATELLITE_IMAGES/links/0f31753bdeb1ae1c64000000.pdf, accessed 1. 3. 2019.
- Iba, W., Langley, P. (1992). Induction of one-level decision trees. In *Machine Learning Proceedings 1992* (pp. 233–240). Elsevier. DOI: <https://doi.org/10.1016/b978-1-55860-247-2.50035-8>
- Jensen, J. R. (1986) *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA, 379p. DOI: [https://doi.org/10.1016/0262-8856\(86\)90052-1](https://doi.org/10.1016/0262-8856(86)90052-1)
- Klouček, T., Moravec, D., Komárek, J., Lagner, O., Štych, P. (2018). Selecting appropriate variables for detecting grassland to cropland changes using high resolution satellite data. *PeerJ*, 6, e5487. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.5487>
- Kooistra, L., Leuven, R., Wehrens, R., Nienhuis, P. H., Buydens, L. M. C. (2003). A comparison of methods to relate grass reflectance to soil metal contamination. *International Journal of Remote Sensing*, 24 (24), 4995–5010. DOI: <https://doi.org/10.1080/0143116031000080769>
- Kursa, M. B., Rudnicki, W. R., and others. (2010). Feature selection with the Boruta package. *Journal of Statistical Software*, 36 (11), 1–13. DOI: <https://doi.org/10.18637/jss.v036.i11>
- Lennert, M. (2016). GRASS Development Team Addon i.segment.uspo. <https://grass.osgeo.org/grass74/manuals/addons/i.segment.uspo.html>, accessed 16. 3. 2019.
- Lennert, M. (n.d.). GRASS Development Team Addon i.segment.stats. <https://grass.osgeo.org/grass74/manuals/addons/i.segment.stats.html>, accessed 16. 3. 2019.
- Leo Breiman, Jerome Friedman, Charles J. Stone, R. A. O. (1984). *Classification and Regression Trees* (1st edit). CRC press. DOI: <https://doi.org/10.2307/2530946>
- Liu, C., Frazier, P., Kumar, L. (2007). Comparative assessment of the measures of thematic classification accuracy. *Remote Sensing of Environment*, 107 (4), 606–616. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2006.10.010>
- Lobo, A., Chic, O., Gasterad, A. (1996). Classification of Mediterranean crops with multisensor data: per-pixel versus per-object statistics and image segmentation. *International Journal of Remote Sensing*, 17 (12), 2385–2400. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431169608948779>
- Lunetta, R. S., Shao, Y., Edirwickrema, J., Lyon, J. G. (2010). Monitoring agricultural cropping patterns across the Laurentian Great Lakes Basin using MODIS-NDVI data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 12 (2), 81–88. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2009.11.005>
- Ma, L., Fu, T., Blaschke, T., Li, M., Tiede, D., Zhou, Z., Chen, D. (2017). Evaluation of feature selection methods for object-based land cover mapping of unmanned aerial vehicle imagery using random forest and support vector machine classifiers. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6 (2), 51. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi6020051>
- Ma, L., Li, M., Blaschke, T., Ma, X., Tiede, D., Cheng, L., Chen, D. (2016). Object-based change detection in urban areas: the effects of segmentation strategy, scale, and feature space on unsupervised methods. *Remote Sensing*, 8 (9), 761. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs8090761>
- Masek, J. G., Vermote, E. F., Saleous, N., Wolfe, R., Hall, F. G., Huemmrich, F., Lim, T. K. (2013). LEDAPS calibration, reflectance, atmospheric correction preprocessing code, version 2. Model Product. DOI: <https://doi.org/10.3334/ORNDAAC/1146>
- Müller, H., Rufin, P., Griffiths, P., Siqueira, A. J. B., Hostert, P. (2015). Mining dense Landsat time series for separating cropland and pasture in a heterogeneous Brazilian savanna landscape. *Remote Sensing of Environment*, 156, 490–499. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.10.014>
- Nemenyi, P. (1962). Distribution-free multiple comparisons. In *Biometrics* (Vol. 18, p. 263).
- Nielsen, A. A. (2005). An iterative extension to the MAD transformation for change detection in multi-and hyperspectral remote sensing data. *A. a*, 11 (2), 21. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/>

download?doi=10.1.1.381.8317&rep=rep1&type=pdf, accessed 5. 3. 2019.

Nielsen, A. A. (2007). The regularized iteratively reweighted MAD method for change detection in multi- and hyperspectral data. *IEEE Transactions on Image Processing*, 16 (2), 463–478. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.381.8317&rep=rep1&type=pdf>, accessed 5. 2. 2019.

Nielsen, A. A., Conradsen, K., Simpson, J. J. (1998). Multivariate alteration detection (MAD) and MAF postprocessing in multispectral, bitemporal image data: New approaches to change detection studies. *Remote Sensing of Environment*, 64 (1), 1–19. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0034-4257\(97\)00162-4](https://doi.org/10.1016/s0034-4257(97)00162-4)

Nielsen, A. A., Hecheljtjen, A., Thonfeld, F., Cauty, M. J. (2010). Automatic change detection in RapidEye data using the combined MAD and kernel MAF methods. In *Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, 2010 IEEE International (pp. 3078–3081). DOI: <https://doi.org/10.1109/igarss.2010.5652663>

Niemeyer, I., Marpu, P. R., Nussbaum, S. (2008). Change detection using object features. In *Object-Based Image Analysis* (pp. 185–201). Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-540-77058-9_10

Pakzad, K., Growe, S., Heipke, C., Liedtke, C.-E. (2001). Multitemporale Luftbildinterpretation: Strategie und Anwendung. *KI*, 15 (4), 10–16. https://www.researchgate.net/publication/220633234_Multitemporale_Luftbildinterpretation_Strategie_und_Anwendung, accessed 10. 2. 2019.

Peng, D., Jiang, Z., Huete, A. R., Ponce-Campos, G. E., Nguyen, U., Luval, J. C. (2013). Response of spectral reflectances and vegetation indices on varying juniper cone densities. *Remote Sensing*, 5 (10), 5330–5345. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs5105330>

Pflugmacher, D., Rabe, A., Peters, M., Hostert, P. (2019). Mapping pan-European land cover using Landsat spectral-temporal metrics and the European LUCAS survey. *Remote Sensing of Environment*, 221, 583–595. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.12.001>

Pohlert, T. (2014). The Pairwise Multiple Comparison of Mean Ranks Package (PMCMR). <http://cran.r-project.org/package=PMCMR>, accessed 10. 3. 2019.

Qiu, S., He, B., Yin, C., Liao, Z. (2017). Assessments of Sentinel 2 vegetation red-edge spectral bands for improving land cover classification. *Proceeding. The International Archive of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42. DOI: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-xxii-2-w7-871-2017>

R Core Team. (2017). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria. <https://www.r-project.org>, accessed 20. 12. 2018.

Rondeaux, G., Steven, M., Baret, F. (1996). Optimization of soil-adjusted vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, 55 (2), 95–107. DOI: [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(95\)00186-7](https://doi.org/10.1016/0034-4257(95)00186-7)

Roujean, J.-L., Breon, F.-M. (1995). Estimating PAR absorbed by vegetation from bidirectional reflectance measurements. *Remote Sensing of Environment*, 51 (3), 375–384. DOI: [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(94\)00114-3](https://doi.org/10.1016/0034-4257(94)00114-3)

Rouse Jr, J., Haas, R. H., Schell, J. A., Deering, D. W. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19740022614.pdf>, accessed 17. 2. 2019.

Salzberg, S. L. (1994). *C4.5: Programs for machine learning* by j. ross quinlan. morgan kaufmann publishers, inc., 1993. *Machine Learning*, 16 (3), 235–240. DOI: <https://doi.org/10.1007/bf00993309>

Schapiro, R. E. (2003). The boosting approach to machine learning: An overview. In *Nonlinear estimation and classification* (pp. 149–171). Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-0-387-21579-2_9

Smith, A. M., Buckley, J. R. (2011). Investigating RADARSAT-2 as a tool for monitoring grassland in western Canada. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 37 (1), 93–102. DOI: <https://doi.org/10.5589/m11-027>

Sripada, R. P., Heiniger, R. W., White, J. G., Weisz, R. (2005). Aerial color infrared photography for determining late-season nitrogen requirements in corn. *Agronomy Journal*, 97 (5), 1443–1451. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2004.0314>

Stefanski, J., Mack, B., Waske, B. (2013). Optimization of object-based image analysis with random forests for land cover mapping. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 6(6), 2492–2504. DOI: <https://doi.org/10.1109/jstars.2013.2253089>

Stoate, C., Báldi, A., Beja, P., Boatman, N. D., Herzon, I., Van Doorn, A., Ramwell, C. (2009). Ecological impacts of early 21st century agricultural change in Europe—a review. *Journal of Environmental Management*, 91 (1), 22–46. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.07.005>

Stoate, C., Boatman, N. D., Borralho, R. J., Carvalho, C. R., De Snoo, G. R., Eden, P. (2001). Ecological impacts of arable intensification in Europe. *Journal of Environmental Management*, 63 (4), 337–365. DOI: <https://doi.org/10.1006/jema.2001.0473>

Switzer, P. (1985). Min/max autocorrelation factors for multivariate spatial imagery. *Computer Science and Statistics*. https://www.researchgate.net/publication/246829231_Minmax_autocorrelation_factors_for_multivariate_spatial_imagery, accessed 15. 3. 2019.

Vegetation Science Group. (2019). *Vegetation Science Group*. <https://www.sci.muni.cz/botany/vegsci/vegetace.php?lang=en>, accessed 15. 3. 2019.

Wang, X., Gao, Q., Wang, C., Yu, M. (2017). Spatiotemporal patterns of vegetation phenology change and relationships with climate in the two transects of East China. *Global Ecology and Conservation*, 10, 206–219. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2017.01.010>

Wardlow, B. D., Egbert, S. L., Kastens, J. H. (2007). Analysis of time-series MODIS 250 m vegetation index data for crop classification in the US Central Great Plains. *Remote Sensing of Environment*, 108(3), 290–310. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2006.11.021>

Webb, G. I. (2000). Multiboosting: A technique for combining boosting and wagging. *Machine Learning*, 40 (2), 159–196. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:100765951>

Weeks, E. S., Ausseil, A.-G. E., Shepherd, J. D., Dymond, J. R. (2013). Remote sensing methods to detect land-use/cover changes in New Zealand's "indigenous" grasslands. *New Zealand Geographer*, 69 (1), 1–13. DOI: <https://doi.org/10.1111/nzg.12000>

Wing J. M. K. C., Weston, S., Williams, A., Keefer, C., Engelhardt, A., Cooper, T., Hunt, T. (2017). *caret: Classification and Regression Training*. <https://cran.r-project.org/package=caret>, accessed 19. 12. 2018.

Xu, Y., Yu, L., Zhao, F. R., Cai, X., Zhao, J., Lu, H., Gong, P. (2018). Tracking annual cropland changes from 1984 to 2016 using time-series Landsat images with a change-detection and post-classification approach: Experiments from three

- sites in Africa. *Remote Sensing of Environment*, 218, 13–31. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.09.008>
- Yang, X., Smith, A. M., & Hill, M. J. (2017). Updating the grassland vegetation inventory using change vector analysis and functionally-based vegetation indices. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 43 (1), 62–78. DOI: <https://doi.org/10.1080/07038992.2017.1263151>
- Yang, Z., Willis, P., Mueller, R. (2008). Impact of band-ratio enhanced AWIFS image to crop classification accuracy. In *Proc. Pecora (Vol. 17)*. <http://www.asprs.org/a/publications/proceedings/pecora17/0041.pdf>, accessed 20. 2. 2019.
- Yin, H., Prishchepov, A. V, Kuemmerle, T., Bleyhl, B., Buchner, J., Radeloff, V. C. (2018). Mapping agricultural land abandonment from spatial and temporal segmentation of Landsat time series. *Remote Sensing of Environment*, 210, 12–24. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.02.050>
- Zhou, Z., Huang, J., Wang, J., Zhang, K., Kuang, Z., Zhong, S., Song, X. (2015). Object-oriented classification of sugarcane using time-series middle-resolution Remote Sensing data based on adaboost. *PloS One*, 10 (11), e0142069. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0142069>

Jiří Šandera designed and performed the research, analyzed data and wrote the manuscript. He prepared maps, figures and tables.

Přemysl Štych is a senior author. He conceived and supervised the research and made a contribution to writing the text. Both authors discussed and approved the submitted manuscript.



Šandera J., Štych P. (2019). Change detection workflow for mapping changes from arable lands to permanent grasslands with advanced boosting methods. *Geodetski vestnik*, 63 (3), 379–394.
DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2019.03.379-394>

Jiří Šandera, M.Sc.
Faculty of Science

Department of Applied Geoinformatics and Cartography
Albertov 6, Prague 2, 128 43, Czech Republic
e-mail: jirisandera@windowslive.com

Assoc. Prof. Přemysl Štych, Ph.D.
Faculty of Science

Department of Applied Geoinformatics and Cartography
Albertov 6, Prague 2, 128 43, , Czech Republic
e-mail: stych@natur.cuni.cz

PRIMERJAVA ALGORITMOV ZA FILTRIRANJE ZA IZDELAVO DMR IZ LIDARSKIH PODATKOV: ŠTUDIJSKI PRIMER BERGAMA, TURČIJA

COMPARISON OF FILTERING ALGORITHMS USED FOR DTM PRODUCTION FROM AIRBORNE LIDAR DATA: A CASE STUDY IN BERGAMA, TURKEY

Baris Suleymanoglu, Metin Soycan

UDK: 528.8.044.6:528.2:(560.11)
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01
Prispelo: 17. 12. 2018
Sprejeto: 23. 6. 2019

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2019.03.395-414
SCIENTIFIC ARTICLE
Received: 17. 12. 2018
Accepted: 23. 6. 2019

IZVLEČEK

Sistemi za aerolasersko skeniranje (lidar) spadajo med najpomembnejše tehnologije za izdelavo digitalnega modela reliefa (DMR). Oblak točk, ki jih s takšnimi rešitvami pridobimo, sestavljajo točke, ki se nanašajo na površje Zemlje (tla) in na ostale pojave v prostoru. Pri izdelavi DMR-ja jih je treba ločiti na točke tal in ostale točke. V ta namen so bili v preteklosti izdelani številni algoritmi za filtriranje oblaka točk. Namen študije je bil na štirih študijskih območjih z različno pokrovnostjo tal preizkusiti šest različnih algoritmov za filtriranje oblaka točk. Algoritmi, ki smo jih preizkusili, so bili prilagodljiva mreža neenakih trikotnikov ATIN (angl. adaptive triangulated irregular network), višinski prag z razširjenim oknom ETWE (angl. elevation threshold with an expand window), največji lokalni naklon MLS (angl. maximum local slope), progresivna morfologija PM (angl. progressive morphology), iterativno polinomske prilaganje IPF (angl. iterative polynomial fitting) ter klasifikacija ukrivljenosti MCC (angl. multiscale curvature classification). Dobljeni rezultati so bili dobri za vse uporabljene filtre pri gladkih površinah, več napak pa se je pojavilo na kompleksnih urbanih območjih in na razgibanem terenu z gosto vegetacijo. Algoritem IPF se je najbolje izkazal za prva tri študijska območja, za četrto območje se je najbolje izkazal algoritem ETEW.

KLJUČNE BESEDE

lidar, aerolasersko skeniranje, algoritmi za filtriranje, digitalni model reliefa, oblak točk

ABSTRACT

A light detection and ranging (lidar) system is one of the most important technologies used for generating digital terrain models (DTMs). The point cloud data obtained by these systems consist of data gathered from ground and nonground features. To create a DTM with high resolution and accuracy, ground and nonground data must be separated. Numerous filtering algorithms have been developed for this purpose. The aim of this study was testing the filtering performance of six different filtering algorithms in four different test areas with different land cover were selected that had topographical features and characteristics. The algorithms were adaptive triangulated irregular network (ATIN), elevation threshold with an expand window (ETEW), maximum local slope (MLS), progressive morphology (PM), iterative polynomial fitting (IPF), and multiscale curvature classification (MCC) algorithms. In the results, all the filters performed well on a smooth surface and produced more errors in complex urban areas and rough terrain with dense vegetation. The IPF filtering algorithm generated the best results for the first three test areas (smooth landscape, urban areas and agricultural areas), while ETEW performed best in the fourth test area (steep areas with dense vegetation and infrastructure).

KEY WORDS

lidar, airborne lidar, filtering algorithm, digital elevation model, point cloud

1 INTRODUCTION

As an active remote-sensing technology, light detection and ranging (lidar) systems use laser pulses for measuring the nonvertical distances between lidar sensors and ground surfaces (Wever and Lindenberger, 1999). Lidar systems are important measurement systems that have been increasing in popularity in recent decades; lidar can be integrated with different platforms (aircraft, helicopter, unmanned aerial vehicle), and the system consists of a laser scanner integrated with a global positioning system (GPS) and inertial navigation unit (INS) (Wehr and Lohr, 1999). Hence, high-density and high-accuracy three-dimensional (3D) data can be obtained with lidar systems (Habib et al., 2005). Over the past two decades, many studies have been performed on the processing and application of lidar data. Lidar point cloud data have become the main source of terrain-related applications, such as the generation of digital surface models (DSMs), digital terrain models (DTMs), 3D urban modeling, hydrological modeling, glacier monitoring, flood plain assessment, and the detection of electrical powerlines (e.g., Axelsson, 1999; Hodgson et al., 2005; Liu, 2008). Although lidar data can be used in a wide variety of applications, DTMs constitute a key element for their realization (Chen et al., 2017).

Lidar data capture fast and accurate 3D point data for large areas; moreover, they are unaffected by the presence of light and can penetrate vegetation and capture points beneath a forest canopy. Thus, they overcome the disadvantages of conventional measurement methods like field surveying and photogrammetry (Kraus and Pfeifer, 1998). Such data are becoming the primary tool for the production of DTMs. In this context, some countries or states are working to acquire national coverage of lidar data and DTMs (Pfeifer and Mandlburger, 2018). In fact, some countries have carried out nationwide data acquisition using lidar; the Netherlands did so for the second time in 2012 and decided to update these data regularly (Vosselman et al., 2015). Such developments illustrate that lidar data and DTMs are becoming standard products released from national geoportals (Krishnan et al., 2011).

Despite their advantages, lidar point cloud data include various ground and nonground objects, such as buildings, bridges, trees, cars, and the ground, that must be differentiated (Liu, 2008). The separation of ground and nonground points to generate highly accurate DTMs is called *filtering* (Briese, 2010). Numerous filtering algorithms have been developed for extracting ground (bare land) points from raw lidar data. However, each developed filtering algorithm has weaknesses and strengths, and its performance depends on the surface types (Sithole and Vosselman, 2004). To determine the strengths and weaknesses of the filtering algorithms, it is necessary to test them on diverse landscapes, and the results must be analyzed qualitatively and quantitatively.

According to Briese (2010) and Pfeifer and Mandlburger (2018), filtering algorithms can be divided into four different categories, which are as follows: morphological filtering, progressive densification, surface-based filtering, and segment-based filtering algorithms. Morphological filtering algorithms are based on the concept of mathematical morphology. The two basic operators used in this approach are erosion and dilation. With the consecutive use of these two operators, closing (erosion-dilation) and opening (dilation-erosion) operators are applied. Minimum and maximum objects can be determined in the structure element (Haralick and Shapiro, 1992; Briese, 2010). Vosselman (2000) developed a filtering algorithm based on a mathematical morphology that uses admissible height differences as a function of the Euclidean distance between points. A modified version of this filtering algorithm was

developed and presented by different researchers (Sithole, 2001; Zaksek and Pfeifer, 2006). Sithole (2001) developed a local operator that can be changed based on the slope of the terrain, while Zaksek and Pfeifer (2006) introduced an inclined slope operator for eliminating the effect of terrain relief. To remove different-sized objects, Kilian et al. (1996) employed multiple structure elements (i.e., windows) and assigned weights to points depending on the window size. In the progressive morphological filter developed by Zhang et al. (2003), the size of the window was determined by the slope of the terrain. Several additional morphological filters have been developed by other authors (Susaki, 2012; Pingel et al., 2013; Li et al., 2014; Mongus et al., 2014).

Progressive densification represents another important filtering algorithm group. This type of filter works progressively with the help of a triangulated irregular network (TIN). Axelsson (2000) introduced a progressive densification filtering process with a different filtering strategy; it starts with a small subset of point cloud data and iteratively increases the point data. In this approach, the first data subset is generated with a simple block minimum filter (Briese, 2010). Then, for each iteration, a point is added to the TIN if it matches certain criteria. This process ends when no more points are added to the TIN surface or no more points are below the threshold. This filtering algorithm is also used in commercial software, such as Terrasolid (Chen et al., 2017). Sohn and Dowman (2002) applied progressive densification with an initial downward step to find points below the TIN surface, and they updated the model using these points. Thereafter, an upward step was conducted for determining the appropriate points according to the threshold value. Other progressive filters have been developed by Guan et al. (2014), Chen et al. (2016), and Zhang and Lin (2013).

Kraus and Pfeifer (1998) developed a surface-based filter using least-squares interpolation. This algorithm works iteratively. First, rough terrain is generated using all the data. Following this, an averaging surface is created between the ground and nonground points. Residuals are created according to their distance from the averaging surface, and weight is attached to the points according to their residual values. Points that have negative residual values are weighted more heavily and are considered ground points (Pfeifer et al., 2001). Elmqvist (2001) used an active shape model for representing the terrain surface. Starting from last-return points, Chen et al. (2012) separated lidar points into different elevation layers. The detection of ground points and refining of the output DTMs were carried out from the top to the bottom layer. Zhang et al. (2016) used a cloth simulation from computer science. The cloth shape was set by the functions of gravity, intersections, and inner forces of the cloth. Finally, based on the cloth particles, lidar points were filtered (Chen et al., 2017).

Unlike the approaches of previous filtering algorithms, segment-based filtering algorithms aim to classify neighbouring points by looking at the similarities between points instead of classifying them one by one. Sithole and Vosselman (2005) and Tóvári and Pfeifer (2005) developed and presented this approach, where the goal was overcoming the difficulties in filtering the single points.

In addition to these four methods, other filtering approaches have been developed and used. Wu et al. (2011) employed support vector machines, while Hu and Yuan (2016) used the deep convolutional neural network method to classify lidar point cloud data. Jahromi et al. (2011) employed artificial neural networks. Furthermore, Bartels and Wei (2010) developed a threshold-free algorithm for automating the filtering process to a high level, especially for reducing the dependence of the threshold value. In addition,

in point cloud classification studies, full-waveform lidar data have been increasingly investigated due to providing extra features, such as the echo width of the object surfaces (Pfeifer and Mandlburger, 2018). Mallet et al. (2011) classified lidar data into ground, vegetation, and building points using differential laser cross-sections generated from full-waveform lidar data. Finally, Jutzi and Stilla (2005) performed urban land classification using the relationship between neighbouring waveforms.

As indicated above, many algorithms have been developed for filtering lidar point cloud data. Multiple studies comparing lidar filtering algorithms have been published, including those by Sithole and Vosselman (2004), Podobnikar and Vrečko (2012), Mongus et al. (2013), Julge et al. (2014), and Zhao et al. (2018). However, the performances of filtering algorithms are generally tested under specific topographic and environmental conditions. Therefore, there is still a need for further investigation of the effects of different classes of land use and land cover on filtering algorithms' performance (Silva et al., 2018).

Although many filtering algorithms have been proposed, there are still some difficulties with filtering lidar point cloud data. The performance results of the filtering algorithms vary under different terrain situations, and each algorithm has unique strengths and limitations in certain situations (Chen et al., 2017). Therefore, the aim of this study is investigating the effects of terrain and environmental factors on the performance of different filtering algorithms that are widely used today. In addition, the use of point cloud data obtained from lidar systems by private and public institutions is gradually increasing in our country. Hence, the results of this study can help decide which single or combination of filtering techniques are appropriate for use. Therefore, the performance of these filtering methods was examined in different test areas, which are the most common topographic surfaces in our country, such as surfaces mixed with different topographic objects (i.e., a small valley, open landscape, high and low vegetation), building-dominated urban areas, vegetated mountains, and agricultural land with crops and shrubs. Furthermore, the aim is determining the most suitable filtering algorithm for specific test areas and the appropriate parameter values for each filtering algorithm for each test area. To accomplish this, the filtering results are analyzed qualitatively and quantitatively in terms of reference data filtered manually via visual inspection. In the next section, the mathematical models and basic principles of these filtering methods are briefly explained. Finally, the results of the filtering are analyzed in detail, and the paper concludes with a brief summary.

2 FILTERING METHODS

The filtering algorithms used in this study are classified as morphological (maximum local slope [MLS], progressive morphology [PM]), progressive densification (adaptive triangulated irregular network [ATIN]), surface-based (iterative polynomial fitting [IPF]), and other filtering (elevation threshold with an expand window [ETEW], multiscale curvature classification [MCC]) algorithms among the classes determined by Briese (2010) and Pfeifer and Mandlburger (2018). Filtering is performed using the ALDPAT (ETEW, MLS, PM, IPF, ATIN) (Zhang and Cui, 2007) and MCC-Lidar (Evans and Hudak, 2007) software programs.

2.1 Elevation Threshold with an Expand Window (ETEW) Filter

This filtering algorithm starts with the division of the test area into square cells; all points except the minimum elevation are excluded. Cell sizes are increased iteratively, and filtering is performed by compar-

ing the height differences between the threshold values. The filtering algorithm works iteratively until no more points are added to the ground. Formulas (1), (2), and (3) are adopted from Zhang and Whitman (2005) and Zhang and Cui (2007):

$$Z_{ij} - Z_{i,\min} > h_{i,T} \tag{1}$$

$$h_{i,T} = s * c_i, \tag{2}$$

$$c_i = 2 * c_{i-1} \quad i = 2, 3, \dots M. \tag{3}$$

Here, Z_{ij} represents the height of each point (p_{ij}) in the cells; the minimum height in the cell is $Z_{i,\min}$, and $h_{i,T}$ is the height threshold, which is calculated based on the maximum slope value (s) and cell size parameter (c_i). The cell size is doubled at each iteration (c_i). M specifies the total number of iterations.

2.2 Maximum Local Slope (MLS)

This filtering algorithm classifies ground data using the slope values between a lidar point and its neighbors. The MLS algorithm used in the ALDPAT software is comparable to Vosselman's (2000) filter. Lidar data $p_o(x_o, y_o, z_o)$ are classified as ground points when the maximum slope (s_o, \max) between points is less than the threshold value (s):

$$s_{o,j} = \frac{z_o - z_j}{\sqrt{(x_o - x_j)^2 + (y_o - y_j)^2}}, \tag{4}$$

$$\text{if } s_{o,\max} < s \longrightarrow p_o \text{ classified as ground data.} \tag{5}$$

2.3 Progressive Morphological (PM) Filter

A PM filter was developed by Zhang et al. (2003). The points with the minimum height in the cell are selected, and the approximate surface is created. Secondary surfaces are generated by applying an opening operation to the initial surface. The differences between the two surfaces are compared with the threshold value; points below the value are selected as ground points. The window size must be larger than the largest object in the workspace so that nonground objects can be filtered effectively. During filtering, the window size is increased iteratively, and ground points are selected according to the elevation threshold (Zhang and Cui, 2007). The threshold value $dh_{i,T}$ is calculated as follows:

$$\begin{aligned} dh_o & & \text{if } w_i \leq 3, \\ dh_{i,T} &= s(w_i - w_{i-1}) * c + dh_o & \text{if } w_i > 3, \\ dh_{\max} & & \text{if } dh_{i,T} > dh_{\max}. \end{aligned} \tag{6}$$

2.4 Iterative Polynomial Fitting (IPF) Filter

Unlike other algorithms, the IPF filtering algorithm iteratively selects the ground data from the original dataset. It starts with the selection of the points with the lowest height in the large moving window centred over each grid node. These represent the initial set of ground points. Then, the window size is reduced and new candidate points for the ground are selected. A candidate point is classified as a ground point if the elevation difference between the candidate and interpolated surface is less than a predefined threshold. This process continues until the window size is smaller than the grid spacing is (Zhang and Cui, 2007).

2.5 Multiscale Curvature Classification (MCC)

The MCC filtering algorithm first constructs the surface using all the points with thin-plate spline interpolation; following this, the interpolation surface is smoothed using 3×3 kernel functions and the curvature tolerance is added to each cell. If the z value of a point is greater than the curvature threshold point, it is classified as a nonground point. This process is performed iteratively in the three-scale domain, and the threshold is recalculated at each step (Evans and Hudak, 2007).

2.6 Adaptive Triangulated Irregular Network (ATIN) Filter

In the ATIN filter, first, the test area is subdivided into user-defined small cells and the minimum elevation is selected. These local minimum points are considered ground points. Next, a rough TIN is generated based on seed points using the Delaunay triangulation algorithm. All the points except for seed points are examined in terms of their distance to the TIN surface and maximum of three angles between the triangle surface. If the distance and angle of a point are less than the predefined threshold, the point is added to the ground points. The TIN is created using these new points. This process iteratively continues until all points are classified as ground or nonground (Zhang and Cui, 2007).

3 MATERIALS AND METHODS

3.1 Examination and Comparison of the Filtering Methods in Different Test Areas

In this study, the performance of the abovementioned filtering algorithms in our test areas was investigated, and the most appropriate parameter values were determined for these areas. Filtering was carried out using specified parameter values, and a comprehensive statistical analysis was conducted for the results. Detailed information on the data and test area used in this study, the methodology used for data processing, and comparison and analysis of the results are explained in the sections below.

3.2 Test Areas and Data

The lidar data used in this study were collected by the General Directorate of Mapping in Bergama County, İzmir Province, Turkey. The flight was accomplished with an Optech Pegasus HA-500 on October 20–21, 2014 from a flying height of 1,200 m (Kayi et al., 2015). The parameters for the test flight were as follows:

- Flight height: 1,200 m;
- Field of view: $\pm 35^\circ$;
- Scanning mechanism: oscillating mirror;
- Swath width: 580 m;
- Flying speed: 277.8 km/h; and
- Overlap: 25%.

The accuracy of the point cloud data obtained with the Optech Pegasus HA-500 system was tested with 51 control points. These were measured using a TUSAGA-Active RTK GNSS. Among these points, 26 were used as the control points for georeferencing the point cloud and 25 points used as checkpoints for calculating the vertical accuracy. The root mean square error (RMSE) of the point cloud data was 0.07 m for the vertical accuracy of the checkpoints (Kayi et al., 2015).

Table 1: Statistical values for the test areas.

Parameters	First Test Area	Second Test Area	Third Test Area	Fourth Test Area
Area (km ²)	0.36	0.36	0.13	0.44
Point Density (pt/m ²)	24	17	14	17
Max. Height (m)	259.73	139.04	74.79	211.97
Min. Height (m)	141.25	76.83	70.55	105.34
Mean slope for raw data (deg)	45.30	33.25	6.86	50.25
Mean slope for reference data (deg)	11.85	7.8	1.45	15.09

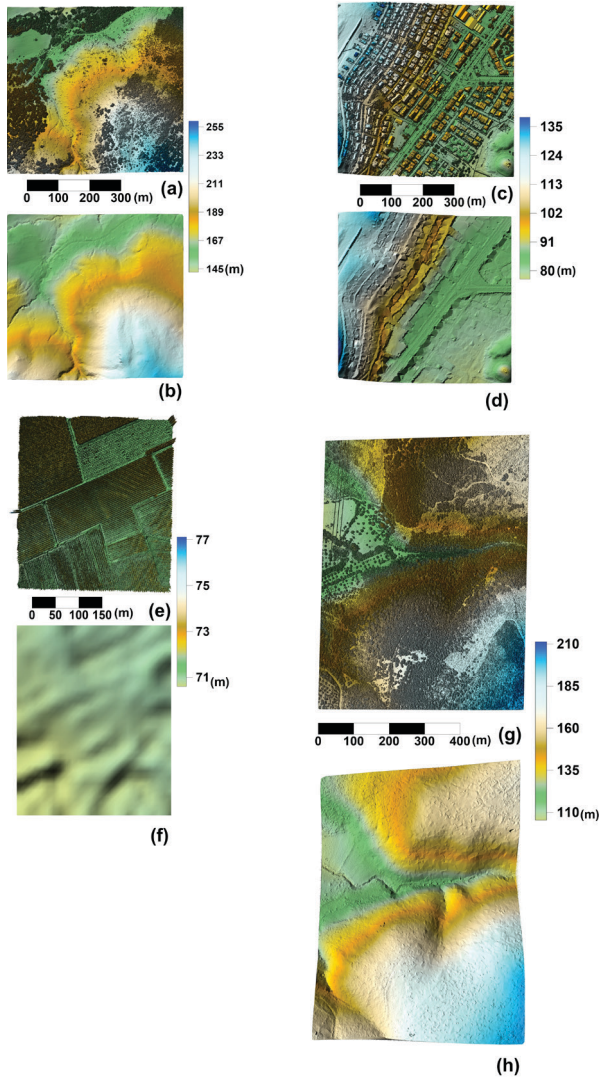


Figure 1: Digital surface model of first (a), second (c), third (e) and fourth (g) test area , digital terrain model of first (b), second (d), third (f) and fourth (h) test area.

Four test areas with different terrain characteristics and objects (roads, buildings, vegetation) were selected. The first test area (Figure 1a,b) consists of diverse terrain features, such as small valleys, open landscape, and rural roads. Trees of different types and sizes are also spread throughout the study area. The second test area (Figure 1c,d) was selected from low-relief urban spaces at the centre of Bergama County. It includes different-sized residential houses, large factory buildings, trees, highways, and open landscape. The third test area (Figure 1e,f) was selected from a relatively flat agricultural area consisting of crops and shrubs. The vegetation heights for the study area varied between 50 cm and 2 m, which can be classified as low vegetation in accordance with the American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS) LAS file format specifications (low vegetation: $0.5 \text{ m} < \text{height} < 2 \text{ m}$; Khosravipour et al., 2014). The fourth test area (Figure 1g,h) consists of steep slope valleys covered with dense vegetation. In this study area, different-sized vegetation is located on the slopes. In addition, there is a riverbed, transmission towers, and areas covered with low and high trees. Detailed statistics on both test areas are listed in Table 1. The DSMs and DTMs of all the test areas are illustrated in Figure 1. The DTMs were generated from a rough filtering process for visualizing the terrain characteristics.

3.3 Processing of the Test Data and Comparative Methodology

Many parameters are influential in the practical use of the filtering models summarized in the previous section. The correct determination of these parameters directly affects the filtering results. Hence, the aim of this study was determining the most suitable filtering algorithm and appropriate parameter values for each test area. Therefore, different combinations of parameters for each filtering algorithm were empirically tested, and optimal parameters were determined in a two-step procedure. First, qualitative analysis was performed by visual examination between the filtered DTM surface and reference DTM surface. If there were significant errors on the surface, detailed statistical analysis was not performed, and the filtering process was repeated by changing the parameters. For detecting a significant error, a visual examination was utilized between DTM surfaces and shaded relief maps generated by the reference and filtered point clouds. Based on visual examinations, obvious errors could be detected by investigating topographic changes, such as removing or preserving obvious features like mounds or buildings. If there was an apparent difference in the surfaces, the second step of the process was not initiated. However, if there was no significant difference between the filtered and reference surfaces, the second step was carried out.

As indicated above, there are different methods used for creating a reference DTM, such as employing a well-known algorithm (ATIN embedded in Terrasolid) for gathering ground data by field measurement (GNSS, Total Station). However, none of the filtering algorithms performs ideally in all terrain surfaces; moreover, field measurements can only be performed in limited areas, and they are highly time-consuming and costly (Julge et al., 2014). For selecting the correct ground data, we used manual classification based on hand filtering via the detailed examination of satellite photographs, intensity views, and lidar point clouds. The reference DTM was generated using these correct ground data.

In the second step of this study, qualitative and quantitative analyses were conducted for different DTM surfaces (generated by extracting the filtered DTM from the reference DTM). Qualitative analysis was performed via the visual examination of different DTM surfaces. Quantitative assessment was done by

calculating statistical values, such as the minimum, maximum, RMS, mean, and median of different DTM surfaces. RMS is the most important statistical value for determining the parameters of filtering algorithms (Aguilar and Mills 2008; Liu et al., 2015). The RMS value was calculated according to discrepancies between Z values of the reference grid nodes (Z_{ref}) and those at the same locations (x, y) of filtered DTM grid nodes ($Z_{flt-alg}$) in these two surfaces:

$$\Delta Z(x_i, y_i) = Z_{flt-alg}(x_i, y_i) - Z_{ref}(x_i, y_i), \tag{1}$$

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta Z_i^2}{n}}, \tag{2}$$

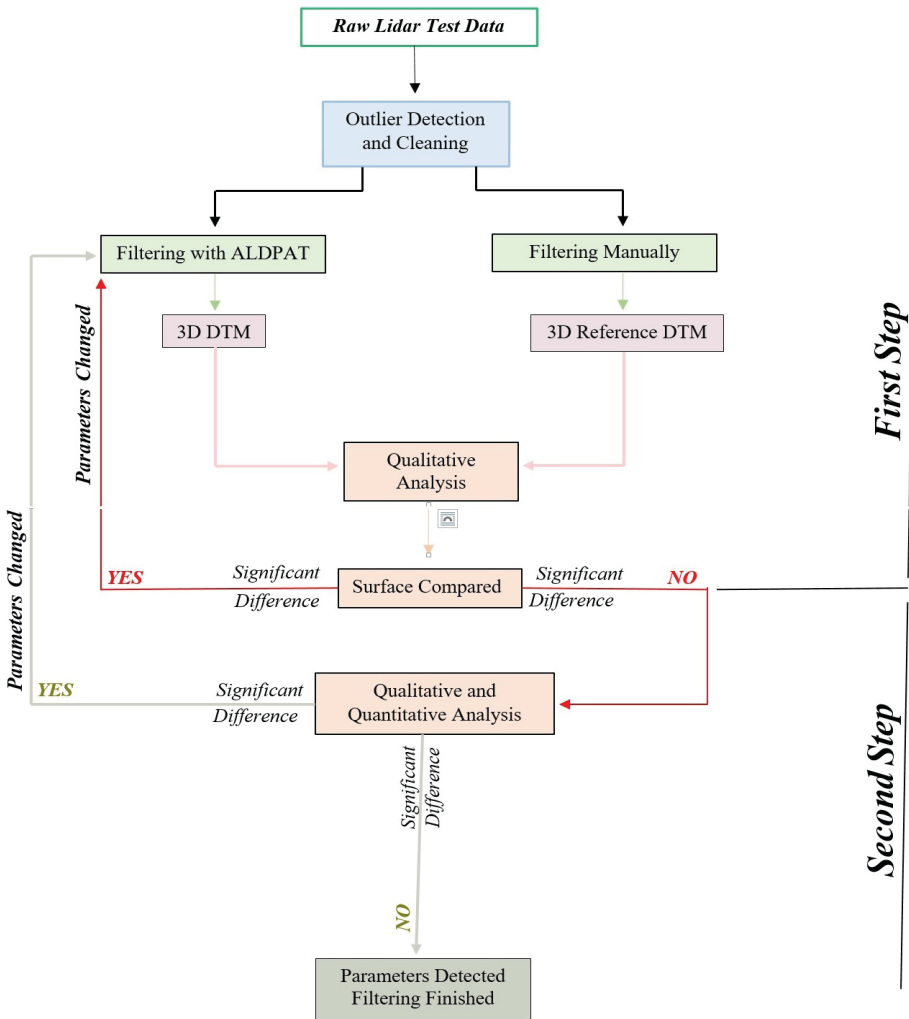


Figure 2: The workflow applied to determine appropriate filtering parameters (Adopted from Sulaiman et al., 2010)

where n is the number of observations and $i = 1, 2, \dots, n$. RMS values can be affected by gross errors. The error distributions at certain intervals were determined, as shown in Table 4. A significant part of the results consists of the yellow component in the range of -20 to $+20$ cm, which is the acceptable error range. Positive errors were divided into three different ranges, which were as follows: 0.2 to 0.5 m, 0.5 to 1 m, and >1 m (areas where commission errors occurred). In addition, negative errors were divided into three different ranges, specifically, -0.2 to -0.5 m, -0.5 to -1 m, and <-1 m (areas where omission errors occurred). As a result of all these qualitative and quantitative analyses, the most suitable filtering algorithms for all the test areas and parameter values of this algorithm were determined. The parameter values for each filtering algorithm are shown in Table 2.

Table 2: Determined filtering parameters for all test area (Units are in meters)

Adaptive TIN (ATIN)	Cell Size	Z Difference (m)	Init TriGrid Size (m)	Tile X Width (m)	Tile Y Width (m)	Tile Buffer	
First Test Area	0.75	0.3	10	200	200	20	
Second Test Area	0.6	0.2	25	200	200	20	
Third Test Area	0.5	0.2	10	200	200	20	
Fourth Test Area	1	0.8	10	20	20	2	
Progressive Morphology (PM)	Cell Size	Window Base(m)	Power Increment	Max. Window Length(m)	Slope(deg)	Initial Threshold(m)	
First Test Area	0.75	2	1	8	0.8	0.3	
Second Test Area	0.5	2	1	8	0.3	0.2	
Third Test Area	0.5	2	1	8	0.3	0.2	
Fourth Test Area	1	2	1	8	1	0.4	
Maximum Local Slope	Width(m)	Height(m)	Search Radius (m)	Minimum Distance (m)	Maximum Slope(m)		
First Test Area	0.75	0.75	5	2	0.8		
Second Test Area	0.6	0.6	20	1	0.5		
Third Test Area	0.5	0.5	10	2	0.3		
Fourth Test Area	2	2	1	1	0.3		
Elevation Threshold with Expanding Window (ETEW)	Width(m)	Height(m)	Slope (deg)	Loop Times	Multiscale Curvature Classification (MCC)	Scale	Curvature Threshold
First Test Area	0.75	0.75	0.5	1		2.5	0.3
Second Test Area	0.5	0.5	0.3	7		3	0.3
Third Test Area	0.75	0.75	0.5	1		2	0.3
Fourth Test Area	1	1	0.3	1		1.5	0.3
Iterative Polynomial Fitting (IPF)	Cell Size	Z Difference	Outlier Tolerance	Init Window Length			
First Test Area	1.5	0.8	0.1	3			
Second Test Area	1.5	1	0.5	20			
Third Test Area	2	0.3	0.3	20			
Fourth Test Area	2	0.2	0.3	20			

4 ANALYSIS OF COMPARISON RESULTS

Filtering was performed for all four test areas using six different filtering algorithms with specified parameters, as shown in Table 2. The test studies indicated that all the filtering algorithms generated commission errors (incorrectly classifying nonground points as ground points) or omission errors (ground points mistakenly classified as nonground points) at different levels. The ΔZ value of the different DTM surfaces between the filtered DTM and reference DTM are shown in Figures 3 and 4. These ΔZ values were separated into seven different ranges. Each range was labelled in a different colour (positive values indicate commission errors and negative values indicate omission errors), and the distributions of these errors were visually examined. The statistical values of the different DTM surfaces are listed in Table 3. The error distributions are shown in Table 4.

Table 3: The statistical values calculated for all test area (Units are in meters)

Statistical Measures		ATIN-Ref	MLS-Ref	ETEW-Ref	PM-Ref	MCC-Ref	IPF-Ref
First Test Area	Max	3.47	1.77	12.2	3.25	7.9	2.33
	Min	-5	-3.2	-5.42	-3.54	-4.39	-4.37
	RMS	0.17	0.17	0.17	0.16	0.21	0.14
	Mean	0.045	0.048	0.018	0.04	0.087	0.03
	Median	0.017	0.018	0.004	0.016	0.048	0.017
Second Test Area	Max	14.11	9.40	8.68	7.04	18.23	5.36
	Min	-5.63	-5.98	-5.98	-5.68	-6.29	-5.97
	RMS	0.51	0.57	0.55	0.47	0.86	0.33
	Mean	0.11	-0.019	-0.024	0.12	0.1	0.054
	Median	0.013	0.002	0.004	0.017	0.014	0.025
Third Test Area	Max	0.52	0.57	0.56	0.52	1.45	0.40
	Min	-0.48	-0.48	-0.54	-0.48	-0.46	-0.55
	RMS	0.077	0.079	0.083	0.075	0.088	0.074
	Mean	-0.016	-0.01	-0.042	-0.018	0.02	0.01
	Median	-0.019	-0.01	-0.043	-0.02	0.013	0.008
Fourth Test Area	Max	3.65	9.41	7.37	2.98	3.24	2.86
	Min	-8.00	-12.47	-10.51	-7.75	-8.92	-15
	RMS	0.22	0.27	0.17	0.18	0.18	0.25
	Mean	0	-0.06	-0.04	-0.029	0.03	-0.004
	Median	-0.03	-0.07	-0.047	-0.04	0.015	-0.002

Since the first test area was composed of complex surfaces (hills, low and high vegetation, flat areas), multiple commission errors were observed to occur in the regions with sudden elevation or slope changes. Several tree measurements in a vegetation area were not removed, and commission errors occurred at different rates. The minimum and maximum error values differed for each filtering algorithm in the first test area. Therefore, the mean value was found to be different for each algorithm. However, it was seen that similar RMS values were obtained with all the filtering algorithms except MCC.

The ETEW filtering algorithm generally produced commission errors in regions where sudden slope and elevation changes occurred. Several tree objects in hilly areas were not removed, leading to small bumps in the shaded relief DTM, as shown in Figure 3b. The ETEW filtering algorithm generated omission errors on discontinuous surfaces, such as steep slopes (Figure 3b). An RMS value of 17 cm was obtained with the ETEW filtering algorithm, as shown in Table 3. The ATIN algorithm produced commission errors similar to those of the other algorithms. As shown in Figure 3a, it produced errors where elevation differences occurred, such as in passages along rural roads to vegetation areas, vegetation in hilly areas, and trees located on the open landscape. Moreover, such low vegetation was found to generate erroneous results when filtering low objects near the ground. Thus, the threshold value was insufficient to filter such objects.

With the PM filtering algorithm, similar results were obtained to those of ATIN, as shown in Figure 3d. Omission and commission errors were produced in almost the same areas. The best result for the first test area was obtained using the IPF algorithm. An RMS error of 14 cm was obtained with IPF, and 89.9% of the errors were in the range of -20 to $+20$ cm, as illustrated in Tables 3 and 4; however, the IPF filtering algorithm produced the most omission errors. The omission errors generated by the MLS filtering algorithms occurred on discontinuous surfaces and sunken areas on the ground, as shown in Figure 3c. Like for the other filtering algorithms, commission errors were generated in areas where height and slope changes were experienced. The maximum commission error was generated with the MCC filtering algorithm. Commission errors were produced in nearly all the vegetation-covered hilly mountain areas where elevation changes were experienced.

The second test area consisted of dense settlement areas, large irregularly shaped buildings, and small hilly areas. The small hilly area located at the bottom right of our study area was preserved by all the filtering algorithms. In contrast, the algorithms all produced omission and commission errors at different rates in dense residential areas. As shown in Table 3, the maximum and minimum error values increased for each filtering algorithm. The error values at -20 to $+20$ cm were much lower than they were in other test areas, as illustrated in Table 4. Therefore, the highest RMS value for all the filtering algorithms was obtained in the second study area.

The best filtering algorithms in the area where the complex buildings were located were ATIN and IPF. The PM algorithm preserved the small mounds in the upper left and lower right corners of the second test area. ATIN, ETEW, MCC, MLS, and PM produced few omission errors in the upper left corner. Moreover, ETEW, PM, MCC, and MLS did not fully filter complex buildings, and thus, they produced commission errors. In the lower-left and upper right corners of the test area, in the region where the elevation suddenly changed, the ground surface was removed by the IPF algorithm and surface abrasion was generated in the shaded relief, as shown in Figure 3l. Such problems can be caused by a border effect. To avoid this, filtering can be applied to an area that is larger than the test area, and then the image can be cropped to the test area to show the results.

ETEW could not fully filter complex buildings, leading to commission errors. The ETEW filtering algorithm removed the terrain point that caused omission errors throughout the settlement area. This led to distortions in the DTM, as shown in Figure 3(h,h). The highest omission error was obtained by the ETEW filtering algorithm, as shown in Table 4. An RMS value of 57 cm was obtained using the

MLS filtering algorithm, which produced high omission errors in dense residential areas, like the ETEW filtering algorithm. In addition, complex structures could not be filtered by the MLS algorithm, as shown in Figure 3 (k,k). The best result for the second test area was obtained by the IPF algorithm with an RMS value of 33 cm, as illustrated in Table 3; however, this algorithm caused erosion in the lower left and upper right corners of the work area. According to the statistical findings, the worst result for the second test area was obtained by the MCC filtering algorithm; here, an RMS error value of 86 cm was calculated, as shown in Table 3. Complex structures could not be filtered with this algorithm, causing intense commission errors in those regions.

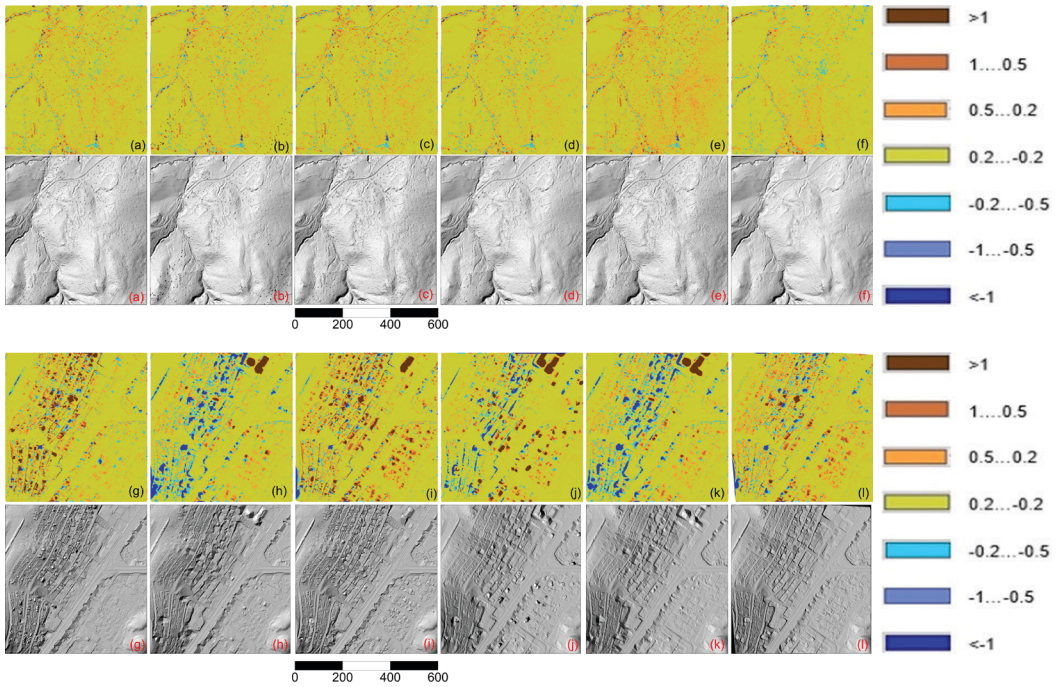


Figure 3: Difference DTM for first test area: a) ATIN-Ref, b) ETEW-Ref, c) MLS-Ref, d) PM-Ref e) MCC-Ref f) IPF-Ref Shaded Relief Map for first test area: a) ATIN, b) ETEW, c) MLS, d) PM, e) MCC, f) IPF Difference DTM for second test area: g) ATIN-Ref, h) ETEW-Ref, i) PM-Ref, j) MCC-Ref, k) MLS-Ref, l) IPF-Ref Shaded Relief Map for second test area: g) ATIN, h) ETEW, i) PM, j) MCC, k) MLS, l) IPF

The lowest RMS values were observed in the third test area. All the filtering algorithms produced values of 7–8 cm, as shown in Table 3. In addition, it was found that the maximum and minimum error values were extremely low compared with those in the other test areas. Accordingly, the mean and median values were found to be close to each other. In Figure 4, it can be seen that almost all the filtering algorithms successfully filtered shrubs and crops. The error values in the -20 to +20 cm range were over 95% for all the filtering algorithms. Based on these results, all the algorithms can filter low vegetation on nearly flat surfaces.

The fourth test area was selected from a valley covered with dense vegetation, with riverbeds, transmission lines, and areas of mixed low and high trees. As shown in Table 4, the omission errors of all the filtering algorithms increased dramatically. Significant omission and commission errors were concentrated along

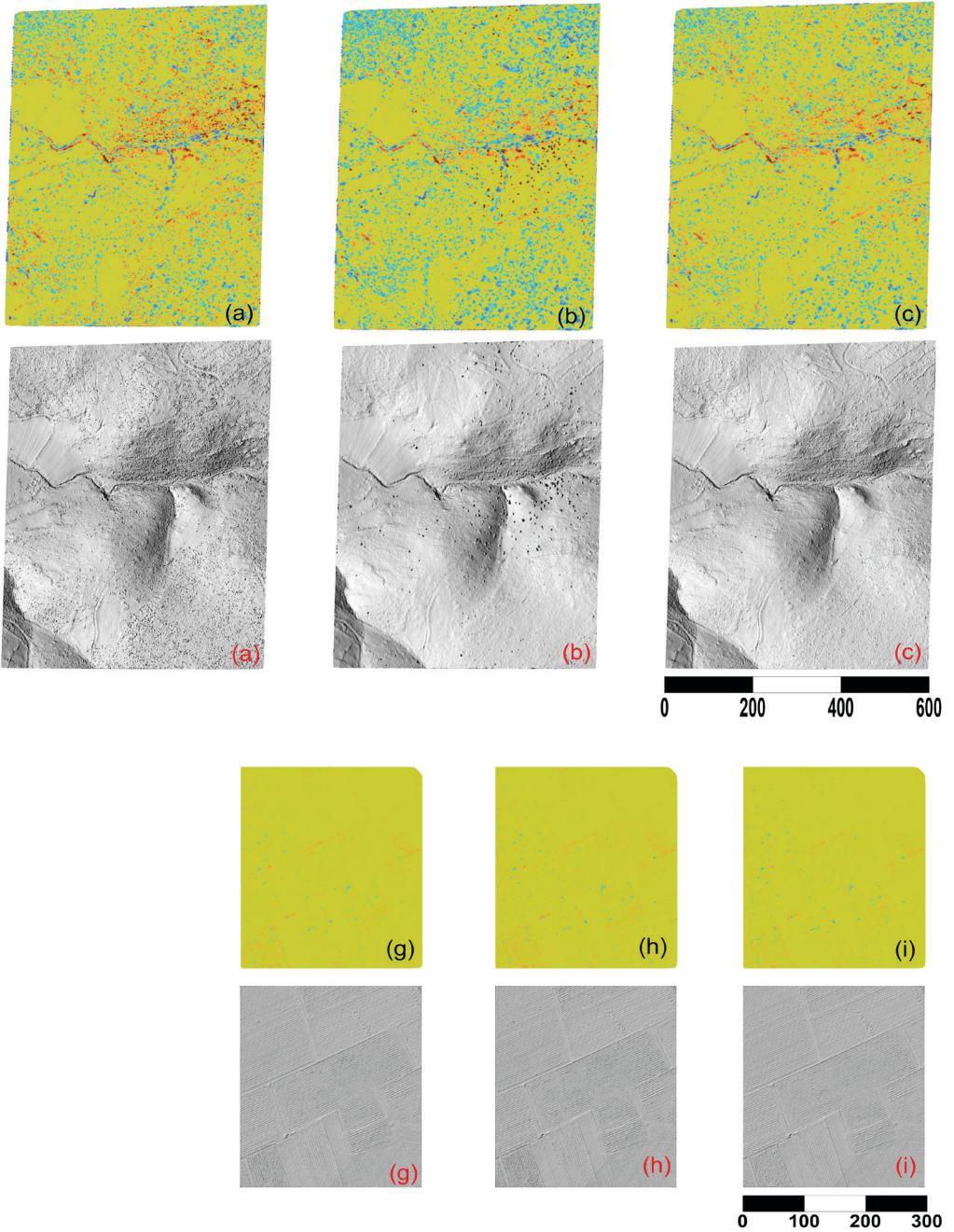
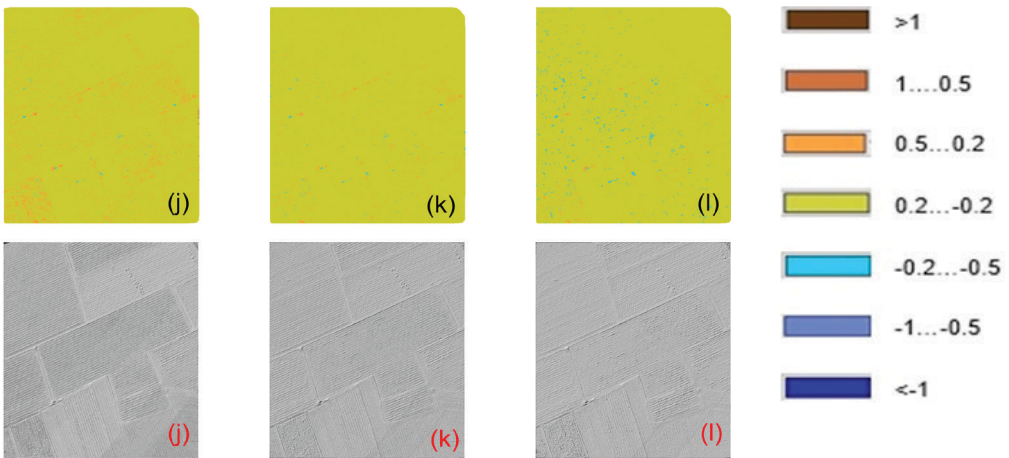
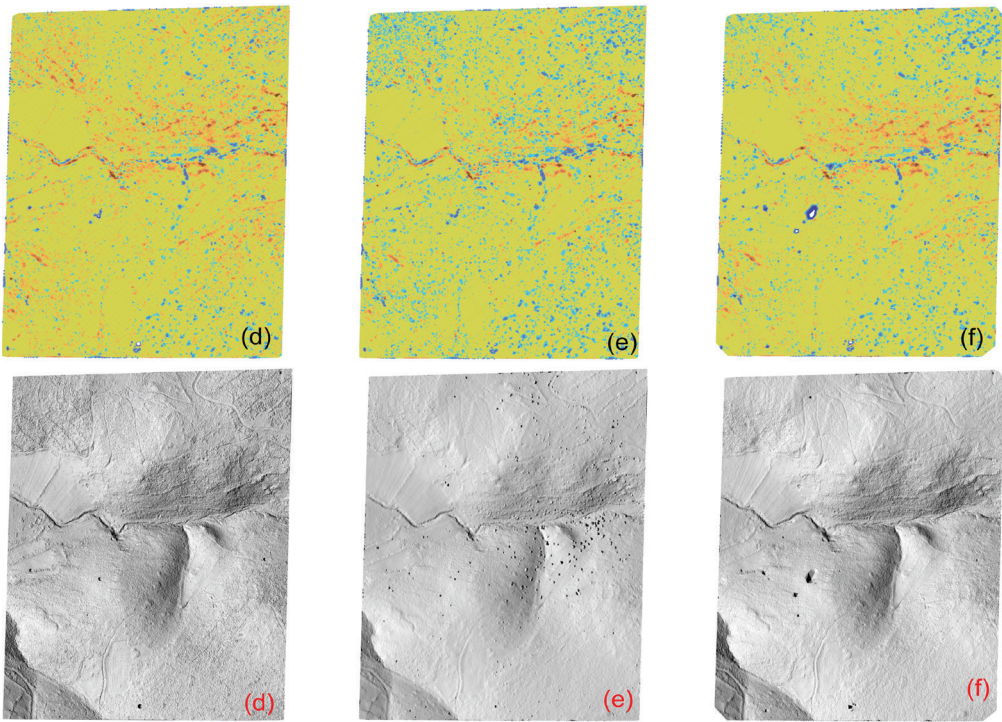


Figure 4: Difference DTM for fourth test area: a) ATIN-Ref, b) MLS-Ref, c) PM-Ref, d) MCC-Ref e) ETEW-Ref f) IPF-Ref Shaded Relief Map for fourth test area: a) ATIN, b) MLS, c) PM, d) MCC, e) ETEW, f) IPF Difference DTM for third test area: g)



ATIN-Ref, h) MLS-Ref, i) PM-Ref, j) MCC-Ref, k) IPF-Ref, l) ETEW-Ref Shaded Relief Map for third test area: g) ATIN, h) MLS, i) PM, j) MCC, k) IPF, l) ETEW

the riverbeds and valley ridges, as shown in Figure 4a–f. The height difference is one of the basic elements used to separate ground and nonground objects. Since vegetation was located on a sloping surface in our fourth test area, the filtering algorithms were not effective in separating bare earth and vegetation, and they caused omission errors (Sithole and Vosselman, 2004). Since the omission errors were high, it can be the conclusion that the minimum error value had the highest value for all the algorithms.

Table 4: Percentage of error rates for all test area

	Total Commission Error (%)				Total Omission Error (%)				±20cm (%)			
	First	Second	Third	Fourth	First	Second	Third	Fourth	First	Second	Third	Fourth
MLS-Ref	11.6	10.4	1.2	4.7	2.4	12.3	0.4	16.6	86	77.3	98.4	78.8
MCC-Ref	18	16.1	3	11.6	1.9	7.2	0.2	5.5	80.2	76.7	96.8	82.9
ATIN-Ref	10.7	16.2	0.8	11.2	2.3	4.9	0.4	9.5	87	78.9	98.7	79.4
ETEW-Ref	10.4	9.3	0.5	5.2	2.4	12.4	1	11.6	87.2	78.3	98.5	83.3
PM-Ref	9.7	19.9	0.6	7	2.4	5.3	0.5	10.6	87.9	74.8	98.9	82.5
IPF-Ref	7.5	16.8	0.7	7.7	2.6	6.3	0.2	7.9	89.9	76.9	99.1	84.4

According to the RMS values in Table 3 and error values between -20 and $+20$ cm, as shown in Table 4, the MCC, ETEW, and PM algorithms performed better than the other filtering algorithms did. Two filtering algorithms—ETEW and PM—were able to properly eliminate vegetation, as illustrated in Figure 4 c,c,e,e. However, the MLS and MCC algorithms failed to filter vegetation sufficiently and caused tiny divergences on the shaded relief, as can be seen in Figure 4 b,b,d,d. Compared with other filtering algorithms, the highest commission errors were brought about by the ATIN and MCC filtering algorithms. Although the most appropriate parameter values were selected, these algorithms could not separate low vegetation from the ground. MLS was sensitive to slope changes and had lower accuracy than the other filtering algorithms did in terms of its RMS value of 27 cm in Table 3 and 78.8% value between -20 and $+20$ cm, as illustrated in Table 4. As shown in Figure 4c,c some nonground data were falsely classified as ground points, which led to small bumps in the shaded relief map. In addition, the highest commission error was obtained by the MLS algorithm, and this was spread over almost the entire test area, although 84.4% of the errors were in the range of -20 and $+20$ cm, as can be observed in Table 4. An RMS value of 25 cm was obtained by the IPF filtering algorithm, representing the second-worst result. IPF has difficulty filtering local sharp surfaces, and it removed some sharp hilly areas, as illustrated in Figure 4f,f. Furthermore, IPF had edge effects that removed the edges of the test areas.

5 DISCUSSION

The worst result in the first test area among the six filtering algorithms was obtained from MCC, in which the smallest number of correctly filtered points (at -20 to $+20$ cm) was obtained. All the filtering algorithms except MCC performed well for the first test area. The best result was obtained with IPF, with an RMS of 14 cm. In this test area, commission errors were more common than omission errors were. Commission errors generally occurred in areas where sudden slope and height changes were experienced in the topography and there were natural or artificial objects close to the ground surface. In this context, the determination of the optimal value of the slope or height difference parameters used by the filtering algorithms has a significant effect on reducing errors and improving the results.

As a result of the work done on the second test area, significant increases were seen in omission, commission, and total errors. Accordingly, there was a decrease in the number of points in the range of -20 to $+20$ cm. Most omission errors were obtained with the MLS, MCC, and ETEW algorithms. In contrast, the least commission errors were obtained by MLS and ETEW. The complex structures were filtered well by the ATIN and IPF algorithms. However, IPF deleted some of the data in the top and bottom corners of the workspace, which corrupted the surface. The best result for the second study area was obtained with the IPF filtering algorithm, with an RMS value of 33 cm.

The best results were found in the third test area. All the filtering algorithms successfully filtered low vegetation. The maximum number of correctly filtered points (at -20 to $+20$ cm) and minimum RMS values were achieved by all the filtering algorithms for the third test area. Thus, the filtering algorithms can filter low vegetation in areas where the slope change is low.

The worst result in the fourth test area among the six filtering algorithms was obtained from MLS, which obtained the lowest number of correctly filtered points (at -20 to $+20$ cm). MCC, ETEW, and PM performed better than the other filtering algorithms did based on the RMS and number of points in the range of -20 to $+20$ cm. Significant proportions of omission and commission errors were concentrated along the riverbeds and valley ridges.

As a result of the filtering process in the four different test areas, it is clear that many parameters can affect the filtering accuracy. First, the filtering performance changes depending on the terrain topography and environmental conditions. Second, the correct selection of the filtering parameters of each algorithm is important for the accuracy and performance of the filtering results. The parameter values of the filtering algorithms, such as the slope, height threshold value, search ellipses, and initial window size, must be best defined to efficiently filter the work areas that have different characteristic features.

Different studies comparing the similar filtering algorithms to those used in this research have been published. There are some similarities and differences between the results. Although Julge et al. (2014) used the same filtering algorithms, the average RMS in their results was higher than ours. This may be due to the size of the work area or lower point density. Sulaiman et al. (2010) compared the filtering algorithms in only one test field, which was similar to our first test area. ATIN, ETEW, IPF, and MLS performed comparably in the two studies. However, the PM algorithm gave the worst results, unlike in our findings. In another work, Podobnikar and Vrečko (2012) conducted trials in two different test areas. The results showed significant similarities to those obtained from our study. Examining these findings more closely, it can be seen that the filtering algorithms have some common points about their performance and some differences. It is thought that the results may have been affected by the size and complexity of the test areas, point density, and parameter values of the filtering algorithms. To elucidate this possibility, more trial and test studies should be performed.

As a result of the test work done, a single filtering algorithm does not seem to be successful on any land surface. To improve the success of filtering algorithms in different study areas, it is necessary to develop integrated algorithms in which algorithms with different characteristics are used together (Chen et al., 2017). In future research, advanced ground-filtering methods can be developed with a combination of different filtering strategies. In addition, the integration of lidar data and other data sources, such as

intensity information, aerial photographs, and full-waveform data, can make significant contributions to the further development of the algorithms. As a result, new methods that can handle complicated terrain situations can be created.

Acknowledgements: The author would like to thank General Directorate of Mapping - Turkey for providing Airborne Lidar data.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

Literature and references:

- Aguilar, F. J., Mills, J. P. (2008). Accuracy assessment of lidar-derived digital elevation models. *Photogrammetric Record*, 23, 148–169. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1477-9730.2008.00476.x>
- Axelsson, P. (1999). Processing of laser scanner data—algorithms and applications. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 54, 138–147. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0924-2716\(99\)00008-8](https://doi.org/10.1016/S0924-2716(99)00008-8)
- Axelsson, P. (2000). DEM generation from laser scanner data using adaptive TIN models. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 33, 111–118.
- Bartels, M., Wei, H. (2010). Threshold-free object and ground point separation in LIDAR data. *Pattern Recognition Letters*, 31, 1089–1099. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2010.03.007>
- Briese, C. (2010). Extraction of digital terrain models. *Airborne and terrestrial laser scanning*, (pp. 135–167). Whittles Publishing, Scotland.
- Chen, H. F., Cheng, M., Li, J., Liu, Y. S. (2012). An iterative terrain recovery approach to automated dtm generation from airborne lidar point clouds. In M. Shortis, M., M. Madden (eds.), *Xxii Isprs Congress, Technical Commission Iv*. DOI: <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XXXIX-B4-363-2012>
- Chen, Q., Wang, H., Zhang, H. C., Sun, M. W. & Liu, X. G. (2016). A Point Cloud Filtering Approach to Generating DTMs for Steep Mountainous Areas and Adjacent Residential Areas. *Remote Sensing*, 8. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs8010071>
- Chen, Z., Gao, B., Devereux, B. (2017). State-of-the-art: DTM generation using airborne LIDAR data. *Sensors*, 17, 150. DOI: <https://doi.org/10.3390/s17010150>
- Elmqvist, M. (2001). Ground estimation of laser radar data using active shape models. In *OEEPE workshop on airborne laserscanning and interferometric SAR for detailed digital elevation models* (pp. 1–3).
- Evans, J. S., Hudak, A. T. (2007). A multiscale curvature algorithm for classifying discrete return LiDAR in forested environments. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 45, 1029–1038. DOI: <https://doi.org/10.1109/TGRS.2006.890412>
- Guan, H. Y., Li, J., Yu, Y. T., Zhong, L., Ji, Z. (2014). DEM generation from lidar data in wooded mountain areas by cross-section-plane analysis. *International Journal of Remote Sensing*, 35, 927–948. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431161.2013.873833>
- Habib, A., Ghanma, M., Morgan, M., Al-ruzouq, R. (2005). Photogrammetric and LIDAR data registration using linear features. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 71, 699–707. DOI: <https://doi.org/10.14358/PERS.71.6.699>
- Haralick, R. M., Shapiro, L. G. (1992). *Computer and robot vision*, Addison-wesley. Boston&USA
- Hodgson, M. E., Jensen, J., Raber, G., Tullis, J., Davis, B. A., Thompson, G., Schuckman, K. (2005). An evaluation of lidar-derived elevation and terrain slope in leaf-off conditions. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 71, 817–823. DOI: <https://doi.org/10.14358/PERS.71.7.817>
- Hu, X. Y., Yuan, Y. (2016). Deep-Learning-Based Classification for DTM Extraction from ALS Point Cloud. *Remote Sensing*, 8. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs8090730>
- Jahromi, A. B., Zoej, M. J. V., Mohammadzadeh, A., Sadeghian, S. (2011). A Novel Filtering Algorithm for Bare-Earth Extraction From Airborne Laser Scanning Data Using an Artificial Neural Network. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 4, 836–843. DOI: <https://doi.org/10.1109/JSTARS.2011.2132793>
- Jutzi, B., Stilla, U. (2005). Waveform processing of laser pulses for reconstruction of surfaces in urban areas. *Measurement Techniques*, 2 (3.1), 2.
- Julge, K., Ellmann, A., Gruno, A. (2014). Performance analysis of freeware filtering algorithms for determining ground surface from airborne laser scanning data. *Journal of Applied Remote Sensing*, 8, 083573. DOI: <https://doi.org/10.1117/1.JRS.8.083573>
- Kayı, A., Erdoğan, M., Eker, O. (2015). OPTTECH HA-500 ve RIEGL LMS-Q1560 ile gerçekleştirilen LIDAR test sonuçları. *Harita dergisi*, 153, 42–46.
- Khosravipour, A., Skidmore, A. K., Isenburg, M., Wang, T. J., Hussin, Y. A. (2014). Generating Pit-free Canopy Height Models from Airborne Lidar. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 80, 863–872.
- Kilian, J., Haala, N., English, M. (1996). Capture and evaluation of airborne laser scanner data. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 31, 383–388.
- Kraus, K., Pfeifer, N. (1998). Determination of terrain models in wooded areas with airborne laser scanner data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 53, 193–203. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0924-2716\(98\)00009-4](https://doi.org/10.1016/S0924-2716(98)00009-4)
- Krishnan, S., Crosby, C., Nandigam, V., Phan, M., Cowart, C., Baru, C., Arrowsmith, R. (2011). OpenTopography: a services oriented architecture for community access to LIDAR topography. Proceedings of the 2nd International Conference on Computing for Geospatial Research & Applications. ACM, 7. DOI: <https://doi.org/10.1145/1999320.1999327>
- Li, Y., Yong, B., Wu, H., An, R., Xu, H. (2014). An improved top-hat filter with sloped brim for extracting ground points from airborne lidar point clouds. *Remote Sensing*, 6, 12885–12908. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs61212885>

Liu, X. (2008). Airborne LiDAR for DEM generation: some critical issues. *Progress in Physical Geography*, 32, 31–49. DOI: <https://doi.org/10.1177/0309133308089496>

Liu, X. H., Hu, H., Hu, P. (2015). Accuracy Assessment of LiDAR-Derived Digital Elevation Models Based on Approximation Theory. *Remote Sensing*, 7, 7062–7079. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs70607062>

Mallet, C., Bretar, F., Roux, M., Soergel, U., Heipke, C. (2011). Relevance assessment of full-waveform lidar data for urban area classification. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 66, 571–584. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2011.09.008>

Mongus, D., Cekada, M. T., Zalik, B. (2013). The analysis of an automatic method for digital terrain model generation from lidar data on slovenian test cases. *Geodetski vestnik*, 57, 245–259.

Mongus, D., Lukač, N., Žalik, B. 2014. Ground and building extraction from LiDAR data based on differential morphological profiles and locally fitted surfaces. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 93, 145–156. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2013.12.002>

Pfeifer, N., Mandlbürger, G. 2018. 11 LiDAR Data Filtering and Digital Terrain Model Generation. *Topographic Laser Ranging and Scanning: Principles and Processing*, 349. Taylor & Francis, London

Pfeifer, N., Stadler, P., Briese, C. 2001. Derivation of digital terrain models in the SCOP++ environment. *Proceedings of OEEPE Workshop on Airborne Laserscanning and Interferometric SAR for Detailed Digital Terrain Models*, Stockholm, Sweden.

Pingel, T. J., Clarke, K. C., McBride, W. A. (2013). An improved simple morphological filter for the terrain classification of airborne LIDAR data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 77, 21–30. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2012.12.002>

Podobnikar, T., Vrečko, A. (2012). Digital elevation model from the best results of different filtering of a LiDAR point cloud. *Transactions in GIS*, 16, 603–617. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-9671.2012.01335.x>

Silva, C. A., Klauberg, C., Hentz, Å. M. K., Corte, A. P. D., Ribeiro, U., Liesenberg, V. (2018). Comparing the performance of ground filtering algorithms for terrain modeling in a forest environment using airborne LiDAR data. *Floresta e Ambiente*, 25 (2). DOI: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.015016>

Sithole, G., Vosselman, G. (2001). Filtering of laser altimetry data using a slope adaptive filter. *International Archives of Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 34, 203–210.

Sithole, G., Vosselman, G. (2004). Experimental comparison of filter algorithms for bare-Earth extraction from airborne laser scanning point clouds. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, 59, 85–101. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2004.05.004>

Sithole, G., Vosselman, G. (2005). Filtering of airborne laser scanner data based on segmented point clouds. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 36, W19.

Sohn, G., Dowman, I. J. (2002). Terrain surface reconstruction by the use of tetrahedron model with the MDL criterion. In: *International Archives of Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences. NATURAL RESOURCES CANADA*, p. 336–344.

Sulaiman, N. S., Majid, Z., Setan, H. (2010). DTM generation from LiDAR data by using different filters in open-source software. *Geoinformation Science Journal*, 10 (2), 89–109.

Susaki, J. (2012). Adaptive slope filtering of airborne LiDAR data in urban areas for digital terrain model (DTM) generation. *Remote Sensing*, 4, 1804–1819. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs4061804>

Tóvári, D., Pfeifer, N. (2005). Segmentation based robust interpolation—a new approach to laser data filtering. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 36, 79–84.

Vosselman, G. (2000). Slope based filtering of laser altimetry data. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 33, 935–942.

Vosselman, G., Oude Elberink, S., Post, M., Stoter, J., Xiong, B., Frietsch, D. (2015). From nationwide point clouds to nationwide 3D landscape models. *Photogrammetric Week '15*.

Wehr, A., Lohr, U. (1999). Airborne laser scanning—an introduction and overview. *ISPRS Journal of photogrammetry and remote sensing*, 54, 68–82. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0924-2716\(99\)00011-8](https://doi.org/10.1016/S0924-2716(99)00011-8)

Wever, C., Lindenberger, J. (1999). Experiences of 10 years laser scanning. In: *Photogrammetric Week 99*, 1999. Citeseer.

Wu, J., & Liu, L. (2011). Automatic DEM generation from aerial lidar data using multiscale support vector machines. In *MIPPR 2011: Remote Sensing Image Processing, Geographic Information Systems, and Other Applications (Vol. 8006, p. 800609)*. International Society for Optics and Photonics.

Zakšek, K., Pfeifer, N., Iapš, Z. (2006). An improved morphological filter for selecting relief points from a LiDAR point cloud in steep areas with dense vegetation. *Institute of Anthropological and Spatial Studies, Scientific Research Centre of the Slovenian Academy of Sciences and Arts: Ljubljana, Slovenia*.

Zhang, J. X., Lin, X. G. (2013). Filtering airborne LiDAR data by embedding smoothness-constrained segmentation in progressive TIN densification. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 81, 44–59. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2013.04.001>

Zhang, K., Chen, S.-C., Whitman, D., Shyu, M.-L., Yan, J., Zhang, C. (2003). A progressive morphological filter for removing nonground measurements from airborne LiDAR data. *IEEE transactions on geoscience and remote sensing*, 41, 872–882. DOI: <https://doi.org/10.1109/TGRS.2003.810682>

Zhang, K., Whitman, D. (2005). Comparison of three algorithms for filtering airborne lidar data. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 71, 313–324. DOI: <https://doi.org/10.14358/PERS.71.3.313>

Zhang, K., & Cui, Z. (2007). *Airborne LiDAR Data Processing and Analysis Tools—ALDPAT 1.0 Software Manual*. Miami, Florida: International Hurricane Research Centre, Department of Environmental Studies, Florida International University, 81p.

Zhang, W. M., Qi, J. B., Wan, P., Wang, H. T., Xie, D. H., Wang, X. Y., Yan, G. J. (2016). An Easy-to-Use Airborne LiDAR Data Filtering Method Based on Cloth Simulation. *Remote Sensing*, 8. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs8060501>

Zhao, X. Q., Su, Y. J., Li, W. K., Hu, T. Y., Liu, J., Guo, Q. H. (2018). A Comparison of LiDAR Filtering Algorithms in Vegetated Mountain Areas. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 44, 287–298. DOI: <https://doi.org/10.1080/07038992.2018.1481738>



Suleymanoglu B., Soycan S. (2019). Comparison of Filtering Algorithms Used for DTM Production from Airborne lidar Data: A Case Study in Bergama, Turkey. *Geodetski vestnik*, 63 (3), 395-414.
DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2019.03.395-414>

Baris Suleymanoglu, M.Sc.

*Yildiz Technical University Civil Engineering, Faculty Department of Geomatic Engineering
Davutpasa street 34220 – Esenler – Istanbul, Turkey
e-mail: bariss@yildiz.edu.tr*

Metin Soycan, PhD - Prof. Dr.

*Yildiz Technical University Civil Engineering Faculty Department of Geomatic Engineering
Davutpasa street 34220 – Esenler – Istanbul, Turkey
e-mail: soycan@yildiz.edu.tr*

PODATKOVNE ZGODBE DATA STORIES WITH Z 'BRADO' 'A BEARD' IN 'VONJEM' PO D96/TM AND 'A SCENT' OF D96/TM

Joc Triglav

1 UVOD

O novih katastrskih izmerah v Prekmurju je bilo v Geodetskem vestniku v preteklih desetletjih objavljenih že več precej obsežnih prispevkov. Za razumevanje tokratnega pisanja je priporočljivo, da si bralec predhodno prebere članke na spletni strani Geodetskega vestnika, navedene v literaturi na koncu tega prispevka (Triglav, 2010, 2013 in 2016). V njem je namreč na kratko opisan enostaven postopek za ciljni dostop do izvornih merskih podatkov novih izmer za uporabo v novem državnem koordinatnem sistemu D96/TM s čim manj geodetskimi 'koraki', ki se zahtevajo za brskanje po arhivu katastrskih podatkov. Ta kratki opis je torej zapisan s predpostavko, da je bralec seznanjen z vsebino zgoraj navedenih prispevkov oziroma pozna organizacijo zapisa izvornih geodetskih merskih podatkov novih izmer v Prekmurju in tudi drugod po Sloveniji.

2 ZAKAJ?

Iz vsakdanje prakse z geodetskimi elaborati vem, da vas ni tako malo med slovenskimi geodeti vseh generacij, ki se sprašujete: »O čem neki pa ta tip sploh govori?« in si ob tem mislite: »Kdo pa to sploh še potrebuje?« Ampak o tem je treba govoriti, kajti geodeti potrebujemo to znanje tudi v sodobnem času, verjetno je celo še pomembnejše kot v 'starih časih', še posebej za naše stranke, zato je potrebno in koristno pogosto kaj napisati na to temo za geodetsko strokovno javnost. Preprosto dejstvo je namreč, da geodetski elaborati, ki niso narejeni s strokovno skrbnim upoštevanjem izvornih arhivskih geodetskih merskih podatkov, niso pravilni, povzročajo spore med lastniki in zahtevajo naknadne popravke geodetov, pogosto tudi ponovitev geodetskega postopka na terenu in ponovno vabljenje strank v postopku ter premikanje mejnikov v naravi na pravilne koordinate, določene z izračuni iz izvornih arhivskih geodetskih merskih podatkov.

3 KAKO?

Pri novih katastrskih izmerah v Prekmurju je treba upoštevati obdobja, v katerih je bila posamezna izmera izvedena, saj sta vsebina in način izdelave elaboratov novih izmer (in s tem seveda tudi današnji način uporabe arhivskih geodetskih podatkov v teh elaboratih!) odvisna od geodetske zakonodaje, ki je veljala v nekem obdobju, in od uporabljenih geodetskih izmeritvenih metod. V grobem lahko za zadnje stoletje opredelimo štiri obdobja (preglednica 1) oziroma pet, če po prehodu v novi državni koordinatni sistem D96/TM z mislijo na prihodnost vključimo še obdobje od začetka letošnjega leta naprej.

Preglednica 1 z izjemo prve vrstice okvirno velja tudi za celotno Slovenijo, saj se nove izmere po drugi svetovni vojni niso izvajale samo v celotnem Prekmurju, temveč tudi v posamičnih drugih predelih po vsej Sloveniji, predvsem na območjih večjih mest.

Preglednica 1: Osnovne značilnosti novih katastrskih izmer v Prekmurju po obdobjih

Obdobje	Zakonodaja	Koordinatni sistem	Merilo načrtov	Prevladujoča vrsta izmere	Vrsta katastra
1918–1947	avstro-ogrska, jugoslovanska	Gellért	1 : 2880	ortogonalna izmera tahimetrija	grafično-numerični
1948–1973	jugoslovanska	D48/GK	1 : 2500 1 : 1000	tahimetrija ortogonalna izmera fotogrametrija (enoslikovna)	numerično-grafični
1974–1999	slovenska	D48/GK	1 : 2500 1 : 1000	stereofotogrametrija precizna tahimetrija	koordinatni
2000–2018	slovenska	D48/GK D96/TM	(1 : 2500) (1 : 1000)	precizna tahimetrija GPS GNSS	koordinatni
2019–...	slovenska	D96/TM		GNSS precizna tahimetrija UAS/UAV-letalniki	koordinatni

V prispevku se bomo osredotočili na obdobje 1948–1973, ko je bilo v Prekmurju izvedenih največ novih katastrskih izmer v državnem koordinatnem sistemu D48/GK, na kratko pa bo predstavljen tudi slikovni primer iz obdobja 1918–1948, ko so bile katastrske izmere oziroma celovite reambulacije izdelane še v starem koordinatnem sistemu Gellért. Obdobjema je skupno dejstvo, da neposredni rezultat novih katastrskih izmer niso bile koordinate mejnih točk, ampak na podlagi geodetskih meritev izdelan katastrski načrt. V obdobju 1918–1947 so bili načrti še izdelani v starem, na seženjskem sistemu temelječem merilu 1 : 2880, od leta 1948 pa že v na metrskem sistemu temelječih merilih 1 : 2500 in 1 : 1000 (ali ponekod celo 1 : 500) za mestna območja in za območja gostejšega detajla.

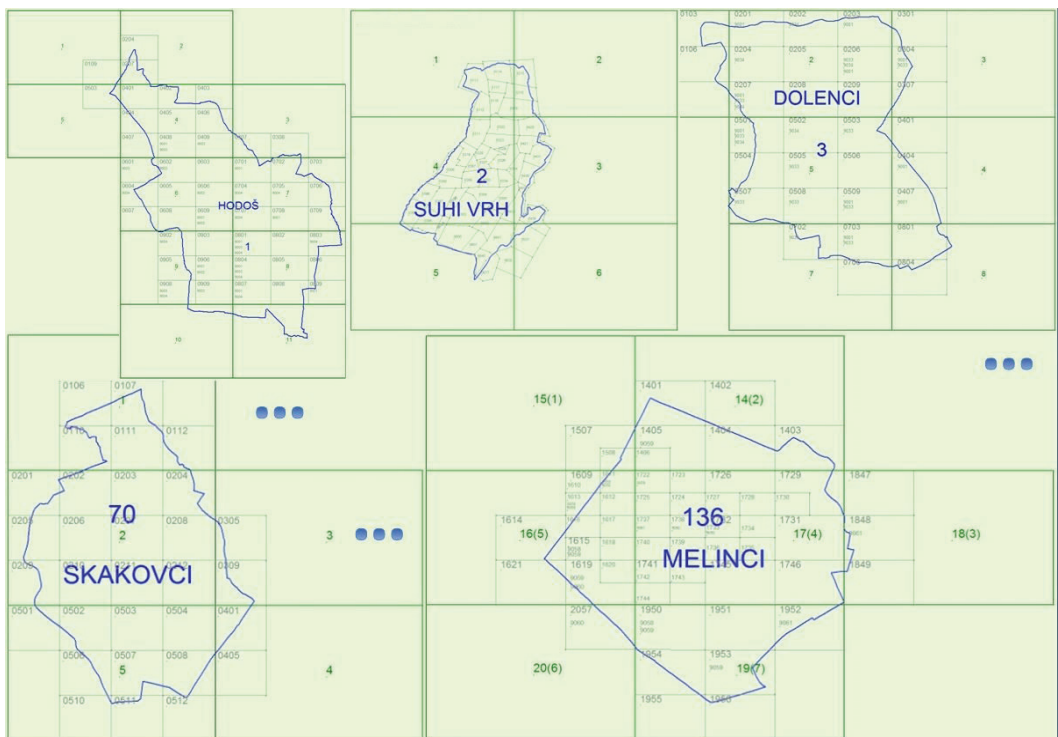
Dejstvo, da neposredni rezultat katastrskih novih izmer v navedenih obdobjih niso bile koordinate mejnih točk, je razumljivo, saj takratna analogna tehnologija ni bila na takšni stopnji razvoja, da bi lahko iz izvornih merskih podatkov neposredno in masovno numerično izračunavali in obdelovali koordinate mejnih točk v državnem koordinatnem sistemu. Predmet izračunov koordinat so bile le točke geodetske izmeritvene mreže – praviloma poligonske točke in linijske točke. Prevzemale pa so se koordinate obstoječih točk triangulacijske mreže višjih redov. Osnovni cilj katastrskih novih izmer v teh obdobjih je bila torej izdelava katastrskih načrtov, najprej s kartiranjem koordinat vseh točk geodetske mreže na območju nove izmere na posamezne detajlne liste načrtov in potem s tako kartiranih točk še kartiranje izmerjenega detajla na posamezne detajlne liste načrtov s kartografskimi pripomočki, na primer ortogonalnimi in polarnimi koordinatografi za kartiranje ortogonalno in tahimetrično izmerjenih detajlnih točk (glej na primer monografijo Geodetski instrumenti in oprema na Slovenskem, Slak in Pucelj, 2017), mej parcel in parcelnih delov ter značilnih točk topografske vsebine. Kartiranju in izrisu načrtov je sledilo določanje površin parcel in parcelnih delov, praviloma z nitnimi in/ali polarnimi planimetri, za stavbe pa so se površine praviloma izračunale neposredno iz izmerjenih dolžin stranic stavb. Izvorni geodetski

podatki za izvedbo opisanih postopkov so arhivirani v analognem arhivu katastrskih novih izmer, ko je bilo dokončano skeniranje katastrskih arhivov v projektu eProstor, pa so geodetom postali preprosto dostopni prek spletnega vpogledovalnika Preg.

Kar slišim vas, ko pravite: »Pa saj vse to vendar vemo!« Mogoče res, ampak to je treba ne samo vedeti, temveč tudi dosledno uporabljati v vsakdanji geodetski katastrski praksi, in to pri izdelavi vsakega geodetskega elaborata.

4 NA PRIMER TAKO.

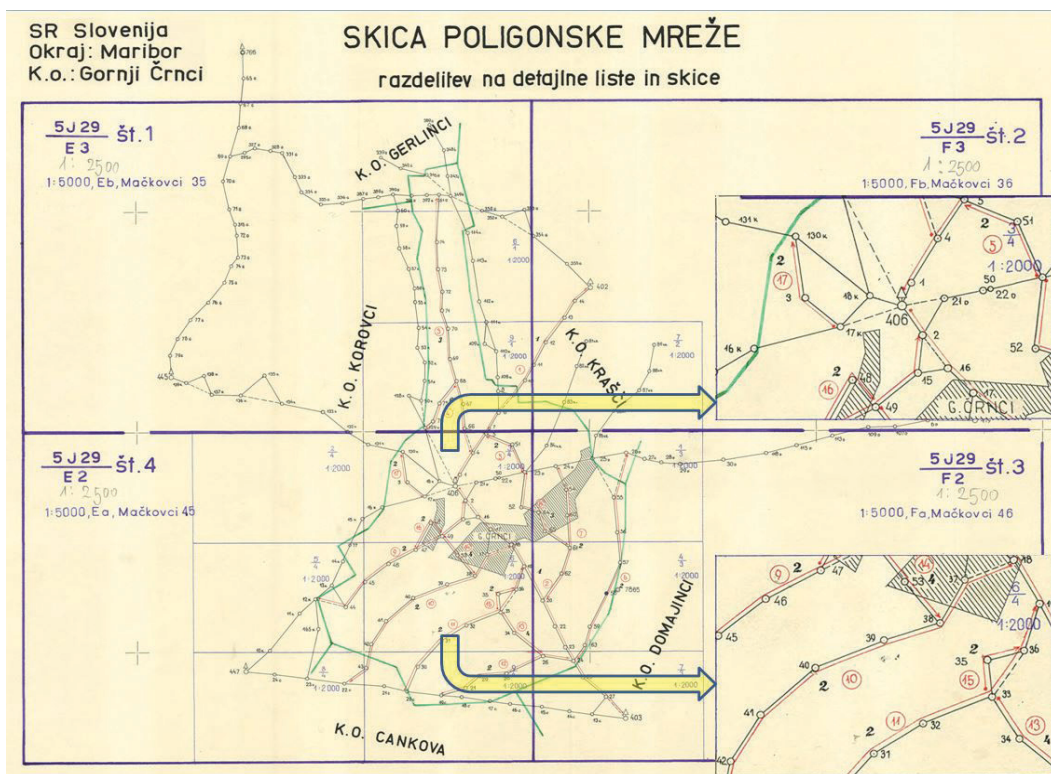
S ciljem, da bi vam geodetom to nalogo olajšali ter vam omogočili hitrejši in čim preprostejši ciljni dostop do iskanega arhivskega gradiva izvornih geodetskih merskih podatkov novih katastrskih izmer še pred izvajanjem vaših katastrskih postopkov, smo v državnem koordinatnem sistemu D96/TM za vse katastrske občine na območju geodetske pisarne Murska Sobota (tj. za katastrske občine s šiframi k. o. od 0001 do 0136) po enakem postopku in enotno izdelali geolocirane sheme razreza na detaljne liste katastrskih načrtov ter v okviru teh načrtov tudi geolocirane sheme razreza na detaljne liste merskih skic, na podlagi katerih so bili načrti izdelani (primeri na sliki 1).



Slika 1: Primeri v D96/TM geolociranih shem razreza na detaljne liste katastrskih načrtov in razreza na detaljne liste merskih skic, na podlagi katerih so bili ti načrti izdelani (vir: OGU Murska Sobota, 2019).

Te sheme za nas geodete v Prekmurju po vsebini sicer niso nekaj novega. Na geodetski upravi smo jih za lastne potrebe namreč pripravili med izdelavo digitalnih katastrskih načrtov že pred približno dvaj-

setimi do tridesetimi leti in jih ves ta čas s pridom tudi uporabljamo, saj nam omogočajo hitro ciljno iskanje izvornih merskih skic in merskih podatkov novih izmer. Geolocirane slike shem smo za vsako katastrsko občino izdelali kot enega od številnih grafičnih slojev v naših digitalnih katastrskih načrtih, ki smo jih izdelali in tekoče vzdrževali v formatu dwg-risb za uporabo v programu AutoCAD oziroma AutoCAD Map. Digitalne sheme so bile izdelane na podlagi izvornih prikazov razreza na detaljne liste, ki so standardna sestavina analognih elaboratov katastrskih novih izmer (slika 2) in so zdaj dostopni tudi v digitalnem arhivu zemljiškega katastra v vpogledovalniku Preg.

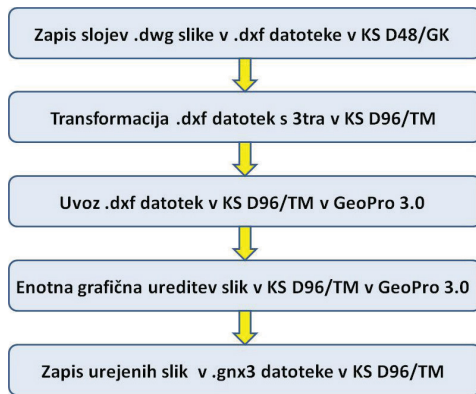


Slika 2: Primer prikaza območja katastrske občine v D48/GK z izrisano geolocirano shemo razreza na detaljne liste katastrskih načrtov in razreza na detaljne liste merskih skic, na podlagi katerih so bili ti načrti izdelani. Viden je tudi potek poligonskih vlakov geodetske mreže in v desnem delu slike dva primera povečanih izrezov iz sheme detaljnih listov merskih skic (vir: OGU Murska Sobota, 2019).

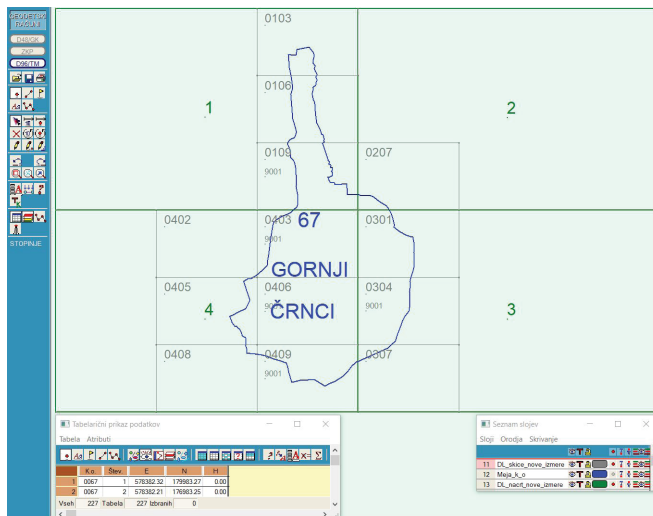
Povezovanje teh shem razdelitve na detaljne liste skic z analognim in digitalnim arhivom merskih podatkov zemljiškega katastra je vsebinsko, slikovno in postopkovno podrobno opisano v uvodoma že omenjenih člankih (zlasti Triglav, 2010 in 2016), zato te podrobnosti v tem prispevku niso posebej predstavljene, so pa ključne za boljše razumevanje njegove vsebine, zato je priporočljivo, da se bralec z njimi seznani.

Priprava strokovnih poročil, ki so postala obvezna vsebina elaboratov geodetskih storitev, je eden od razlogov za 'predelavo' shem v takšno obliko, da bodo neposredno dostopne in uporabne za geodetske izvajalce, ki jih potrebujejo za izvajanje geodetskih storitev na območju Prekmurja, s čimer jim bo omogočena hitra in poenotena izdelava strokovnih poročil v geodetskih elaboratih. Predelava je bila izvedena

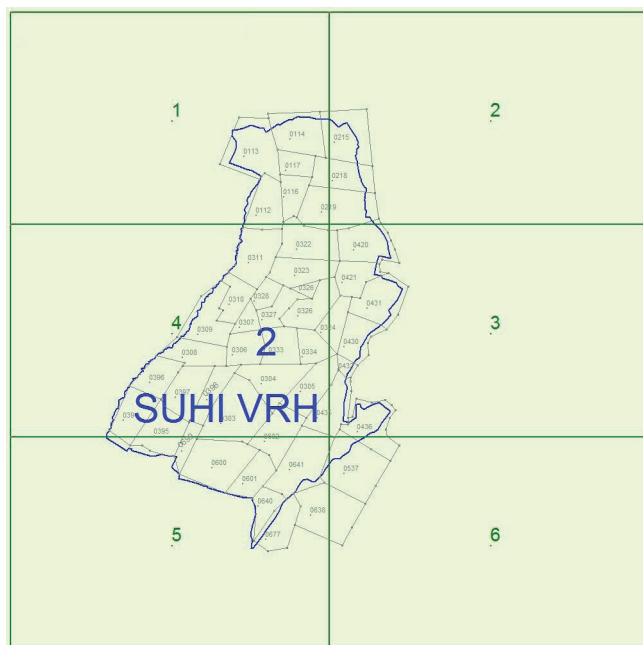
tako (slika 3), da smo sloj shem, ki je v dwg-risbah digitalnih katastrskih načrtov v koordinatnem sistemu D48/GK, iz programa AutoCAD Map za vsako katastrsko občino preprosto zapisali v ločeno dxf-datoteko. To dxf-datoteko smo potem s standardnim programom 3tra (Berk, 2017), prosto dostopnim na portalu Prostor, transformirali v koordinatni sistem D96/TM, tako transformirano dxf-datoteko pa potem uvozili v program GeoPro 3.0 prek uvoznih možnosti modula Geodetski računi. Prek istega modula smo v GeoPro 3.0 uvozili še dxf-datoteko v koordinatnem sistemu D96/TM s polilinijo zaključenega poligona meje posamezne katastrske občine ter njeno šifro in imenom. Za vsako katastrsko občino smo obe uvoženi vsebini v programu GeoPro 3.0 še poenoteno grafično uredili in sliko shranili v gnx3-datoteko, geolocirano v koordinatnem sistemu D96/TM (primera na slikah 4 in 5). Tako so izdelane geolocirane slike za vse k. o. na območju geodetske pisarne Murska Sobota, tj. k. o. s šiframi od 0001 do 0136.



Slika 3: Prikaz korakov prevedbe sloja razreza na detaljne liste katastrskih načrtov in razreza na detaljne liste merskih skic, na podlagi katerih so bili načrti izdelani, iz koordinatnega sistema D48/GK v sistem D96/TM (vir: OGU Murska Sobota, 2019).



Slika 4: Prikaz primera katastrske občine, izvorno izmerjene v koordinatnem sistemu D48/GK za merilo načrtov 1 : 2500, v koordinatnem sistemu D96/TM. Shema razreza na detaljne liste merskih skic je v sloju 11 (siva), polilinija zaključenega oboda k. o. s šifro in imenom je v sloju 12 (modra) in shema razreza na detaljne liste načrtov v sloju 13 (zeleni) (vir: OGU Murska Sobota, 2019).



Slika 5: Prikaz primera katastrske občine, izvorno izmerjene v koordinatnem sistemu Gellért za merilo načrtov 1 : 2880, v koordinatnem sistemu D96/TM. Uporabljeni sloji za prikaz shem so enaki kot na sliki 4, sam razrez detajlnih listov merskih skic pa ni v pravokotnem gridu (vir: OGU Murska Sobota, 2019).

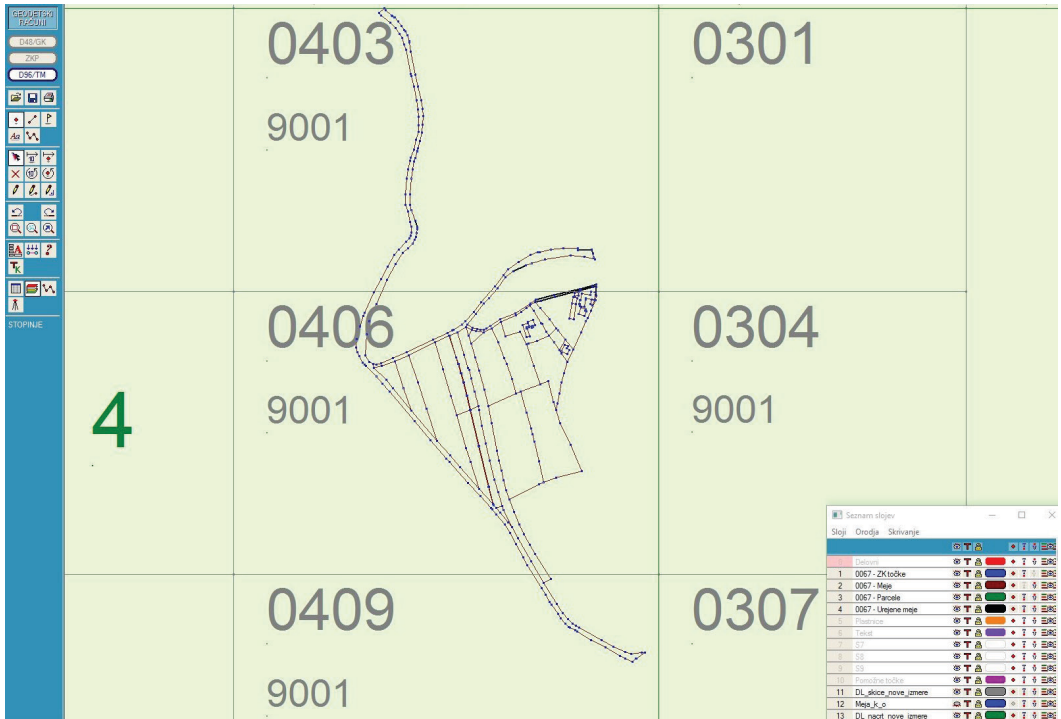
5 IN KAJ ZDAJ?!

Da ne bo kakšnih dvomov ali nejasnosti, zakaj smo se potrudili z izdelavo vseh teh slik v D96/TM z geolociranimi shemami razreza na detajlne liste katastrskih načrtov in razreza na detajlne liste merskih skic, na podlagi katerih so bili ti načrti izdelani, je treba zapisati še nekaj zaključnih stavkov pojasnila, kako si lahko geodeti s temi slikami pomagata pri izdelavi geodetskih elaboratov geodetskih storitev.

Ko geodet na enega od načinov iz evidenc geodetske uprave pridobi izmenjevalne datoteke VGEO.* in VK*.DAT zemljiškega katastra za parcele, ki so predmet njegove geodetske storitve, najprej na podlagi podatkov prejetega historika parcel in ZK-točk preveri, ali bo za izdelavo svojega elaborata potreboval tudi izvirne geodetske merske podatke katastrskih novih izmer. Če parcele in/ali ZK-točke konkretnega elaborata po katastrski novi izmeri določene katastrske občine še niso bile predmet naknadnih geodetskih elaboratov (tj. v datotekah historika nimajo Idposa v razponu $0 < \text{Idpos} < 80000$), je treba za izračun koordinat ZK-točk na mejah parcel oziroma parcelnih delov uporabiti izvirne geodetske merske podatke iz digitalnega arhiva podatkov katastrskih novih izmer.

Tu v pomoč nastopi shema razreza na detajlne liste katastrskih načrtov in razreza na detajlne liste merskih skic, na podlagi katerih so bili ti načrti izdelani. V programu GeoPro 3.0 geodet odpre gnx3-datoteko sheme razreza za izbrano k. o. oziroma v programu Geos uvozi dxf-datoteko sheme razreza. V to sliko uvozi izmenjevalne datoteke VGEO.* in VK*.DAT za območje konkretnega elaborata geodetske storitve (slika 6). Iz nastale slike geodet enostavno vidi, kateri detajlni list izvirne merske skice mora poiskati, da

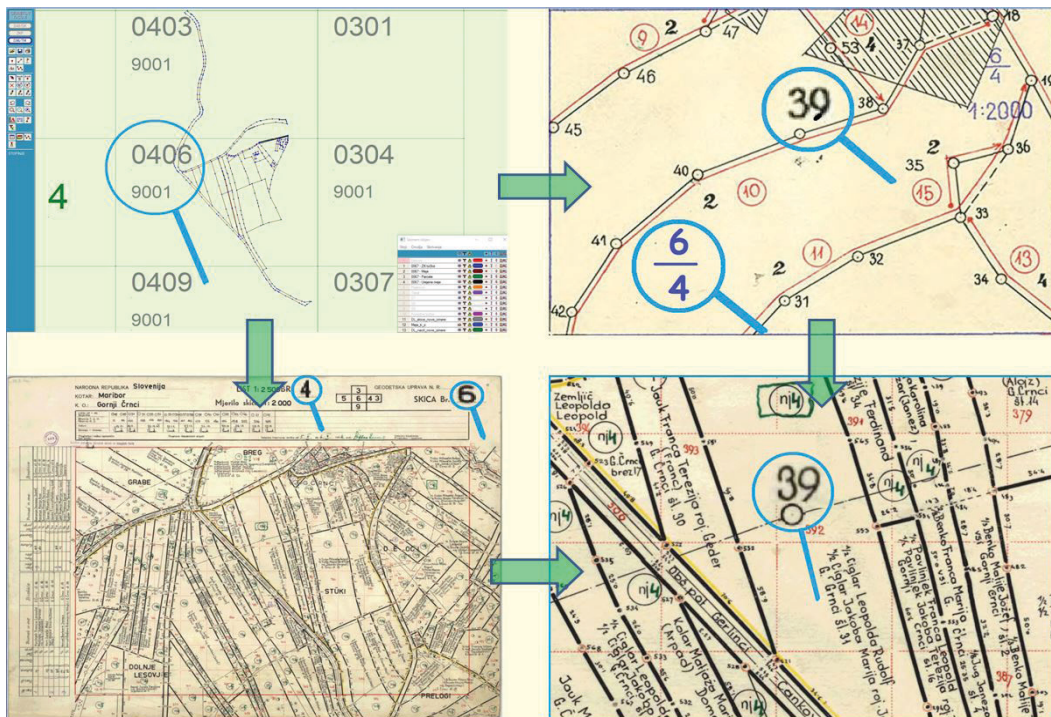
bo lahko na njem našel detaljne točke na območju parcel svoje konkretne geodetske storitve in izvirne merske podatke za izračun koordinat teh detaljnih točk. Ob tem je priporočljiv še pogled na skico poligonske mreže (slika 2), kjer lahko hitro ugotovi, katere točke izvirne geodetske mreže ležijo na območju njegovega delovišča.



Slika 6: GeoPro3.0 slika sheme za eno katastrsko občino s seznamom slojev in prikazom primera uvoženih izmenjevalnih datotek VGEO.* in VK*.DAT. Iz prikaza je razvidna geolokacija parcel na konkretnem detaljnem listu merske skice (06) in detaljnem listu katastrskega načrta (04), torej detaljni list skice 6 na detaljnem listu načrta 4 (0406). Dodatna oznaka 9001 pomeni, da je treba pogledati tudi posamične popravke merskih podatkov na dodatni skici 1 (vir: OGU Murska Sobota, 2019).

Način povezave podatkov izvornih merskih skic katastrskih novih izmer in pripadajočih tahimetričnih podatkov je bil v Geodetskem vestniku že opisan (Triglav, 2010), zato je tu samo informativno ponazorjen (slika 7). Ko geodet tako preprosto najde pravo izvirno skico in pripadajoče tahimetrične podatke, sledi izračun koordinat ZK-točk obstoječih mej parcel in parcelnih delov v koordinatnem sistemu D48/GK za območje delovišča ter nadaljevanje geodetskega postopka za natančno transformacijo koordinat v koordinatni sistem D96/TM in položajno točno stabilizacijo mejnikov ZK-točk na terenu (Berk, Komadina in Triglav, 2011; Triglav, 2017).

Za geodeta zelo koristna začetna informacija za uporabo digitalnih arhivskih elaboratov novih izmer je, da je v spletnem vpogledovalniku Preg v začetnih podidposih *nmmn_00000_000.pdf* (kjer je šifra k. o. $0 < nmmn \leq 136$) vedno dostopen osnovni opis razporeditve arhivskih podatkov v podidposih delov elaborata katastrske nove izmere z oznako Idpos 0 (slika 8), kar geodetu bistveno olajša in pospeši ciljno iskanje arhivskih geodetskih merskih in drugih podatkov v digitalnih elaboratih katastrskih novih izmer.



Slika 7: Iz prikaza geolokacije parcel elaborata na konkretnem detajlnem listu merske skice (0406 – na sliki zgoraj levo) je preprosto poiskati ustrezni detajlni list izvorne skice (detajlni list skice 6 na detajlnem listu 4 katastrskega načrta – na sliki spodaj levo) in si povečati prikaz skice na območje našega delovišča (in najbližjo poligonsko točko 39 – na sliki spodaj desno), pri čemer si lahko pomagamo tudi s skico poligonske mreže na območju detajlnega lista izbrane skice (6/4 – na sliki zgoraj desno) (vir: OGU Murška Sobota, 2019).

K.O. 131 BELTINCI	IDPOS	0
vsečina	ARHIVSKI PODATKI DO NOVE IZMERE NOVA IZMERA 1957 – 1960	
številka postopka v DAZK	vsečina	strani
0131_00000_001	poljska skica zv. št. 1 – 1954	1 – 21
	poljska skica zv. št. 2 – 1955	22 – 41
	poljska skica zv. št. 3 – 1958	42 – 46
	zapisnik detajlnega računanja površin št. 1 – 1955	47 – 61
0131_00000_002	register načrta računanja poligonske mreže	1 – 3
	trigonometrični obrazec št. 19	4 – 7
	register trigonom. polig. in malih točk	8 – 17
	trigonometrični obrazec št. 19	18 – 69
	trigonometrični obrazec št. 22b	70 – 226
	skice (od 1/1 do 1/16) – razrez na skice glej str. 4/6	227 – 257
0131_00000_003	skice (od 1/78 do 8/1) – razrez na skice glej str. 4/6	1 – 126
	fotokopice	127 – 150
	ozadilna kopija Opletarje in Šloparica	151
	skica polig. In linjske mreže revizije vrst rabe IDPOS 365	152

številka postopka v DAZK	vsečina	strani
0131_00000_004	skica polig. In linjske mreže revizije vrst rabe IDPOS 365, priložna skica, ozadilna kopija prostorskega načrta, obrazec K	1 – 7
	tahimetrični zapisnik (stran od 1 do 253)	8 – 268
0131_00000_005	tahimetrični zapisnik (stran od 254 do 576)	1 – 333
0131_00000_006	tahimetrični zapisnik (stran od 577 do 680)	1 – 102
	spisek površin (od 1 do 3108)	103 – 280
0131_00000_007	spisek površin (od 3109 do 3955)	1 – 55
0131_00000_008	zapisnik zamejnitvenja katastrske občine	1 – 50
0131_00000_009	parčelnik iz leta 1960 (parcele od 1 do 2261)	1 – 241
0131_00000_010	parčelnik iz leta 1960 (parcele od 2262 do 3955)	1 – 247
0131_00000_011	dodatki k parčelniku (od leta 1962 do leta 1966)	1 – 33

0131_00000_012	parčelnik iz leta 1977 (parcele od 1 do 3045)	1 – 273
0131_00000_013	parčelnik iz leta 1977 (parcele od 3046 do 3955)	1 – 67
	dodatek za leto 1978	68 – 83
0131_00000_014	trigonometrični obrazec št. 27	1 – 101
0131_00000_015	trigonometrični obrazec št. 25	1 – 23
0131_00000_016	skica poligonske in linjske mreže, razdelitev na detajlne liste in skice	1
	skica potezov (ledinskih linij)	2
	pregledna skica parcelnih skupin	3
	karta poligonske in linjske mreže	4
	pregledna karta zamejnitvenja	5

Slika 8: Primer izreza naslovnih strani Idposa 00000-000 konkretne k. o., kjer je vedno dostopen osnovni opis razporeditve arhivskih podatkov v podidposih delov elaborata katastrske nove izmere z oznako Idpos 0, kar geodetu bistveno olajša in pospeši ciljno iskanje arhivskih geodetskih merskih in drugih podatkov v digitalnih elaboratih katastrskih novih izmer (vir: OGU Murška Sobota, 2019).

Koristna informacija za geodete je tudi, da je za katastrske občine na območju geodetske pisarne Murška Sobota dokončana izdelava arhivskih pdf-datotek za vse detaljne liste skic katastrskih novih izmer (in komasacij, če so te potekale in se uveljavile v katastru hkrati z novo izmero). Pdf-datoteke sicer v digitalnem arhivu že obstajajo, a so bile narejene iz 'stisnjenih' arhivskih DjVu-datotek in so slabše ločljivosti. Zato smo v digitalnem arhivu geodetske pisarne poiskali trde diske izpred dveh desetletij z izvornimi skeniranimi tif-datotekami detaljnih listov skic v izvorni ločljivosti, jih pregledali in uredili ter v 'paketih' po deset datotek shranili v multiTIFF-datoteke in jih nato brez izgube kakovosti (angl. *lossless*) zapisali v arhivske pdf-datoteke, ki bodo ob objavi tega prispevka že dostopne v digitalnem arhivu vpogledovalnika Preg, in sicer v vsaki katastrski občini med podatki novih izmer kot zadnji podidposi Idposa 0.

6 SKLEP

V prejšnji številki Geodetskega vestnika je na koncu prispevka z naslovom *Geodetska služba in načelo KISS* zapisana zvita modra misel slovitega Alberta Einsteina (1879–1955): »Vse bi moralo biti narejeno tako preprosto, kot se le da. Toda ne bolj preprosto.« Tokratna podatkovna zgodba na prvi pogled ni preprosta. Že zapisati je ni preprosto, pa še navezuje se na predhodne opise teme. Tudi izdelati vseh teh digitalnih geolociranih shem razrezov na detaljne list načrtov in merskih skic katastrskih novih izmer ni bilo preprosto, saj je bilo pred desetletji vanje vloženo veliko umskega in fizičnega napora sodelavcev geodetov. Da sploh ne govorimo o izjemnih fizičnih in umskih naporih geodetov, ki so še desetletja prej izvajali vse te nove katastrske izmere na terenu ter izdelali obsežne elaborate in so pravi junaki in junakinje slovenske geodetske službe!

Predelava shem v koordinatni sistem D96/TM, opisan v tem prispevku, je bila vsebinsko že precej preprosta naloga, čeprav zaradi obsežnosti in izvedenih kontrol ne povsem. Vse skupaj pa je narejeno predvsem z namenom, da vam geodetom omogoči preprosto ciljno iskanje po digitalnem arhivu elaboratov katastrskih novih izmer in s tem vaše kakovostno geodetsko delo! Spoštujte in upoštevajte torej delo preteklih generacij geodetov in geodetk ter se potrudite vsaj za tistih nekaj klikov z miško, da boste hitro in enostavno prišli do izvornih geodetskih merskih podatkov in potem iz teh izvornih podatkov kakovostno izračunali koordinate ZK-točk, jih skrbno prenesli na teren ter vse skupaj opisali in numerično analizirali v strokovnem poročilu geodetskega elaborata.

Mogoče vas kdaj mika, da bi kar 'preskočili' ta korak in preprosto grafično 'pobrali' koordinate ZK-točk iz digitalne zemljiškokatastrske grafike ter jih prenesli na teren, ampak že samo drugi stavek zvite modre misli z začetka tega poglavja vam jasno pove, da to ne gre. Saj smo vendar geodeti!

Kakšen digitalni korak do večje preprostosti uporabe je seveda v prihodnje še mogoč in pričakovan, na primer povezava oznak detaljnih listov skic v shemah z datotekami detaljnih listov skic s hipertekstovnimi povezavami, kar bi omogočilo dostop do vsebine izbranih detaljnih skic z enim klikom v shemi. Mogoč bi bil tudi sistematični zapis detaljnih listov skic v obliki v D96/TM geolociranih GeoPDF-datotek in še kaj. Ko so podatki enkrat v digitalni obliki in vsebinsko enotno urejeni, je namreč z njimi mogoče preprosto 'čarati' naprej. A tovrstna opravila prepustimo mlademu rodu geodetov in informatikom za bližnjo prihodnost ali pa mogoče kakšni aplikativni ciljni raziskovalni nalogi, ki bo poleg Prekmurja celovito zajela tudi nove katastrske izmere na preostalih območjih Slovenije ...

Opomba: Opisane sheme razrezov bodo kot dxf- in gnx3-datoteke geodetom prosto dostopne predvidoma v oktobru. Podrobna informacija o dostopnosti bo objavljena na spletni strani MSGeo pri IZS na spletni strani Geobloga. «.

Literatura:

- Berk, S. (2017). 3tra – brezplačni program za transformacijo prostorskih podatkov v novi referenčni koordinatni sistem Slovenije. *Geodetski vestnik*, 61 (4), 659–665. http://www.geodetski-vestnik.com/61/4/gv61-4_berk.pdf
- 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. http://www.geodetski-vestnik.com/55/2/gv55-2_269-283.pdf
- Slak, J., Pucelj, B., Triglav, J. (ur.) (2017). *Geodetski instrumenti in oprema na Slovenskem*. Zveza geodetov Slovenije, Ljubljana, 493 str.
- Triglav, J. (2010). Zemljiški kataster, Prekmurje in . . . jurčki. *Geodetski vestnik*, 54 (3), 567–576. http://www.geodetski-vestnik.com/54/3/gv54-3_556-576.pdf
- Triglav, J. (2013). Koordinatni kataster v Prekmurju in digitalni katastrski načrti. *Geodetski vestnik*, 57 (3), 600–612. http://www.geodetski-vestnik.com/cms/images/57/3/gv57-3_mnenja1.pdf
- Triglav, J. (2016). Povezave med parcelami ter detajlnimi listi izvornih načrtov in terenskih skic. *Geodetski vestnik*, 60 (2), 289–296. http://www.geodetski-vestnik.com/60/2/gv60-2_triglav.pdf
- Triglav, J. (2017). AnalTra.SI – a ne na litre . . . *Geodetski vestnik*, 61 (3), 461–468. http://www.geodetski-vestnik.com/61/3/gv61-3_triglav.pdf

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

STO LET ŠTUDIJA GEODEZIJE NA UNIVERZI V LJUBLJANI

A HUNDRED YEARS OF SURVEYING STUDIES AT THE UNIVERSITY OF LJUBLJANA

Anka Lisec, Simona Savšek, Miran Kuhar, Bojan Stopar

1 UVOD

Letos zaznamujemo 100-letnico ustanovitve Univerze v Ljubljani, s katero povezujemo tudi začetke univerzitetnega študija geodezije oziroma zemljemerstva na Slovenskem. Regent Aleksander I. Karadjordjević je namreč 23. julija 1919 podpisal *Zakon o Univerzi Kraljestva Srbov, Hrvatov in Slovencev v Ljubljani*, današnji Univerzi v Ljubljani, katere ustanovne članice so bile Filozofska fakulteta, Medicinska fakulteta, Pravna fakulteta, Tehniška fakulteta in Teološka fakulteta. S kraljevo odločbo je bilo 31. avgusta 1919 imenovanih prvih osemnajst profesorjev univerze. Za rojstni dan Univerze v Ljubljani štejejo sicer 3. december 1919, ko je v tedanji deželni zbornici Kranjskega deželnega dvorca (slika 1), kjer je še danes sedež Univerze v Ljubljani, slavist dr. France Ramovš predaval o historični gramatiki slovenskega jezika. Dogodek so v časopisu Slovenski narod opisali z naslednjimi besedami: »In napočil je dan 3. decembra 1919, zgodovinski dan za vse Slovence, za vso Jugoslavijo, ki ga je naklonila velika doba našemu malemu narodu, da nam je ustvarila v naši svobodi tudi naše ognjišče znanosti, vede in kulture, dan, ko je naša akademska omladina, zbrana v deželni zbornici poslušala od 9-ih do 10-ih dopoldne prvo predavanje v pravkar ustvarjeni slovenski univerzi.« (UL, 2019a).

Pri ustanavljanju ljubljanske univerze so se spopadali s hudimi težavami, zato je društvo inženirjev zaradi velikih potreb že pred tem predlagalo začetek študija tehnike v Ljubljani. Deželna vlada je predlogu ugodila in 26. aprila 1919 objavila Naredbo o ustanovitvi začasnega tehničnega visokošolskega tečaja za gradbeno, strojno, elektrotehniško, rudarsko in zemljemersko stroko. Posebna komisija je predlagala kandidate za prve profesorje, ki jih je deželna vlada imenovala 19. maja 1919. Obenem je bil inž. Milan Šuklje imenovan za predsednika kuratorija začasnega tehničnega visokošolskega tečaja, v katerem sta bila zastopnika za gradbeni oddelek inž. Ivan Vurnik in za geodetski oddelek inž. Leo Novak. Istega dne sta bili izvedeni tudi uvodni predavanji dr. Milana Vidmarja in dr. Riharda Zupančiča. Pozneje se je iz te pobude ustanovila že omenjena Tehniška fakulteta. Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo pri Univerzi v Ljubljani štejejo med naslednice tedanje Tehniške fakultete pri Univerzi v Ljubljani, saj so se na njej že v prvem obdobju izvajali študiji gradbeništva in geodezije oziroma zemljemerstva (UL, 2019a). A poklicno in visokošolsko izobraževanje na področju geodezije in zemljemerstva ima na Slovenskem precej daljšo tradicijo – že skoraj tri stoletja!



Slika 1: Nekdanji Kranjski deželni dvorec je postal dom Univerze v Ljubljani.

2 GEODEZIJA IN ZEMLJEMERSTVO NA ŠOLAH V SLOVENIJI PRED USTANOVITVIJO UNIVERZE V LJUBLJANI

Izobraževanje za poklic zemljemerca na Slovenskem sega, po nam znanih dejstvih, v daljno 18. stoletje, ko sta na Kranjskem delovali dve šoli za izučitev poklica zemljemerca: (1) *Steinbergova rudniška šola* pri upravi rudnika živega srebra v Idriji, kjer je bil program prilagojen potrebam rudarstva, ter (2) *Ljubljanski licej*.

2.1 Steinbergova rudniška šola v Idriji z zemljemerstvom in kartografijo

Franc Anton Steinberg (Stemberg) je kot upravitelj rudnika že leta 1728 ustanovil v Idriji tehniško in zemljemersko šolo, kjer je kot razgleden strokovnjak in pedagog vzgojil mnoge jamomerce, zemljemerce, tehnične risarje in kartografe (Rakovec, 1967; Brence et al., 2003; Petrovič, 2016). To je bila prva in takrat edina strokovna šola te vrste pri nas, iz nje med drugimi izhajata brata Jožef in Anton Mrak, ki sta v Idriji zvesto nadaljevala Steinbergov izobraževalni pristop. Slednji je v izobraževalni program vključeval pomembna znanja, ki jih je pridobil med šolanjem na dunajski politehniko. *Steinbergova rudniška šola* je sicer vzgajala rudarske tehnike in zemljemerce predvsem za svoje potrebe, kar pa je poleg inženirskih geodetskih in jamomerskih del v rudniku vključevalo zemljemerstvo in kartiranje za upravljanje in izrabo tamkajšnjih državnih gozdov, s katerimi je rudnik razpolagal (Vodopivec in Jakljič, 2001).

2.2 Ljubljanski licej ter poučevanje geometrije in zemljemerstva

Prvo visokošolsko izobraževanje na področju zemljemerstva iz tega obdobja povezujemo z ljubljanskim licejem. Cesarsko-kraljevi licej v Ljubljani se je izoblikoval tudi iz zgodovinskih osnov ljubljanskega jezuitskega šolstva, jezuiti so namreč že v začetku 17. stoletja postavili za takratni čas izjemen vzgojno-iz-

obraževalni sistem. Leta 1773 je bil ljubljanski jezuitski red ukinjen, za takratno ljubljansko latinsko višje šolstvo pa se je uveljavil v osemdesetih letih 18. stoletja termin licej (*Caesareo Regii Lyceum Labacense*). V tem obdobju, to je v 18. stoletju, je sicer v celotni monarhiji potekala reorganizacija terciarnega šolstva, v okviru velike reforme izobraževalnega sistema, ki jo v zgodovinskih knjigah poznamo kot *terezijansko-jožefinsko šolsko reformo*, in v ospredje je bil postavljen pomen javnega šolstva (Ciperle, 2001). Za dvig kakovosti univerzitetnega študija so se med vladanjem Jožefa II. po bavarskem vzoru odločili za dualni sistem visokošolskega študija: za popolne univerze in liceje. Popolni univerzitetni študij, ki je bil takrat mogoč samo na Dunaju, v Pragi in Freiburgu, naj bi bil pridržan samo »*izbranim talentom*«. Univerze v Innsbrucku, Gradcu in Olomucu so bile na čast treh pravih univerz spremenjene v liceje. S tem je bila študentom dana izbira študijskih možnosti: popolna akademska izobrazba v navedenih treh univerzitetnih središčih in bolj poklicno usmerjena licejska izobrazba na licejih v provincah (UL, 2019b). Ljubljanski licej je po izvoru spadal v skupino akademskih ustanov, ki so po ukinitvi jezuitskega reda morale v deželnih glavnih mestih prevzeti nalogo znanstveno-izobraževalnih ustanov, ni pa jim bilo dovoljeno podeljevati akademskih nazivov. V nasprotju z univerzo so imeli preprostejšo organizacijo in učno ponudbo, saj so poleg temeljnega filozofskega študija ponujali le nekatere strokovne študije, predvsem pa so bili močno usmerjeni v prakso. V okviru dvoletnega filozofskega študija v Ljubljani, Gorici in Celovcu so takrat predavali tudi aritmetiko in geografijo (UL FGG, 1979).

V letih 1786 in 1787 so začeli kranjski deželni stanovi vse bolj pritiskati na Dunaj, naj bi se v Ljubljani ustanovila univerza, takrat imenovana vseučilišče, in sicer po vzoru dunajskega. Velik prispevek k tem težnjam velja pripisati Gabrijeleu Gruberju, ki ga povežemo tudi z razvojem geodetske stroke pri nas. Ta je leta 1768 na ljubljanskem liceju začel predavati mehaniko in s tem odprl novo študijsko smer na filozofski šoli v Ljubljani. Gruberjev učni načrt je zajemal teoretično fiziko, mehaniko in navtiko, medtem ko je bil poudarek na obrtni šoli predvsem na zemljemerstvu in zemljemerskem risanju, ki je bilo prilagojeno tedanjim zahtevam in projektom v deželi. Eden izmed njegovih najbolj znanih študentov je bil hidro-gradbenik ter kasneje matematik in geodet Jurij Vega. Grubarjevo obdobje poučevanja na ljubljanskem liceju lahko označimo za začetek teoretične inženirske geodezije pri nas, na žalost pa je ta smer z njegovim odhodom že leta 1784 prenehala delovati (Vodopivec in Jakljič, 2001).

Študij zemljemerstva se je spet uveljavil v Ilirskih provincah, ko je Marmontova šolska naredba, uzakonjena v juliju 1810, licej v Ljubljani postavila za centralno šolo na ravni univerze oziroma vseučilišča. To štejem za začetek visokošolskega študija geodezije, seveda na takratni ravni. Po Marmontovi naredbi naj bi študij na centralnih šolah usposabljal absolvente za poklice zdravnikov, kirurgov, lekarnarjev, zemljemercev, inženirjev in arhitektov ter pravnikov (juristov). S tem je ljubljanska centralna šola znova uvedla oziroma nadaljevala poučevanje geodezije in zemljemerstva, a se je program zaradi propada Ilirskih provinc v dveh letih ukinil (Vodopivec in Jakljič, 2001).

Šolanje za slovenskega inženirskega geometra je bilo prepuščeno tujim tehničnim in višjim šolam, z izjemo katastrskih zemljemercev in kartografov (maperjev), za katere so bili organizirani občasni tečaji deželnega mapnega arhiva v Ljubljani. Zemljemerstvo in z geodezijo povezani izobraževalni programi so se na Slovenskem sicer v vsem tem obdobju izvajali na ravni obrtniških in strokovnih šol. Leta 1911 je bila deželna obrtna šola v Ljubljani, ki je zadnja desetletja 19. stoletja poučevala osnove zemljemerstva, preoblikovana v državno obrtno šolo z učno obširnim tehničnim oddelkom (UL FGG, 2009).

Podobno klavrno usodo, še posebej v drugi polovici 19. stoletja, so delila druga področja, z izjemo teologije. Po reformi sekundarnega in terciarnega šolstva v Avstriji v letu 1848 je namreč v Ljubljani sledila pospešena ukinitve liceja. Načelo popolne univerze za vsako narodnost monarhije v Ljubljani se ni uresničilo. Nedvoumno pa je predmarčni licej v Ljubljani močno povečal možnosti za pridobitev osnovne akademske izobrazbe (brez podeljevanja akademskih nazivov) in bil tako kot liceji drugod v bližini (v Gradcu, Celovcu in Gorici) dragocena odskočna deska – naj bo za opravljanje poklicev, za katere je zadostovala višješolska izobrazba, ali pa za nadaljevanje študija na pravi univerzi. Licej v Ljubljani je brez dvoma vplival tudi na slovensko nacionalno gibanje, čeprav ta njegova vloga še ni poznana, ter gojil za prihodnost stare težnje po ustanovitvi prave univerze v Ljubljani (Ciperle, 2001; UL, 2019b).

3 ŠTUDIJ GEODEZIJE NA UNIVERZI V LJUBLJANI

Z ustanovitvijo Univerze v Ljubljani leta 1919 je zaživelo tudi poučevanje geodezije in zemljemerstva, ki se je z nekaj prekinitvami ohranilo vse do danes. Po prvi svetovni vojni se je namreč na Slovenskem pokazalo veliko pomanjkanje geodetskih strokovnjakov z visoko izobrazbo, saj so v obdobju avstro-ogrske države na našem ozemlju v okviru geodetskih in topografskih izmer dela vodili in opravljali pretežno vojaški inženirski strokovnjaki, geodetska inženirska dela ob gradnji infrastrukturnih objektov gradbeniki (UL FGG, 2009), na področju zemljiškega katastra pa je bilo že skoraj stoletje poznano kronično pomanjkanje geodetskega kadra (Lego, 1968).

Ko se je leta 1919 Slovincem izpolnila več kot stoletna želja in smo dobili univerzo, so se na njej začeli šolati tudi geodeti, žal ne kot univerzitetno izobraženi strokovnjaki, ampak v okviru dvoletnega študija zemljemerstva po zgledu podobnih programov, večkrat imenovanih tudi tečajev, v nekdanji avstro-ogrski državi. Vzrok je bil predvsem pomanjkanje kadrov za izobraževanje na eni strani in izredno pomanjkanje kadrov v praksi, kjer je bilo nujno čim prej zagotoviti izurjene geodete. Sledile so številne spremembe študijskih programov geodezije, ki so bile odraz gospodarskih in družbenih razmer v posameznih obdobjih (UL FGG, 2009).

3.1 Študij geodezije v prvem obdobju delovanja Univerze v Ljubljani

Kot že omenjeno, se je na pobudo društva inženirjev že pred ustanovitvijo Univerze v Ljubljani na Slovenskem začel na ljubljanski tehniški visoki šoli izvajati tečaj zemljemerstva, ki je z ustanovitvijo Univerze v Ljubljani prešla pod okrilje Tehniške šole pri Univerzi v Ljubljani. Glavni pobudnik za ustanovitev zemljemerskega tečaja je bil inž. Leo Novak. Prve geodetske instrumente za poučevanje je dobil od umikajočih se inženirskih enot avstro-ogrske vojske. Dveletni zemljemerski tečaj oziroma študij, kjer sta poučevala inž. Leo Novak in inž. Ladislav Bevc, je vključeval skupne teoretične predmete, kot so matematika, fizika in opisna geometrija, ter strokovno usmerjene predmete, kot so geodezija, optika, situacijsko risanje, geodetska izmera, kataster, geodetska zakonodaja, višja geodezija, računanje, osnove gospodarstva in finančnih operacij. Ta učni program se je izvajal vse do leta 1928, dokončalo ga je 60 študentov, ki veljajo tudi za prve inženirje in inženirke geodezije Univerze v Ljubljani (UL FGG, 2009).

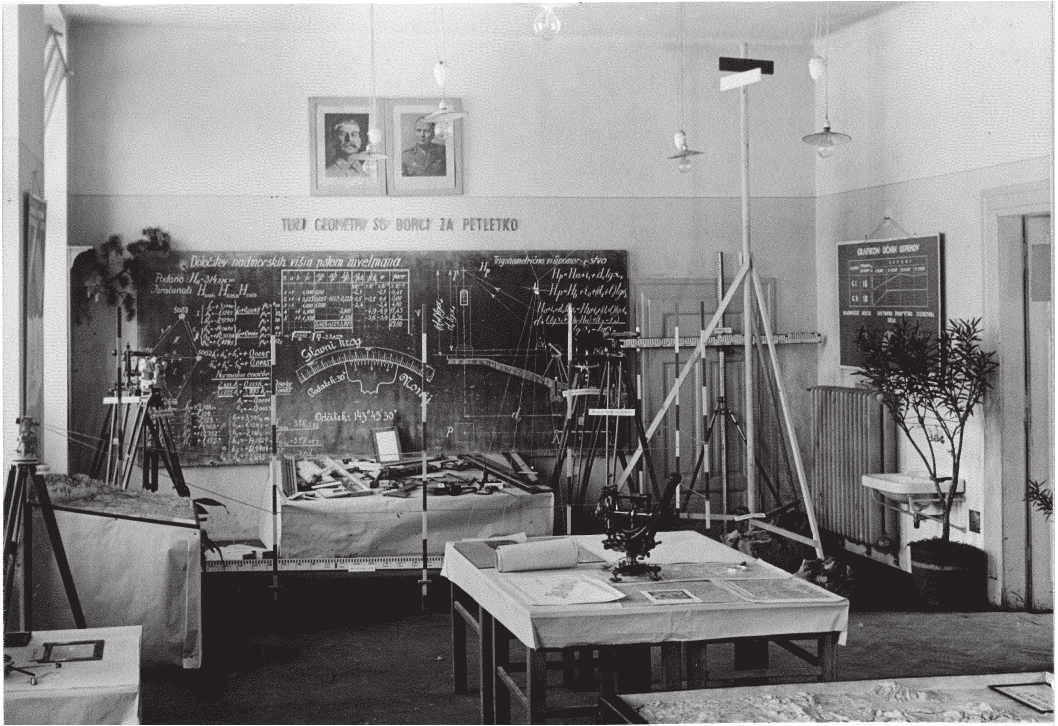
Študij se je izvajal v prostorih nekdanjih šol, z realizacijo Plečnikovega načrta za provizorij Tehniške fakultete na današnji Aškerčevi cesti 7, ki je bila kasneje imenovana *Stara tehnika*, leta 1921 dobijo gradbeni oddelek, oddelek za arhitekturo in oddelek za elektrotehniko pri Tehniški šoli Univerze v Ljubljani nove prostore, kjer je potekalo tudi poučevanje zemljemerstva.

Z reorganizacijo Tehniške fakultete leta 1926 je bil ustanovljen Inštitut za jamomerstvo in geodezijo, katerega predstojnik je bil prof. Dimitrij Frost. Leto 1928 je zaznamovala velika sprememba študijskega programa, saj je bila v obdobju izredne gospodarske rasti potreba po kadrih in znanju velika in uveljavljeni tečaj zemljemerstva se je razširil v štiriletni visokošolski študijski program kulturno-geodetske usmeritve. V istem letu je bil ustanovljen kulturno-geodetski oddelek, ki sta ga vodila inž. Leo Novak in inž. Josip Črnjač. V tem obdobju (1930) je bil Inštitut za jamomerstvo in geodezijo preimenovan v Inštitut za geodezijo, ki se je leta 1935 pod vodstvom prof. dr. Miroslava Kasala preoblikoval v Zavod za geodezijo. Konec dvajsetih let je nastopila gospodarska kriza, financiranje šolstva postane velika težava. Posledično se leta 1931 program samostojnega geodetskega študija v okviru Tehnične fakultete v Ljubljani ukine in se priključi drugim študijskim programom. Na področju geodezije so predavali inž. Leo Novak, inž. Matko Milič, inž. Josip Črnjač, nadgeometer Aflonz Gspan, inž. Ciril Pirc, red. prof. inž. Dimitrij Frost ter prof. dr. Andrej Gosar (pravni predmeti). V tem obdobju diplomira 45 inženirjev geodezije, a ne v okviru samostojnega geodetskega študija.

3.2 Študij geodezije na Univerzi v Ljubljani v povojnem obdobju

Petnajstletna odsotnost samostojnega študijskega programa geodezije (op. v tem obdobju sicer imamo diplomante geodezije, a ne v okviru samostojnega študija) je imela za posledico veliko pomanjkanje akademskega izobraženih strokovnjakov s področja geodezije. Nekaj teh diplomantov je takoj po letu 1945 prevzelo pedagoško in raziskovalno delo na novem geodetskem oddelku Tehniške fakultete, ki je imel nove prostore v starem rudarskem paviljonu na Aškerčevi cesti. V jeseni 1945 je bil namreč zaradi izrednih potreb po geodetskem kadru sklican poseben posvet, ki mu je predsedoval prof. dr. inž. Milan Vidmar. Sklenjeno je bilo, da se pri Tehniški fakulteti organizira samostojen geodetski študij, za kar sta bila zadolžena prof. inž. Leo Novak in prof. inž. Josip Črnjač, iz gospodarstva so se jima pridružili prof. inž. Ivan Čuček, ki je izredno prispeval k uvedbi in razvoju fotogrametrije na Slovenskem, ter katastrska strokovnjaka Vladimir Vazzas in Rado Dvoršak. Že v študijskem letu 1945/46 je bil organiziran devetsemestrski študijski program geodezije, ki je bil usmerjen v geodetske potrebe takratnega gospodarstva. Pomanjkanje kadrov in opreme pa je bilo velika težava tudi na sami fakulteti (slika 2). Vse to se je močno odražalo v stroki, ko so več kot desetletje imeli težave z izvajanjem študija, zaradi česar so prevladovali kadri s pretežno srednješolsko izobrazbo (Črnivec, 1976).

Med letoma 1950 in 1954 je bila Tehniška visoka šola začasno ločena od ljubljanske univerze. Leta 1953 se je morala operativna dejavnost v okviru fakultete izločiti kot poseben zavod s samostojnim financiranjem, tako je bil ustanovljen Inštitut za geodezijo in fotogrametrijo. Ob prenovi organizacije Univerze v Ljubljani se leta 1954 Tehniška visoka šola spet vključi pod okrilje univerze, in sicer kot Tehniška fakulteta. Leta 1957 je nato na podlagi Zakona o univerzi v Ljubljani ustanovljena Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo s tremi oddelki – oddelkom za arhitekturo, oddelkom za gradbeništvo in geodetsko-komunalnim oddelkom. Takrat se je zaradi preozke usmeritve starega študijskega programa geodezije tudi precej spremenil študijski program, ko so se v osemsemestrski študij geodezije vključili komunalni in prostorski predmeti ter sta se uvedli dve študijski smeri: geodetska in komunalna. V tem obdobju se je tudi geodetsko-komunalni oddelek kadrovsko zelo okrepil, k pedagoškemu in raziskovalnemu delu pa je veliko pripomoglo močno sodelovanje oddelka z Inštitutom za geodezijo in fotogrametrijo. Leta 1960 je bil uveden dvostopenjski študij, in sicer na geodetski in komunalni smeri, že leta 1963 pa se obe smeri združita v prvih treh letnikih (Jenko, 1967; Črnivec, 1976).



Slika 2: Oprema fakultete je bila po drugi svetovni vojni skromna, a kljub temu je bil velik poudarek tudi na praktičnem usposabljanju.

V močnem sodelovanju s stroko je bil leta 1967 oblikovan devetsemestrski študijski program, ki se je začel izvajati leta 1968 in s katerim je bil odpravljen stopenjski študij. Prvič se v program vključijo tudi predmeti o »sodobnih tehnikah obdelave podatkov« (Jenko, 1967). Leta 1968 se na Fakulteti za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo pri Univerzi v Ljubljani zaradi pomanjkanja kadrov, to je geodetskih inženirjev, na pobudo takratne Geodetske uprave SRS, ki jo je vodil Milan Naprudnik, uvede izredni študij geodezije za pridobitev naziva geodetskega inženirja, in že prvo leto je bilo vpisanih 80 slušateljev (Šolanje geodetskih inženirjev, 1968). Geodetsko-komunalni oddelek je pridobil tudi nove prostore, saj se z izgradnjo nove stavbe po načrtih prof. inž. Edvarda Ravnikarja leta 1969 skupaj z oddelkom za gradbeništvo preseli na Jamovo cesto 2.

To je tudi čas, ko na Univerzi v Ljubljani praznujemo petdeset let študija geodezije. Na geodetsko-komunalnem oddelku je takrat šest kateder, in sicer katedra za nižjo geodezijo (prof. inž. Franjo Rudl), katedra za višjo geodezijo in geodetsko astronomijo (prof. inž. Miroslav Črnivec), katedra za fotogrametrijo (prof. inž. Ivan Čuček), katedra za kartografijo (prof. dr. inž. Alojz Podpečan), katedra za urbanistično planiranje (prof. inž. arh. Saša Sedlar) in katedra za komunalno gospodarstvo (prof. dr. Tone Klemenčič).

Z reorganizacijo v letu 1972 se je katedra za komunalno gospodarstvo pripojila oddelku za gradbeništvo, geodetsko-komunalni oddelek pa se je preimenoval v oddelek za geodezijo. Komunalno smer študija so

odtelej izvajali v okviru gradbeništva, za študij geodezije (slika 3) pa se je uvedel nov študijski program z dvema usmeritvama v četrtem letniku: geodetsko in urbanistično-planersko. Za potrebe operativnega izvajanja in vodenja je bil leta 1973 uveden štirisemestrski višješolski študijski program geodezije (Vodopivec in Kogoj, 1996). Naj omenimo, da je bil zaradi potreb iz prakse leta 1973 uveden interdisciplinarni podiplomski študij prostorskega in urbanističnega planiranja IPŠPUP (Prosen, 1996), ki se je z nekaj spremembami ohranil vse do tako imenovane nedavne bolonjske reforme študijskih programov, ko je bil uveden magistrski študij prostorskega načrtovanja. Podiplomski študij geodezije je zaživel v študijskem letu 1977/78, ko je z rednimi predavanji začela prva skupina slušateljev (Vodopivec in Kogoj, 1996).



Slika 3: Terenska geodetska izmera je bila vedno pomemben del obveznosti študentov geodezije – utrinki s terenskih vaj.

Leto 1975 prinese nove spremembe, sicer bolj organizacijske, saj se z novim zakonom o visokem šolstvu spremenijo dotedanja univerzitetna in fakultetna struktura ter organi upravljanja. Iz takratne Fakultete za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo nastaneta dve visokošolski temeljni organizaciji združenega dela (VTOZD), in sicer VTOZD za arhitekturo ter VTOZD za gradbeništvo in geodezijo. V povezavi s študijskim programom geodezije in prostorskega načrtovanja se je zvrstilo več manjših sprememb v sedemdesetih in osemdesetih letih preteklega stoletja, ki so delno vplivale tudi na vsebine današnjih študijev in raziskovalnih področij. Tudi razvoj kateder na oddelku za geodezijo je bil tesno povezan z učnimi načrti in spremembami, ki so jih narekovali predvsem novi izzivi v znanosti in stroki, odvisne pa so bile tudi od osebja, ki je bilo na voljo. Vsekakor pa prinese večje spremembe tako v organizacijo fakultete kot študijske programe osamosvojitve Republike Slovenije v začetku devetdesetih let.

3.3 Študij geodezije na Univerzi v Ljubljani v Republiki Sloveniji

Leta 1991 visokošolski temeljni organizaciji združenega dela za arhitekturo ter za gradbeništvo in geodezijo izgubita status pravne osebe in delujeta v okviru Fakultete za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo. Z Odlokom o preoblikovanju Univerze v Ljubljani v letu 1994 preneha obstajati Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo. Nastaneta dve novi fakulteti: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo ter Fakulteta za arhitekturo. Nedvomno pomemben mejnik prinese leto 1995, ko postane fakulteta samostojna članica Univerze v Ljubljani.

Na Univerzi v Ljubljani sta takrat potekala dva študijska programa geodezije: osemsemestrski visokošolski študij geodezije, ki ga je v letu 1996 nadomestil devetsemestrski univerzitetni študij geodezije z geodetsko in prostorsko smerjo v četrtem letniku, ter petsemestrski višješolski študij geodezije, ki je bil leta 1996 ukinjen, nadomestil ga je šestsemestrski visokošolski strokovni študij geodezije. Na oddelku za geodezijo se je izvajal tudi podiplomski študijski program geodezije ter interdisciplinarni podiplomski študij prostorskega in urbanističnega planiranja (IPŠPUP), vzporedno pa se je izvajal izredni (visokošolski in visokošolski strokovni) študij geodezije. V prvem obdobju po osamosvojitvi države je bilo opazno izredno povečanje zanimanja kandidatov za študij geodezije pa tudi veliko povpraševanje po kadrih, tako se je v devetdesetih letih precej višalo število vpisnih mest (Prosen, 1996).

Leta 1999 so bile v oba dodiplomska študijska programa geodezije uvedene vsebinske spremembe v skladu z rezultati projekta Phare-Tempus (Šumrada, 1996; Šumrada in Stubkjær 2001). V študijske programe je bilo takrat vključenih več družboslovnih vsebin v skladu s spremenjeno vlogo geodeta v družbi. Oba dodiplomska študijska programa sta vsebinsko pokrivala vsa področja, s katerimi se pretežno ukvarjajo geodeti, v zadnjem letniku pa sta bila razdeljena na geodetsko in prostorsko smer.

Veliko spremembo prinese obvezna bolonjska reforma visokošolskega študija v Sloveniji, ki jo je narekoval Zakon o visokem šolstvu iz leta 2004 – z njim so bile prenesene zahteve evropske direktive v naš pravni red. V skladu z določili zakonodaje je bilo treba opraviti popoln prehod na bolonjski študij najpozneje v študijskem letu 2009/10 (Petrovič, Drobne in Stopar, 2008). Tako so se po letu 2008 postopoma tudi na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo pri Univerzi v Ljubljani začeli uvajati novi študijski programi, ki pa so poleg formalne strukture prinesli mnogo vsebinskih sprememb, zasnovanih na podlagi intenzivne večletne javne razprave. Danes na oddelku za geodezijo izvajamo dva študijska programa prve stopnje, to sta univerzitetni študijski program prve stopnje *geodezija in geoinformatika* ter visokošolski strokovni študijski program prve stopnje *tehnično upravljanje nepremičnin*. Izvajata se še dva magistrska študijska programa, to sta *geodezija in geoinformatika* ter *prostorsko načrtovanje*. Doktorsko usposabljanje poteka v okviru doktorskega študija *grajeno okolje*, kjer sta med štirimi usmeritvami tudi področji *geodezija in načrtovanje prostora*. S prenovo študijskih programov se je zaradi gospodarske krize zmanjšalo število vpisnih mest, a informacije s trga kažejo na vnovično veliko pomanjkanje strokovnjakov s področja geodezije in geoinformatike.

Sedanja organizacijska struktura Fakultete za gradbeništvo in geodezijo pri Univerzi v Ljubljani izvira iz leta 2009 in predvideva tri oddelke: oddelek za gradbeništvo, oddelek za geodezijo in oddelek za okoljsko gradbeništvo. Vanje je vključenih 21 pedagoško-raziskovalnih enot (kateder), dva laboratorija in dva inštituta s področij gradbeništva, okoljskega gradbeništva, geodezije in geoinformatike ter prostorskega načrtovanja. Na oddelku za geodezijo je šest pedagoško-raziskovalnih enot (kateder), to so: katedra za geodezijo (KG), katedra za geoinformatiko in katastre nepremičnin (KGKN), katedra za kartografijo, fotogrametrijo in daljinsko zaznavanje (KKFDZ), katedra za inženirsko geodezijo (KIG), katedra za matematično in fizikalno geodezijo ter navigacijo (KMFGN) in katedra za prostorsko planiranje (KPP).

5 NAMESTO SKLEPA

Stoletna zgodba visokošolskega študija geodezije v Sloveniji, na Univerzi v Ljubljani, se vidi tudi s seznama diplomantov, ki so/ste doštudirali na fakulteti – od leta 1919 pa do vključno septembra 2019 je Univerzi v Ljubljani študij geodezije uspešno dokončalo (vir: UL FGG):

- 609 inženirjev in inženirk geodezije, 1919–1928 ter 1962–2000;
- 455 diplomiranih inženirjev in inženirk geodezije, 2000–2016;
- 1026 univerzitetnih diplomiranih inženirjev in inženirk geodezije, 1928–1945, 1950–2016;
- 178 diplomiranih inženirjev in inženirk geodezije (UN) po univerzitetnem študijskem programu prve stopnje,
- 105 diplomiranih inženirjev in inženirk geodezije (VS) po visokošolskem študijskem programu prve stopnje,
- 92 magistrstov inženirjev in magistric inženirk geodezije in geoinformatike ter
- 28 magistrstov in magistric prostorskega načrtovanja.

Na znanstvenem področju geodezije je v tem obdobju študij končalo 55 magistrstov in magistric znanosti ter 50 doktorjev in doktoric znanosti.

K ohranjanju in razvoju akademskega izobraževanja geodetov v Sloveniji, s tem pa k razvoju stroke, so prispevali številni posamezniki, skupine, združenja, institucije. Ob 100-letnici Fakultete za gradbeništvo in geodezijo pri Univerzi v Ljubljani, ki smo jo počastili s slavnostno akademijo 12. septembra 2019 v Cankarjevem domu (slika 4), smo se zahvalili nekaterim posameznikom in institucijam za izjemen prispevek k razvoju geodezije in akademskega izobraževanja na tem področju v Sloveniji. Vsem dobitnikom jubilejnih plaket iskrene čestitke in zahvala za vse, kar so prispevali k ugledu in razvoju fakultete, univerze in stroke! Naj se ob tej priložnosti v imenu Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani zahvalimo tudi vsem, ki ste s svojim predanim delom in dobro voljo obogatili mozaik naše skupne uspešne zgodbe – iskrena hvala!



Slika 4: Pozdravna govora rektorja UL prof. Igorja Papiča (levo) in dekana UL FGG prof. Matjaža Mikoša (desno) na slavnostni akademiji ob 100-letnici UL FGG (foto: mediaspeed.net).

Literatura in viri:

- Brence, S., Cankar, V., Kavčič, I., Kovač, J., Pirc, J., Pišlar, I., Šulgaj, A., Lahajnar, U. (2003). Zgodovina zemljemerstva na Idrijskem in Cerkljanskem. Idrija: Muzejsko društvo Idrija, 60 str.
- Ciperle, J. (2001). Podoba velikega učilišča ljubljanskega – Licej v Ljubljani 1800–1848. Ljubljana: Slovenska matica, 385 str.
- Črnivec, M. (1976). Ob tridesetletnici geodetskega visokošolskega študija v SR Sloveniji. Geodetski vestnik, 20 (3), 133–135.
- Jenko, M. (1967). Spremembe učnega načrta na geodetsko-komunalnem oddelku FAGG. Bilten Zveze geodetskih inženirjev in geometrov Slovenije (Geodetski vestnik), 3–4, 10–12.
- Lego, K. (1968). Geschichte des Österreichischen Grudkatasters. Dunaj, Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen.
- Rakovec, I. (1967). Steinberg, Franc Anton (1684–1765). Slovenska biografija. ZRC SAZU, 2013. Izvirna objava v: Slovenski biografski leksikon: 10. zv. Schmidl -

- Steklara, Alfonz Gspan et al. Ljubljana, SAZU. <http://www.slovenska-biografija.si/oseba/sbi607098/#slovenski-biografski-leksikon>, pridobljeno 1. 9. 2019.
- Petrovič, D., Drobne, S., Stopar, B. (2008). Celovita prenova visokošolskega izobraževanja geodezije – novi študijski programi. *Geodetski vestnik*, 52 (4), 639–652. http://www.geodetski-vestnik.com/52/4/gv52-4_639-652.pdf, pridobljeno 1. 9. 2019.
- Petrovič, D. (2016). Franc Anton Plemeniti Steiberg – zemljemerec in še marsikaj. *Geodetski vestnik*, 60 (3), 535–538. http://www.geodetski-vestnik.com/60/3/gv60-3_petrovic.pdf, pridobljeno 1. 9. 2019.
- Prosen, A. (1996). Študij prostorskega planiranja na Univerzi v Ljubljani. *Geodetski vestnik*, 40 (3), 213–218.
- Šolanje geodetskih inženirjev (1968). Bilten Zveze geodetskih inženirjev in geometrov Slovenije (*Geodetski vestnik*), 4, 9–10.
- Šumrada, R. 1996. Tempus projekt za izboljšanje izobraževanja o okolju in infrastrukturi. *Geodetski vestnik*, 40 (4), 357–360.
- Šumrada, R., Stubkjær, E. 2001: Improved education programmes through the Phare-Tempus project. V: *GIS 2001, Conference proceedings, Vancouver*, 1–8.
- UL (2019a). 100-letnica Univerze v Ljubljani. Ljubljana: Univerza v Ljubljani. https://www.uni-lj.si/o_univerzi_v_ljubljani/100_let_ul, pridobljeno 1. 9. 2019.
- UL (2019b). Zgodovina UL – Cesarsko-kraljevi licej. Ljubljana: Univerza v Ljubljani. https://www.uni-lj.si/univerzitetni_arhiv/zgodovina_ul/cesarsko_kraljevi_licej, pridobljeno 1. 9. 2019.
- UL FGG (2009). Jubilejni zbornik ob devetdesetletnici Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani, 591 str.
- Vodopivec, F., Jaklič, S. (2001). Obletnice – da ne bi pozabili. *Geodetski vestnik*, 45 (1-2), 144–150.
- Vodopivec, F., Kogoj, D. (1996). Študij geodezije včeraj, danes, jutri. *Geodetski vestnik*, 40 (3), 234–241.

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

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

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

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

ZEMLJEMERSKA ULICA SURVEYOR STREET

Sandi Berk

Predvsem v trgih in starih mestnih jedrih najdemo ulice, poimenovane po obrteh oziroma dejavnostih, ki so bile tam osredotočene. V Ljubljani tako najdemo Kamnoseško, Kovaško, Krovsko in Tesarsko ulico, Mesarsko cesto, Lončarsko stezo ter Mizarsko pot. Kasneje so se v industrijski coni Šiška pojavile Kovinarska, Livarska in Strugarska ulica. Leta 1998 smo dobili tudi Zemljemersko ulico.

Navkljub častitljivi tradiciji zemljemerstva – spomnimo se agrimenzorjev iz obdobja antike – je tudi na svetovni ravni zelo malo ulic, ki bi bile posvečene geodetom oziroma zemljemercem. Če se omejimo na angleško govoreči svet, najdemo 'Surveyor Street' v Queanbeyanu pri Canberri in Vynndham Valleyju pri Melbournu (Avstralija), v Bangaloreju (Indija), Pomoni blizu Los Angelesa in Las Vegasu (ZDA), 'Surveyor Road' je v Mississaugi blizu Toronta (Kanada), 'Surveyor Avenue' pa v Simi Valleyju blizu Los Angelesa (ZDA). No, še kakšno bi verjetno našli.

Vsekakor si naša Zemljemerska ulica zasluži pozornost tudi širše javnosti. V maju 2019 je tako izšla lična brošura z naslovom Zemljemerska ulica (slika 1), ki jo je izdala Zveza geodetov Slovenije. Avtor je mag. Janez Slak, za tehnično obdelavo, oblikovanje in tisk pa je poskrbel Geodetski inštitut Slovenije.

V brošuri je podana kratka zgodovina Ljubljane in boja ljubljanskih mestnih oblasti za poimenovanje ljubljanskih ulic v slovenščini ter pestra zgodovina poimenovanj Zemljemerske ulice; od nastanka leta 1896 je ta nosila kar šest različnih imen:

- Kuhnova cesta (1896–1919),
- Vojvode Mišiča cesta (1919–1923),
- Mišičeva cesta (1923–1941),
- Peruškova cesta (1941–1952),
- Šaranovičeva ulica (1952–1998) in
- Zemljemerska ulica (od 1998).

Predstavljene so osebnosti, po katerih je ulica dobivala predhodna imena. Zanimivo je, da je bil že baron Kuhn (slika 2), po katerem je ulica dobila ime ob nastanku leta 1896, precej povezan z našo stroko. Bil je sicer vojak – na koncu feldmaršal in celo vojni minister. A na njegovo pobudo je cesar Franc Jožef odredil ponovno merjenje celotne monarhije in izmera za izdelavo kart v merilu 1 : 25.000, ki jo je izvedel dunajski Vojaški geografski inštitut, je znana tudi kot Kuhnova izmera (nem. Kuhn'sche Landesaufnahme).

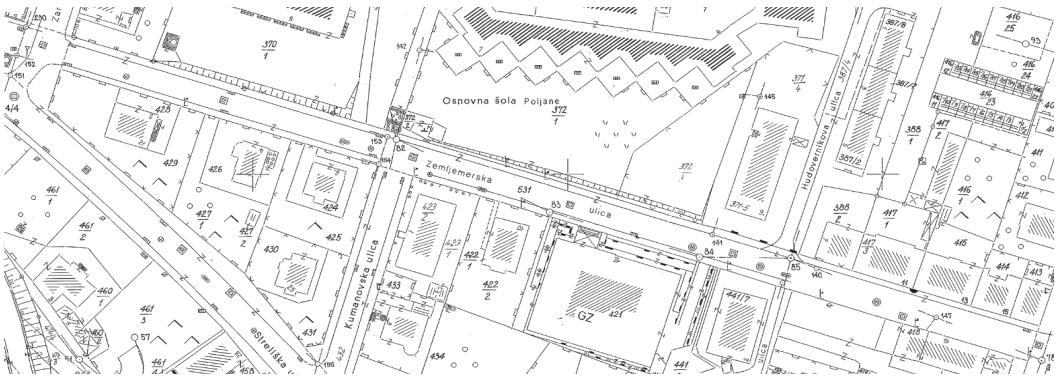


Slika 1: Naslovnica brošure Zemljemerska ulica.



Slika 2: Franc Kuhn baron Kuhnenfeld.

Utemeljitev komisije za poimenovanja in evidentiranja naselij, ulic in stavb v mestni občini Ljubljana za preimenovanje ulice v Zemljemersko je seveda slonela na tem, da sta imeli takrat na njej sedež dve pomembni geodetski inštituciji, in sicer Geodetska uprava Republike Slovenije ter Geodetski zavod Slovenije – oba na naslovu Zemljemerska ulica 12 (slika 3). Slednjega žal ni več.



Slika 3: Geodetski načrt Zemljemske ulice iz leta 1998.

Na koncu brošure je predstavljen profesor Ivan Čuček (slika 4) – edini geodet, po katerem je poimenovana kakšna ljubljanska ulica. Čučkova ulica stoji na območju cestnega razcepa Kozarje in pod pravim kotom seka Tržaško cesto. Čuček je bil redni profesor fotogrametrije na geodetskem oddelku takratne Tehniške fakultete v Ljubljani. V letih 1960–1961 je bil dekan Fakultete za gradbeništvo in geodezijo. Zaslužen je za ustanovitev Inštituta za geodezijo in fotogrametrijo in je bil tudi njegov dolgoletni direktor. Leta 1989 je postal zaslužni profesor Univerze v Ljubljani.



Slika 4: Profesor Ivan Čuček.

Več si lahko seveda preberete v sami brošuri. Na podlagi pripravljenega gradiva je bil izdelan še plakat, ki je razstavljen v avli Geodetske uprave Republike Slovenije na Zemljemski ulici 12, ter film v režiji in montaži Janija Demšarja, ki si ga lahko ogledate na YouTubu (<https://youtu.be/r2u9pQ4z98c>).

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

NOVICE IZ STROKE NEWS FROM THE FIELD



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR

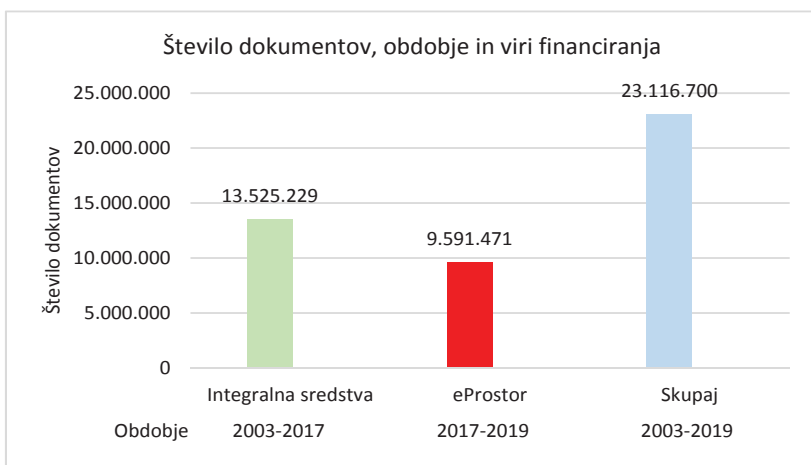
GEODETSKA UPRAVA REPUBLIKE SLOVENIJE

NOVICE GEODETSKE UPRAVE RS

DOKONČANA NALOGA PRETVORBE ANALOGNIH KATASTRSKIH PODATKOV V DIGITALNI ZAPIS

Na Geodetski upravi Republike Slovenije so v letu 2019 uspešno pripeljali do konca večletni projekt digitalizacije arhivskih dokumentov nepremičninskih evidenc. Že samo skeniranje je bilo izjemno obsežna naloga – organizacijsko, logistično, tehnološko in informacijsko. Med letoma 2003 in 2019 je geodetska uprava v digitalno obliko pretvorila več kakor 23 milijonov dokumentov, od tega več kakor 20 milijonov dokumentov zemljiškega katastra in nekaj manj kot tri milijone dokumentov katastra stavb. Evropska unija oziroma Evropski sklad za regionalni razvoj je financirala zajem za skoraj 9,6 milijona dokumentov.

Vsi ti dokumenti so geodetom in drugim pooblaščenim uporabnikom na voljo za neposreden spletni dostop in uporabo 24 ur na dan, 7 dni v tednu in 365 dni v letu. Geodetski arhivi so brez vsakršnega dvoma izjemno narodno bogastvo in tehnična kulturna dediščina neprecenljive vrednosti, tako za slovensko družbo kot za vsakega njenega posameznika! Vsi mi namreč nekje v prostoru živimo in delamo, in ta 'nekje' je nedvomno na eni od milijonov parcel ali stavb na Slovenskem, ki so bile skozi leta, desetletja in stoletja predmet geodetskih izmer in postopkov evidentiranja v geodetskih evidencah. Te so zdaj zapisane in dostopne tudi v digitalnem arhivu.



Slika 1: Število skeniranih dokumentov, obdobje in viri financiranja.

Vir: Geodetska uprava RS

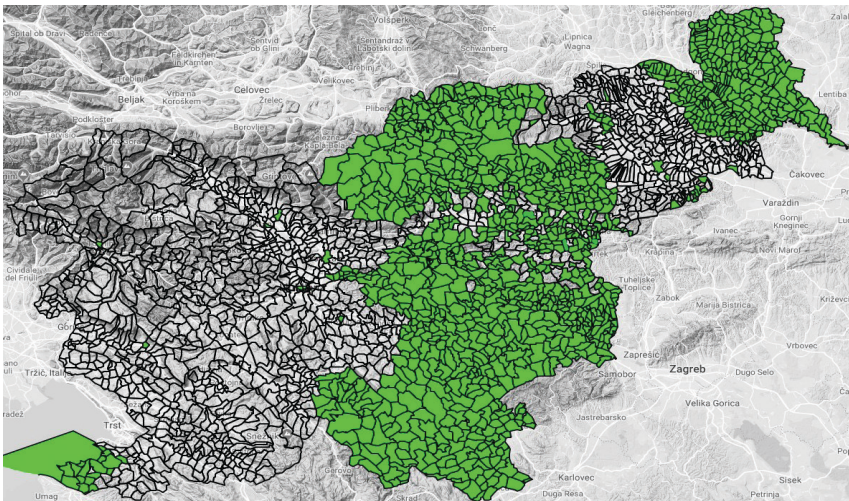
PETA FAZA IZBOLJŠAVE ZEMLJIŠKOKATASTRSKEGA PRIKAZA

Projekt *Lokacijska izboljšava zemljiškokatastrskega prikaza*, ki je časovno umeščen od marca 2018 do oktobra 2020, se izvaja skladno s sprejetim terminskim načrtom. Operativna skupina Geodetske uprave Republike Slovenije, ki na podlagi podatkov iz evidence zemljiškega katastra in dodatno pridobljenih podatkov zunanega izvajalca skrbi za izboljšavo po posameznih katastrskih občinah, je do sredine septembra 2019 končala obdelavo podatkov z območja pete faze. V njenem okviru so lokacijsko izboljšani zemljiškokatastrski prikazi za 252 katastrskih občin na območju geodetskih pisarn Celje, Šentjur pri Celju, Šmarje pri Jelšah in Žalec.

V celoti je izboljšava že dokončana na območjih geodetskih pisarn Murska Sobota, Lendava, Novo mesto, Črnomelj, Brežice, Sevnica, Krško, Trbovlje, Litija, Slovenj Gradec, Velenje, Mozirje, Slovenske Konjice, Slovenska Bistrica, Gornja Radgona in Ljutomer, dela geodetske pisarne Koper in skoraj v celoti geodetske pisarne Kočevje. Avgusta 2019 je bilo skupno obdelanih že 1270 katastrskih občin, kar pomeni 47 % vseh katastrskih občin.

Obdelava podatkov se sredi septembra 2019 nadaljuje na območju 6. faze (območje geodetskih pisarn Domžale, Grosuplje, Ljubljana, Logatec in delno Kočevje).

Rezultati lokacijske izboljšave se sproti vključujejo v evidenco zemljiškega katastra, in sicer tako v produkcijsko kot distribucijsko okolje.



Slika 1: Katastrske občine, v katerih je bila izboljšava ZKP že izvedena (september 2019; vir: Geodetska uprava RS).

SPREMEMBE PODATKOV O NEPREMIČNINAH IN VREDNOSTIH NEPREMIČNIN V EVIDENCAH GEODETSKE UPRAVE

Na podlagi sprememb predpisov na področju evidentiranja nepremičnin (Zakon o evidentiranju nepremičnin – ZEN) in množičnega vrednotenja nepremičnin (Zakon o množičnem vrednotenju nepremičnin – ZMVN-1) se uvajajo posamezne novosti v zvezi s shranjevanjem in vzdrževanjem podatkov ter

postopki evidentiranja nepremičnin, enako velja za shranjevanje in vzdrževanje podatkov o posplošenih vrednostih nepremičnin v novi evidenci vrednotenja.

Od 1. aprila 2020 se podatki o posplošenih vrednostih nepremičnin ne bodo več shranjevali v registru nepremičnin (s tem datumom se podatki o posplošenih vrednostih v registru nepremičnin brišejo), temveč v evidenci vrednotenja. Register nepremičnin bo še vedno večnamenska zbirka podatkov o nepremičninah, medtem ko bo evidenca vrednotenja večnamenska zbirka podatkov o posplošenih vrednostih nepremičnin. Posledično bo geodetska uprava z navedenim datumom umaknila posplošene vrednosti nepremičnin iz vseh obstoječih storitev, pri katerih se uporabljajo podatki registra nepremičnin (vpogledi, izpisi, izdajanje podatkov, spletni servisi). S tem datumom bodo posplošene vrednosti nepremičnin na voljo le v novih storitvah, ki bodo vključevale podatke iz evidence vrednotenja.

Za dostop do podatkov evidence vrednotenja prek spletnih storitev bo geodetska uprava izdelala nove splošne spletne servise, ki bodo dostopni širši množici uporabnikov glede na njihova pooblastila in bodo omogočali dostop do podatkov za posameznega lastnika in posamezno nepremičnino. Storitve ne bodo podpirale morebitnih posebnosti posameznih uporabnikov, temveč bodo zagotavljale le izvirne podatke evidence vrednotenja. Morebitne posebnosti bo moral uporabnik urediti sam.

Vir: Geodetska uprava RS

DEVETO ZASEDANJE UN-GGIM

Deveto zasedanje Odbora strokovnjakov Organizacije Združenih narodov za globalno upravljanje prostorskih informacij (UN-GGIM) je potekalo od 7. do 9. avgusta 2019 na sedežu Združenih narodov v New Yorku.

Odbor strokovnjakov Združenih narodov za globalno upravljanje prostorskih informacij (UN-GGIM) si prizadeva za spodbujanje mednarodnega sodelovanja pri globalnem upravljanju prostorskih informacij in poroča ekonomsko-socialnemu svetu Združenih narodov (ECOSOC) o vseh zadevah v zvezi s prostorskimi informacijami in povezanimi temami. Slovenijo je na zasedanju odbora zastopal generalni direktor nacionalne geodetske uprave Tomaž Petek, ki v tem mandatu tudi predseduje izvršnemu odboru UN-GGIM za evropsko regijo (UN-GGIM Evropa).

Med drugim je bil organiziran posvet o pripravi dokumenta z naslovom *Integrated Geospatial Information Framework – IGIF*, predstavljen je bil tudi dokument z naslovom *Strengthening of Geospatial Information Management*, v katerem je UN-GGIM pripravil podrobnejše usmeritve in praktična navodila za izpolnitev obveznosti iz resolucije Ekonomsko-socialnega sveta št. 2016/27. Tu ima izredno vlogo standardizacija, tako so se v okviru dogodka srečale tri vodilne mednarodne standardizacijske organizacije s področja, to so OGC, ISO in IHO, ki pripravljajo priporočila za uporabo standardov pri globalnem upravljanju prostorskih informacij.

Tu velja izpostaviti še dokument delovne skupine, ki se ukvarja z usmeritvami na področju učinkovite zemljiške administracije – ta je pripravila prvi osnutek dokumenta z naslovom *Framework for Efficient Land Administration (FELA)*, ki je bil posredovan v javno razpravo. Poleg naštetih so bile na zasedanju obravnavane še gradiva o opredelitvi vloge prostorskih podatkov za potrebe preprečevanja naravnih nesreč in ukrepanju ob odpravi njihovih posledic ter za področja statistike, uporabe prostorskih podatkov v po-

morstvu in mnoga druga. Vsa gradiva, obravnavana na plenarnem zasedanju, so dostopna na spletni strani UN-GGIM. Povezava na spletno stran UN-GGIM: <http://ggim.un.org/>

Vir: Geodetska uprava RS

XII. REGIONALNA KONFERENCA O KATASTRU V BIH

V Neumu je od 4. do 6. septembra 2019 potekala XII. regionalna konferenca o katastru in infrastrukturi prostorskih podatkov, ki jo je tokrat organizirala zvezna geodetska uprava BiH. Konference so se udeležili direktorji desetih geodetskih uprav zahodnega Balkana s sodelavci, predstavniki donatorjev, Svetovne banke, predstavniki geodetskih uprav Švedske, Norveške in Nizozemske, predstavniki Eurogeographicsa, UN-GGIM Evropa, CLGE in drugi.

Regionalno konferenco tradicionalno organizirajo geodetske uprave držav iz regije zahodnega Balkana z namenom krepitev regionalnega sodelovanja, usklajevanja skupnih dejavnosti in projektov, raziskovanja potencialnih izboljšav v sektorju zemljiške administracije ter predstavitve tekočih dejavnosti in dosežkov posameznih agencij. Ta oblika sodelovanja se je začela v Opatiji leta 2008.

V treh sekcijah so predstavniki geodetskih uprav v regiji ter predstavniki mednarodnih organizacij in projektov opisali aktualne dejavnosti. Med konferenco je bil organiziran tudi niz srečanj s predstavniki donatorjev in mednarodnih združenj. Med drugim je bil podpisan *Memorandum o sodelovanju med geodetskimi upravami zahodnega Balkana*. Namen memoranduma je okrepiti regionalno sodelovanje in izmenjavo informacij ter skupni dostop do sredstev EU ter drugih finančnih in donatorskih organizacij.

Dejavnosti slovenske geodetske uprave v preteklem letu in odbora UN-GGIM Evropa je na konferenci predstavil generalni direktor Tomaž Petek. Poleg njega sta se konference iz Slovenije udeležila še Anton Kupic in mag. Klemen Medved. Ob koncu konference so bile sprejete ugotovitve, ena izmed njih je bila odločitev, da bo naslednja regionalna konferenca leta 2020 v Sloveniji, in sicer v organizaciji geodetske uprave.



Slika 1: Direktor geodetske uprave federacije BiH g. Željko Obradović med uvodnim pozdravom.

Vir: Geodetska uprava RS



NOVICE FAKULTETE ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO UNIVERZE V LJUBLJANI

UL FGG NA SIMPOZIJU DRAGON 2019

V Ljubljani je od 24. do 28. junija 2019 potekal simpozij *Dragon 2019*. Dragon je termin, ki označuje sodelovanje med Evropsko vesoljsko agencijo ter ministrstvom za znanost in tehnologijo (MOST) Kitajske. Sodelovanje poteka od leta 2004, zadnja faza – Dragon 4 – se je začela julija 2016 v Wuhanu in bo končana leta 2020. Dogodek je po treh letih delovanja združil skupne kitajsko-evropske ekipe. Osemindvajset projektnih skupin je poročalo o napredku vsakega projekta do zdaj, vključno z najnovejšimi znanstvenimi rezultati.

Na plenarnem zasedanju je prof. Krištof Oštir predstavil dejavnosti opazovanja Zemlje v Sloveniji, ki kažejo, da so slovenske organizacije v samem vrhu sodobne tehnologije in da obstaja velik potencial za sodelovanje v okviru Dragona in z Evropsko vesoljsko agencijo. Več informacij o dogodku je mogoče najti na <http://dragon4.esa.int/2019-symp/>.

SLAVNOSTNA AKADEMIJA OB 100-LETNICI UL FGG

Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani je 12. septembra 2019 s slavnostno akademijo v Linhartovi dvorani Cankarjevega doma zaznamovala 100-letnico svojega delovanja. Med številnimi udeleženci so bili ugledni gosti iz Slovenije in tujine – med drugimi vodja predstavništva Evropske komisije v Sloveniji dr. Zoran Stančič ter dobitniki jubilejnih nagrad ob 100-letnici fakultete. Udeleženca sta nagovorila dekan Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani prof. Matjaž Mikoš, ki je bil v vlogi gostitelja, ter rektor Univerze v Ljubljani prof. Igor Papič. Med nastopoma sta izpostavila vlogo oziroma pomen fakultete in njenega delovanja tako z znanstveno-raziskovalnega in razvojnega vidika kot z vidika vpliva na gospodarstvo ter splošnega družbenega razvoja.

Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo pri Univerzi v Ljubljani je ob tej priložnosti podelila jubilejna priznanja posameznikom in institucijam za izjemen dolgoletni prispevek k razvoju fakultete, njeni uveljavitvi v Sloveniji in tujini ter za vrhunske izjemne dosežke pri raziskovalnem, razvojno-raziskovalnem ali pedagoškem delu na področjih delovanja fakultete. Na predlog posameznih kateder z oddelka za geodezijo so jubilejna priznanja prejeli tudi posamezniki in institucije, ki so pomembno prispevali k razvoju in mednarodnemu ugledu fakultete na področjih geodezije, geoinformatike in prostorskega načrtovanja. Zlate plakete so med drugimi prejeli (slika 1):

- Tehniška univerza München (Technische Universität München), katere plaketo je prevzel prof. Uwe Stilla;
- Tehniška univerza na Dunaju (Technische Universität Wien), plaketo je prevzel doc. Gerhard Navratil;

- prof. Erik Stubkjær, Univerza v Ålborgu, ter
- prof. Andrej Pogačnik, upokojeni profesor UL FGG.



Slika 1: Dekan prof. Matjaž Mikoš s prejemniki zlatih plaket – od leve proti desni: prof. Matjaž Mikoš, doc. Gerhard Navratil (TU Dunaj), prof. Uwe Stilla (TU München), prof. Erik Stubkjær, prof. Miran Saje, prof. Rudi Rajar, prof. Andrej Pogačnik, akad. prof. Peter Fajfar (foto: mediaspeed.net).

Tehniška univerza München (Technische Universität München) že desetletja pomembno prispeva k razvoju kadrov in raziskovalnega dela na UL FGG. Začetki sodelovanja segajo v daljno povojno obdobje, ko so slovenski raziskovalci gostovali na že takrat eminentni instituciji. V Münchnu so med drugimi doktorirali pedagogi in raziskovalci, ki so pozneje imeli vodilne vloge na UL FGG, kot sta dr. Zvonko Krevelj pri prof. Maxu Kneislu ter dr. Bogdan Kilar pri prof. Rudolfu Siglu. V osemdesetih letih preteklega stoletja so se po zaslugi prof. Florijana Vodopivca in prof. Hansa Schnädelbacha stiki še okrepili, predvsem na področju precizne geodetske izmere. Sodelovanje se je ohranilo vse do danes, ko raziskovalno skupino na tem področju v Münchnu vodi prof. Thomas Wunderlich. Izredno dobro sodelovanje se je med navedenima institucijama razvilo tudi na področju upravljanja zemljišč in razvoja podeželja, kjer velja izpostaviti sodelovanje med prof. Hologerjem Maglom in izr. prof. Antonom Prosenom. V preteklih dveh desetletjih se je sodelovanje med UL FGG in TUM razširilo na še druga znanstvena področja, kot so predvsem geoinformatika, kataster, fotogrametrija in daljinsko zaznavanje (slika 2).

Sodelovanje **Tehniške univerze Dunaj** (Technische Universität Wien) z UL FGG ima večdesetletno tradicijo. Njen vpliv sega že v začetno obdobje visokega šolstva na področju geodezije v Sloveniji, saj so njihovi diplomanti v preteklih stoletjih s svojim delom prenašali znanje v naše dežele. Izjemni rezultati sodelovanja med UL FGG in Tehniško univerzo Dunaj se kažejo na področju geodezije in geoinformatike. Oddelek za geodezijo na UL FGG več desetletij sodeluje z današnjim Oddelkom za geodezijo in geoinformatiko pri Fakulteti za matematiko in geoinformatiko. Izpostaviti velja velik prispevek Tehniške univerze Dunaj predvsem k razvoju fotogrametrije in daljinskega zaznavanja, ki ga je v Sloveniji in

nekdanji Jugoslaviji močno zaznamovalo sodelovanje s svetovno eminenco na tem področju, danes že pokojnim prof. Karlom Krausom (slika 3).



Slika 2: V imenu TU München je zlato plaketo UL FGG prevzel prof. Uwe Stilla (foto: mediaspeed.net)



Slika 3: V imenu TU Dunaj je zlato plaketo UL FGG prevzel doc. dr. Gerhard Navratil (foto: mediaspeed.net).

Prof. **Andrej Pogačnik**, urbanist in prostorski načrtovalec, je deloval kot pedagog in raziskovalec na UL FGG od leta 1974. Je izjemen strokovnjak, prodorni raziskovalec, pedagog, kritični mislec ter ploden in prodoren pisec, saj je poskrbel za bogato zakladnico učbenikov in strokovnih monografij. Bil je ustanovitelj in dolgoletni vodja interdisciplinarnega podiplomskega študija prostorskega in urbanističnega načrtovanja (IPŠPUP) ter eden izmed ustanovnih članov evropskega združenja planerskih šol AESOP. Kot predstojnik katedre za prostorsko planiranje je bil vseskozi vključen v upravljanje UL FGG ter je pomembno prispeval k prepoznavnosti in razvoju stroke in kadrov na področju urbanističnega in prostorskega načrtovanja v Sloveniji (slika 4).



Slika 4: Prof. Andrej Pogačnik, prejemnik zlate plakete za izredne zasluge pri razvoju področja prostorskega načrtovanja na UL FGG (foto: mediaspeed.net).



Slika 5: Prof. Erik Stubkjær, prejemnik zlate plakete za izredne zasluge pri posodabljanju programov študija geodezije in mednarodni uveljavitvi UL FGG (foto: mediaspeed.net).

Začetki sodelovanja UL FGG s prof. **Erikom Stubkjærjem** z Univerze v Aalborgu na Danskem segajo v sredino devetdesetih let prejšnjega stoletja. Takrat je s svojim pionirskim delom in entuziastičnim pristopom v okviru evropskega projekta Phare TEMPUS ključno prispeval k posodobitvi študijev s področja geodezije in upravljanja nepremičnin na UL FGG, s tem pa tudi k razvoju geodezije kot stroke

in znanosti v Sloveniji. Sodelovanje je hitro preraslo prvotne okvire in UL FGG se je začela vključevati v pomembne mednarodne mreže, slovenski raziskovalci pa so začeli pridobivati pomembne vloge v številnih mednarodnih projektih. Sodelovanje UL FGG z institucijami v navedenih mrežah se je v preteklih dveh desetletjih le še krepilo, tako so danes pedagogi in raziskovalci z UL FGG dejavno vpeti v mednarodne raziskovalne in pedagoške dejavnosti. Pomembno zaslugo za tako uspešno mednarodno delovanje in kakovostno raziskovanje UL FGG na navedenih področjih zagotovo velja pripisati prof. Eriku Stubkjærju (slika 5).

Za izreden prispevek k razvoju in prepoznavnosti fakultete ter stroke so bile ob tej priložnosti podeljene tudi jubilejne srebrne plakete UL FGG. Na predlog posameznih kateder z oddelka za geodezijo so jubilejna priznanja prejeli posamezniki in institucije, ki so pomembno prispevali k razvoju fakultete in stroke na področjih geodezije, geoinformatike in prostorskega načrtovanja. Srebrne plakete so med drugimi prejeli (slika 6): Geodetski inštitut Slovenije, Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti ZRC SAZU ter izr. prof. Anton Prosen in Marjan Jenko.



Slika 6: Dekan prof. Matjaž Mikoš s prejemniki srebrnih plaket – od leve proti desni: prof. Oto Luthar (ZRC SAZU), dr. Tanja Prešeren (Hidroinštitut), Milan Brajnik (Geodetski inštitut Slovenije), Nikolaja Podgoršek Selič (Cinkarna Celje), mag. Marko Cvikl, Marjan Jenko, izr. prof. Anton Prosen ter Andrej Vitek v imenu Tajništva UL FGG – bronasta plaketa (foto: mediaspeed.net).

Geodetski inštitut Slovenije z izvornim imenom Inštitut za geodezijo in fotogrametrijo (IGF) je bil ustanovljen leta 1953 kot raziskovalni inštitut s samostojnim financiranjem pri Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Tehniške visoke šole v Ljubljani. Že od samega začetka je bila prisotna prepletenost strokovnjakov, raziskovalcev in pedagogov med institucijama, ki je omogočala prenos znanja in tehnoloških

rešitev v pedagoški proces, pa tudi zaposlitve diplomantov fakultete na inštitutu. Študenti so v obdobju analogne fotogrametrije in kartografije precejšen del študijskih obveznosti, predvsem vaj, opravljali na opremi inštituta. V zadnjih desetletjih fakulteta in inštitut sodelujeta pri mnogih projektih nacionalnega pomena za geodezijo, pri skupni pripravi dogodkov, izobraževanj ali seminarjev ter v mednarodnih organizacijah in združenjih (slika 7).

Znanstvenoraziskovalni center SAZU sodeluje z UL FGG od osemdesetih let prejšnjega stoletja, in sicer tako raziskovalno kot pedagoško. Na pobudo dr. Zorana Stančiča, ki so se ji pozneje pridružili številni sodelavci, instituciji skupaj rešujeta izzive na najrazličnejših področjih – od kartografije, prek fizikalne geodezije, geoinformatike in daljinskega zaznavanja do upravljanja prostora. V študijskih programih UL FGG so v preteklih desetletjih sodelovali številni raziskovalci ZRC SAZU in s tem pomembno prispevali h kakovosti predavanj ter zanimivosti študija. ZRC SAZU in UL FGG sta sodelovala v domačih in mednarodnih raziskovalnih in strokovnih projektih. Kot enega najpomembnejših plodov skupnega dela je treba izpostaviti organizacijo bienalnega simpozija Geografski informacijski sistemi v Sloveniji (slika 8).



Slika 7: V imenu Geodetskega inštituta Slovenije je srebrno plaketo UL FGG prevzel direktor Milan Brajnik (foto: mediaspeed.net).



Slika 8: V imenu Znanstvenoraziskovalnega centra SAZU je srebrno plaketo UL FGG prevzel direktor prof. Oto Luthar (foto: mediaspeed.net).

Izr. prof. **Anton Prosen** je bil vedno odprt, komunikativen pedagog in strokovnjak, vedno pripravljen pomagati sodelavcem in študentom. Zelo pomemben je njegov prispevek k uveljavljanju in povezovanju geodezije in prostorskega načrtovanja. V študijske programe je po vzoru izkušenj z Bavarske uvajal vsebine upravljanja in urejanja zemljišč ter posebej poudarjal pomen geodetov pri komasacijah, v razvoju podeželja in na področju celostnega upravljanja prostora. Že v osemdesetih letih je uveljavljal koncept trajnostnega razvoja prostora, s poudarkom na razvoju podeželja. Vseskozi je bil družbeno aktiven, svoja razmišljanja in poglede je pogosto objavljala tudi v dnevnem časopisu, še posebej pa je pomemben njegov prispevek k razvoju Geodetskega vestnika, ki ga je dvignil v mednarodno ugledno znanstveno revijo (slika 9).

Gospod **Marjan Jenko** je bil eden od prvih povojnih diplomantov študija geodezije na ljubljanski univerzi. Na bogati strokovni poti je v dveh obdobjih pedagoško deloval na naši fakulteti, sicer pa je bil zaposlen na Inštitutu Geodetskega zavoda Slovenije. Večino raziskovalnega dela je namenil astrogeodetski in trigonometričnim mrežam Slovenije, ki so postale s pojavom elektrooptičnih razdaljemerov v 70. letih prejšnjega stoletja praktično neuporabne. Z lastnimi izvirnimi rešitvami se je spopadel kar z dvema težavama naenkrat, državne geodetske mreže so še naprej opravljale naloge državnega koordinatnega sistema, hkrati

pa je bilo v vsakdanji geodetski praksi mogoče uporabljati takrat najkakovostnejšo mersko tehnologijo. Med drugim je leta 1981 izračunal položaj geometričnega središča Slovenije. Zaradi raziskovalnega dela je bil poznan tudi v tujini, kjer je imel vrsto predavanj. Znanje je z veliko skrbnostjo prenašal na številne generacije študentov geodezije. Po formalni upokojitvi je še naprej strokovno deloval. Vodil ali sodeloval je pri nekaj raziskovalnih nalogah ter občasno objavljaj strokovne in poljudno-strokovne prispevke v Geodetskem vestniku in drugih revijah. Še danes rad odgovori na kakršnokoli strokovno vprašanje.



Slika 9: Prejemnik srebrne plakete UL FGG izr. prof. Anton Prosen za izreden prispevek k ugledu fakultete in razvoj stroke (foto: mediaspeed.net).



Slika 10: Prejemnik srebrne plakete gospod Marjan Jenko za izreden prispevek k ugledu in razvoju stroke (foto: mediaspeed.net).

NOVICE IZ NEWS FROM GEODETSKIH DRUŠTEV PROFESSIONAL SOCIETIES



NOVICA ZVEZE GEODETOV SLOVENIJE, MEDNARODNE DEJAVNOSTI

29. KONFERENCA IN 18. KONGRES MEDNARODNEGA KARTOGRAFSKEGA ZDRUŽENJA

29. konferenca mednarodnega kartografskega združenja ICA/ACI (*International Cartographic Association / Association Cartographique Internationale*) je potekala od 15. do 20. julija v japonski prestolnici Tokio, in sicer prvič po letu 1980. Dogodka se je udeležilo 950 kartografov in drugih strokovnjakov iz petinsemdesetih držav, ki se posredno ukvarjajo s kartografijo in sorodnimi geoinformacijskimi znanostmi. Slovenska predstavnika na konferenci sta bila Primož Kete z Geodetskega inštituta Slovenije ter doc. dr. Dušan Petrovič s Fakultete za gradbeništvo in geodezijo UL, naše zastopstvo pa je dopolnil še kolega dr. Bojan Šavrič, ki je sicer zaposlen pri ameriškem ESRI.

Kartografija ima na Japonskem dolgo tradicijo in velik pomen, kar ne nazadnje nakazuje dejstvo, da sta se otvoritvene slovesnosti udeležila japonski princ Fumihito, brat sedanjega cesarja Naruhita, in njegova soproga, princesa Kiko. Princu so pripravili predstavitev izbranih kart, med katerimi je bila slovenska Panoramska karta severnih pristopov na Triglav Geodetskega inštituta Slovenije. Udeleženci smo bili zavoljo uglednega obiska sicer deležni temeljitejše varnostne kontrole, govornici pa nekaj dodatne treme.

Stanje in trende na področju kartografije in sorodnih geoinformacijskih znanosti so predstavljali zanimivi vabljeni govorniki, med njimi ustanovitelj OpenStreetMapa Steve Coast, in udeleženci konference, ki smo pripravili približno 750 predstavitev, vključujoč predstavitve na posterjih, v kar 150 različnih sekcijah, od tega so bile tri predstavitve prej imenovanih treh slovenskih udeležencev, z Bojanom sta tudi vodila vsak po eno sekcijo. Srečale so se vse komisije in delovne skupine ICA, nekatere so pred konferenco organizirale delavnice.

Na spremljevalni razstavi je bilo predstavljenih 385 atlasov, kart in digitalnih kartografskih izdelkov iz tridesetih držav, med njimi sedem iz Slovenije, pa tudi 188 risb otrok s kartografsko tematiko, kjer je Slovenija sodelovala s šestimi izdelki. Že tretjič zapored smo dobili nagrajenca med otroškimi risbami, saj je prvo nagrado ocenjevalne žirije v kategoriji otrok v starosti do šest let prejela risba *Kraljica sveta* petletne Biance Belovič iz vrtca Lendava (slika 1).

Organizatorji so pripravili še različne tehnične obiske in družabne dogodke, med njimi tradicionalno tekmovanje v orientacijskem teku v enem tokijskih parkov, ki je zaradi visokih temperatur in vlage potekalo v zgodnjem jutru. Morda pa je bila zgodnja ura izbrana tudi zato, da se je orientacijskega teka brez prevelike pozornosti javnosti lahko udeležila tudi sama princesa Kiko.



Slika 1: Nagrajena risba *Kraljica sveta* petletne Biance Belovič in diploma.

Prvi in zadnji dan konference smo se nacionalni predstavniki zbrali na 18. kongresu oziroma generalni skupščini ICA/ACI. Poleg sprejetja poročil in obravnave programov dela za naslednje obdobje ter sprejetja nekaterih popravkov in sprememb statuta smo izvolili novo vodstvo združenja (slika 2). Predsednik v naslednjem štiriletnem obdobju bo Timothy Trainor iz ZDA, generalni sekretar Švicar Thomas Schulz, izmed sedmih podpredsednikov bo kar šest novih. Potrjene so bile tudi komisije in delovne skupine, vodenje komisije za planinsko kartografijo še za naslednja štiri leta ostaja v slovenskih rokah. Visoko priznanje združenja, naziv častnega člana, sta prejela v Sloveniji že nekajkrat prisotna in mnogim slovenskim kartografom zelo znana prof. dr. Miljenko Lapaine s Hrvaške in prof. dr. Evangelos Livieratos iz Grčije. Izbrali smo še gostitelja kongresa in konference čez štiri leta, ko se bomo zbrali v Cape Townu, še prej pa na kongresu leta 2021 v nam bližnjih toskanskih Firencah.



Slika 2: Novoizvoljeno vodstvo ICA/ACI.

Zapisal: doc. dr. Dušan Petrovič, UL FGG, e-naslov: dusan.petrovic@fgg.uni-lj.si



NOVICA DRUŠTVA SODNIH IZVEDENCEV IN CENILCEV

STROKOVNA ESKURZIJA DRUŠTVA SODNIH IZVEDENCEV IN CENILCEV – DSICGEOS 2019

Društvo sodnih izvedencev in cenilcev geodetske stroke Slovenije je 21. aprila 2019 izvedlo za svoje člane zelo zanimivo strokovno ekskurzijo v St. Pölten, glavno mesto avstrijske dežele Nižja Avstrija, in sicer z namenom spoznati delo geodetske uprave in delo geodetov ter geodetskih podjetij na področju geodetskega sodnega izvedeništva v Avstriji. Gostitelj celodnevnega srečanja in izobraževanja je bil dipl. inž. geod. Dominik Mesner, sicer naš rojak iz avstrijske Koroške, ki je solastnik geodetskega podjetja Vermessung Schubert ZT GmbH, civilni geometer in sodni izvedenec za področje zemljiškega katastra, z njim smo se že srečali tudi na Geodetskem dnevu na Brdu pri Kranju, kjer smo lahko prisluhnili njegovemu predavanju.

Kot običajno smo ob strokovnem delu ekskurzije opravili redni občni zbor društva, tokrat je bil volilni, tako smo na poti do štiristo kilometrov oddaljenega cilja potovanja soglasno potrdili nove stare organe društva. Člani so z odločitvijo potrdili zadovoljstvo z dosedanjim vodenjem našega društva. Po prihodu na cilj nas je čakal obisk prve institucije – *BEV Vermessungsamt St. Pölten*, ki jo vodi dipl. inž. Helmut Skorpil. V uro dolgi predstavitvi nas je seznanil z organizacijo in nalogami avstrijske državne geodetske službe *Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen BEV*, s poudarkom na izvajanju storitev – upravnih in povezanih s sodnimi odločitvami s področja geodezije. Avstrijo pokrivajo z 41 katastrskimi pisarnami (*Vermessungsamt*) in osmimi izpostavami posameznih pisarn. Posebej smo bili presenečeni nad zelo gostoljubnim sprejemom po končanem predavanju.

Sledilo je spoznavanje mesta St. Pölten kar peš pod vodstvom Dominika Mesnerja in donedavnega lastnika podjetja Schubert DI Hanns H. Schuberta, ustavili smo se tudi pred poslovno stavbo geodetskega podjetja, ki je bilo naš gostitelj, torej *Vermessung Schubert*.

Ob nadaljevanju poti smo si ogledali katedralo in velik trg pred njo, na katerem potekajo obsežne arheološke raziskave, tam pa nas je pričakal župan mesta St. Pölten mag. Matthias Stadler, ki nas je popeljal v mestno hišo, zgrajeno leta 1503, ter predstavil samo mesto in povezavo dela v mestni upravi z geodetskimi storitvami. Tudi župan, ki funkcijo opravlja od leta 2004, se je pokazal za zelo gostoljubnega.

Pot na tretjo lokacijo izobraževalnega dne DSICGEOS smo opravili z avtobusom in si spotoma ogledali 'mesto v mestu', kot bi lahko rekli kompleksu stavb deželne uprave in deželne vlade dežele Nižja Avstrija, v katerih dela kar kakšnih sedem tisoč državnih uslužbencev. Kompleks je star približno dvajset let, po njegovem dokončanju se je sedež dežele Nižja Avstrija skupaj z večino uslužbencev preselil iz Dunaja v St. Pölten, ob tem je Dunaj s primestji postal nova samostojna dežela v okviru Republike Avstrije. Regionalno organizacijo Avstrije z njenimi deželami bi lahko primerjali s predvidoma dvanajstimi pokrajinami v Sloveniji, ki bodo mogoče nekoč le ustanovljene. Je pa vsekakor zelo vpadljiv podatek o številu javnih uslužbencev v tem središču.

Ekскурzijo smo nadaljevali s kosilom v gostišču v širši okolici mesta St. Pölten, po kosilu pa je g. Mesner poglobljeno predstavil podjetje Vermessung Schubert ZT GmbH in svoje delo v njem, pri čemer se je posvetil predvsem izvajanju terenskih meritev iz upravnih storitev in pri reševanju sodnih sporov. Poudariti velja, da smo obiskali geodetsko podjetje z več kot 120-letno zgodovino, ki je tudi najstarejše v Avstriji.



Slika 1: Udeleženci ekskurzije pred mestno hišo v St. Pöltnu (foto: Tomaž Cink).

Na podlagi predavanja g. Mesnerja smo ugotovili, da pri nas delež sodnih postopkov primerjalno z upravnimi v Avstriji ni velik ter da funkcijo 'pooblaščenega inženirja' lahko opravljajo samo geodeti, ki so tudi lastniki ali solastniki geodetskega podjetja. Pri tem poskrbijo predvsem za zaključni – zapisniški del terenskega posla, medtem ko vse priprave in izračune ter meritve izvajajo njihovi sodelavci geodeti.

Ekскурzijo smo končali v večernih urah, sledila je vožnja nazaj v Slovenijo in urejanje vtisov o delu sodnih izvedencev geodetov v Avstriji, ki se organizacijsko kar precej razlikuje od ureditve v Sloveniji.

Zapisal: Tomaž Cink, za DSICGEOS, e-naslov: tom.cink@gmail.com



NOVICA DOLENJSKEGA GEODETSKEGA DRUŠTVA

DGD – IZLET BEOGRAD, ĐERDAP, MAJ 2019

Dolenjsko geodetsko društvo se je konec maja odpravilo na letošnji izlet: tokrat smo se namenili v Beograd in sotesko Džerdap, kjer je bil načrtovan ogled inženirske znamenitosti hidroelektrarne Džerdap. Ker nas je čakala dolga pot in kulinarično pester obisk, nas je Miran že navsezgodaj ustrezno predpripravil s svojo tradicionalno dezinfekcijo – pristno domačo viljamovko. (Minister za zdravje opozarja ...)

Srbska prestolnica nas je pozdravila s ta dan posebno gostim prometom, čemur bi blago rekli 'splošni kolaps'. Ženskemu delu odprave izjemno simpatični beograjski vodič nam je z nekaj vratolomnimi prometnimi triki, a brez polomljene pločevine, skozi okna avtobusa pokazal glavne beograjske znamenitosti. Peš smo se povzpeli na grič Vračar k Hramu sv. Save, eni največjih pravoslavnih cerkva na svetu. Belo marmorno lepotico so oblagale tudi roke slovenskih kamnosekov iz Hotavelj. V podzemni kriпти hrama smo ostali brez besed ob razkošju pozlačenih stenskih okrasij in lestencev, pa tudi ob strogih pogledih pravoslavnih veljakov na slikah.



Slika 1: Utrinka z izleta DGD v Beogradu.



Povzpeli smo se tudi na mogočno trdnjavo Kalamegdan nad ustjem Save in Donave, kjer smo preverili, od kod je Povodni mož prišel ugrabit Urško zalo: »Kjer Donava bistri pridruži se Savi, od tvoje lepote zaslišal sem davi ...« Ko je nekdo samo omenil večerjo v Skadarliji, smo pospešili korak po Terazijah in prve žrtve lakote so klonile že tam. Drugi vztrajnejši smo počakali na nastanitev v prijetnem hotelu, kjer smo se seveda za večerjo primerno oblekli – kar pomeni, da smo uporabili hlačni pas z nekaj dodatnimi prostimi luknjami.

Skadarlija, nekdanja boemska četrt, strma vijugasta ulica, polna živopisnih in življenja polnih hišk, nas je

s pouličnimi pevci in igralci prevzela ter popeljala v čase Branislava Nušića in ekipe boemov. Če si vesel, pridi v *Skadarlijo, bomo pili in jedli in se družili; če si žalosten, pridi v Skadarlijo, bomo pili in jedli in se družili: če nimaš kaj početi, pridi v Skadarlijo, bomo pili in jedli in se družili ...* Tako smo ob polno obloženih mizah gostilne *Šešir moj* uživali tudi mi, ob glasbi neutrudnih godcev, ki nam niso dihali, temveč godli za ovrtnik. Brezplačno smo doživeli tudi salto mortale nesrečnega natakara s polnimi pladnji mešanega na žaru z ajvarjem. Na leteče čevapčiče in pleskavice imamo nekateri še danes spominek – ajvarjevo poslikavo na jakni. Beograjska noč je bila še mlada in nas je vabila naprej na zabavo na splavih na Savi in Donavi. Najbolj neutrudni smo preizkusili tudi modernejše različice Belgrade by Night.

Naslednji dan se je počeno začel šele, ko je na poti proti Đerdapu Miran spet zakrožil z viljamovko (Minister opozarja ...). Na trdnjavi Golubovac nad Donavo, ki so jo pravkar čudovito obnovili evropski in avstrijski evri, smo uživali v spoju starega in modernega. Dober poduk za marsikateri propadajoči grad pri nas.

Počasi smo vstopili v Džerdap, ki je največja soteska v Evropi. Ob južnem nabrežju Donave smo se ustavili v Lepenskem viru, izjemnem najdišču neolitske naselbine in njene svojevrstne umetnosti. Prav posebne so kamnite skulpture tedanjih Lepencev. Osrednji del našega izleta je bil obisk hidroelektrarne Džerdap. Gostoljubno nas je sprejel – ne boste verjeli – soimenjak arhitekta Hrama svetega Save inž. geodet Nestorović. Pred čudovitim bakrorezom džerdapske soteske nam je predstavil potek inženirskega dogodka, ki je zgodovinski za tedanjo Jugoslavijo in tudi v svetovnem merilu. Obsegal je zajezitev soteske, gradnjo velikanskega energetskega objekta in vzpostavitev plovnih rečnih prehodov. Ponosno je poudaril pomemben prispevek takratnih slovenskih paradnih gradbenih, strojnih in elektro podjetij. Sprehod po notranjosti ogromne hidroelektrarne, ki proizvede elektrike za tri jedrske elektrarne Krško ali petdeset hidroelektrarn Brežice, je posebno doživetje.



Slika 2: Ob obisku hidroelektrarne.

Imeli smo tudi priložnost videti na lastne oči, kako je ogromna rečna križarka na križarjenju po Donavi prešla jez z vodnim dvigalom. Nekatere je kar zamikalo, da bi se pridružili bogatim upokojevcem iz Evrope, a smo se zedinili, da imamo raje tisto našo 'barčica po morju plava'. Po džerdapskem jezu

smo se popeljali v sosednjo Romunijo, kjer smo prenočili v mestecu z neobičajnim imenom Drobeta-Turnu-Severin. Neobičajna je bila tudi neusmiljena receptorka, ki je kar po svoje skombinirala pare po sobah in ni bila pripravljena odstopiti od svojih načrtov. Pa se nam je zdelo, da so časi Nicolaeja Ceaușescuja že minili.

Ko je naslednje jutro Miran priкроžil z viljamovko za poplaknit romunski zajtrk (minister ne opozarja več ...), smo bili že boljše volje. S panoramsko barčico smo se popeljali gorvodno po mogočni džerdapski soseski. Slišali smo zgodbe o prizadevanjih rimskih vojskovodij, kako premagati mogočno reko. Dacebalova gigantska skalna podoba na romunski in Trajanova plošča na srbski obali Donave pričata o slavnih imenih rimske vojaške zgodovine. Da ne bi šli na dolgo pot domov lačni, smo se ustavili v Kapetan Mišinem bregu. Hrana je bila res na visoki ravni. Jedli smo namreč visoko nad sotesko Donave.



Slika 3: Zaključek popotovanja ob reki Donavi.

Potem nas je samo še Bajaga s *442 od Beograda* popeljal proti domu.

Zapisala: Duša Najvirt Jeličić, e-naslov: duska.najvirt@gmail.com

MARIJA REPANIĆ – NOVA DOKTORICA ZNANOSTI NA ODDELKU ZA GEODEZIJO UL FGG

Dne 9. julija 2019 je na doktorskem študiju grajeno okolje na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani doktorsko nalogo s področja geodezije uspešno zagovarjala Marija Repanić, univ. dipl. inž. geod. Nalogo je pripravila pod mentorstvom doc. dr. Mirana Kuharja in doc. dr. Polone Pavlovčič Prešeren, obeh s Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani.

Avtorica:	Marija Repanić
Naslov:	Optimalni modeli izravnave meritev z gravimetrom Scintrex CG-3M z upoštevanjem najpomembnejših instrumentalnih vplivov (angl. Optimal adjustment models of Scintrex CG-3M gravimeter measurements with respect to the most significant instrumental influences)
Mentor:	doc. dr. Miran Kuhar
Somentorica:	doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=109573&lang=slv

V doktorski nalogi kandidatka obravnava določitev optimalnega modela izravnave gravimetričnih meritev z instrumenti Scintrex CG-3M ob upoštevanju najpomembnejših instrumentalnih vplivov. Na podlagi dostopne literature in izkušenj z uporabo dveh gravimetrov Scintrex CG-3M med najpomembnejše instrumentalne vplive uvrsti histerezo in hod, ki nastaneta zaradi transporta instrumenta, ter pogreške kalibracijske funkcije. Z analizo empiričnih podatkov je ugotovila, da sta oba gravimetra CG-3M obremenjena z značilnim vplivom histereze. Za odstranitev vpliva je za gravimetrične odčitke zadostnega trajanja predstavila algoritem modeliranja histereze z eksponentno funkcijo. Pokazala je, da je odziv transportnega hoda gravimetra v različnih izmerah specifičen, a za posamezen instrument značilen. Nadalje je obravnavala zanesljivost določitve kalibracijskih koeficientov in njihove spremembe v odvisnosti od časa, kar lahko značilno vpliva na relativne gravimetrične meritve. Opredelila je definicijo datuma in določila mere ocene kakovosti gravimetričnih meritev. Na različnih skupinah empiričnih podatkov je preverila modele izravnave po metodi najmanjših kvadratov, ki so v funkcionalnem in stohastičnem modelu vključevali različne pristope obravnavanja najpomembnejših instrumentalnih vplivov. Pokazala je, da bi bilo treba popravke linearnih kalibracijskih koeficientov in koeficientov polinoma druge stopnje za hod vključiti v funkcionalni model izravnave kot dodatne neznanke. Ob tem lahko histereza značilno vpliva na natančnost Scintrex-gravimetričnih meritev, vendar tega s stohastičnim modelom ne moremo rešiti.

*prof. dr. Krištof Oštir, predstojnik doktorskega študija UL FGG
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: kristof.ostir@fgg.uni-lj.si*

DIPLOME IN MAGISTERIJI NA ODDELKU ZA GEODEZIJO UL FGG

OD 1. 5. 2019 DO 31. 7. 2019

MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM DRUGE STOPNJE GEODEZIJA IN GEOINFORMATIKA

David Bišić Izmera trase kolesarske steze na otoku Rabu in njen prikaz na turistični karti

Mentor: doc. dr. Miran Kuhar

Somentor: asist. dr. Klemen Kozmus Trajkovski

URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=108479>

Jan Kokalj Vzpostavitev geodetske mreže in izmera višine slapa Peričnik

Mentor: izr. prof. dr. Tomaž Ambrožič

Somentorica: doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren

URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=108237>

Metka Mesojedec Ocena upadanja delovne mobilnosti z razdaljo na ravni občin in statističnih regij po Newton-Raphsonovi metodi

Mentor: doc. dr. Samo Drobne

URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=108233>

Gorazd Prašnikar Geodetski monitoring cerkve svetega Benedikta v Kančevcih

Mentor: doc. dr. Božo Koler

Somentor: asist. dr. Tilen Urbančič

URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=108744>

Uroš Sojer Določitev spremembe geometrije deformabilne cevi iz oblaka točk terestričnega laserskega skeniranja

Mentor: doc. dr. Božo Koler

Somentor: asist. dr. Tilen Urbančič

URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=108745>

Viktorija Stojcheska Določanje višine oblakov iz enega satelitskega posnetka

Mentor: prof. dr. Krištof Oštir

Somentorja: doc. dr. Dejan Grigillo, dr. Klemen Zakšek

URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=107881>

Uroš Šeme Določitev položajev cerkvenih zvonikov v D96/TM na območju JZ dela Ljubljane
 Mentor: doc. dr. Aleš Marjetič
 Somentorica: doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren
 URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=107879>

Tamara Žnidaršič Določanje meje zaznavanja sprememb parametrov ravnine pri skeniranju s TLS
 Mentorica: doc. dr. Simona Savšek
 Somentor: asist. dr. Klemen Kregar
 URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=107903>

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE STOPNJE TEHNIČNO UPRAVLJANJE NEPREMIČNIN

Klemen Kastelic Izmera mestne nivelmanske mreže Piran
 Mentor: doc. dr. Božo Koler
 Somentor: asist. dr. Tilen Urbančič
 URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=108193>

Samo Peterka Avtomatizacija izrisa prostorskih interakcij v ArcGIS
 Mentor: doc. dr. Samo Drobne
 Somentor: izr. prof. dr. Mitja Lakner
 URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=107869>

Tomislav Trepal Izmera položajne in višinske mreže pri Osnovni šoli Polhov Gradec
 Mentor: izr. prof. dr. Tomaž Ambrožič
 Somentor: asist. Gašper Štebe
 URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=108769>

Vir: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo UL FGG

Za študijski referat: Teja Japelj



hidroinženiring d.o.o.

Projektiranje in inženiring hidrotehničnih objektov,
čistilnih naprav in drugih nizkih gradenj
Slovenčeva 95, 1000 Ljubljana, Slovenija



■ Authorized **Leica Geosystems** Distributor 1993 - 2018

KOLEKTOR





Svetovanje in storitve s področja nepremičnin, infrastrukture in prostora

- Slovenija
- Hrvaška
- Srbija
- Makedonija

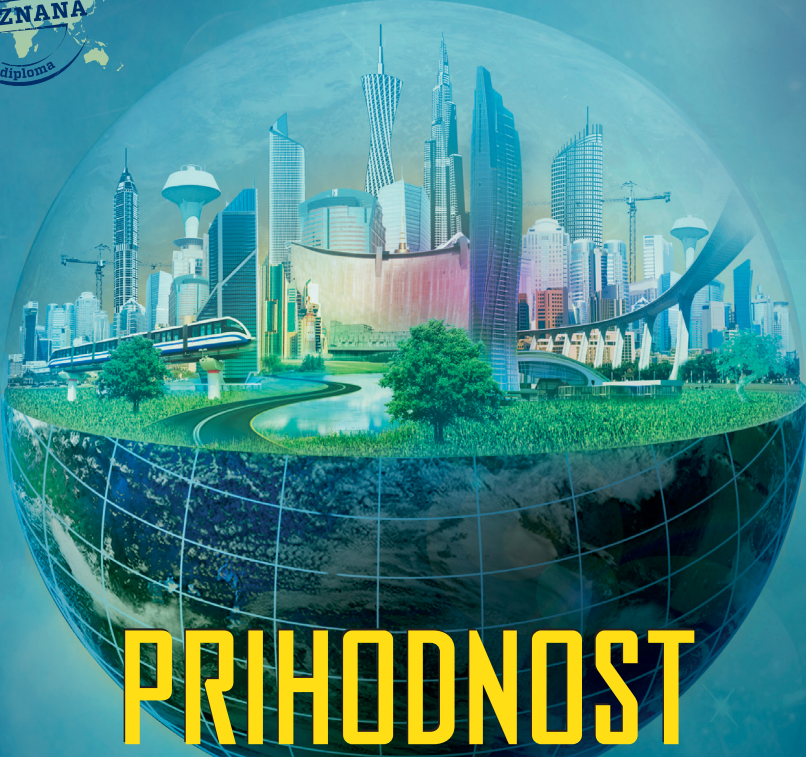
Real estate and spatial management

- Slovenia
- Croatia
- Serbia
- Macedonia

Upravlajmo s prostorom - SKUPAJ

Let's manage e-spatially - TOGETHER

www.igea.si



PRIHODNOST JE TREBA ŠE ZGRADITI

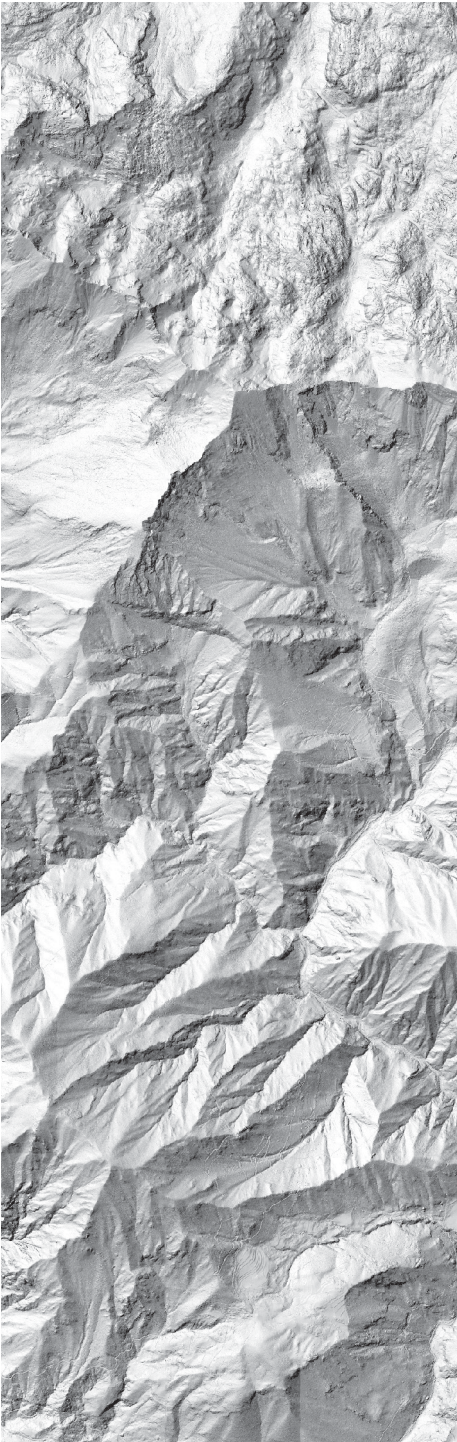
GRADBENIŠTVO, OKOLJSKO GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJA
SKOZI CELOTNO ZGODOVINO ČLOVEŠTVA PREMIKAJO MEJE ZNANEGA.
PRIHODNOST PRINAŠA TRAJNOSTNE IZZIVE NA ZEMLJI IN NOVE V VESOLJU.

BOŠ ZRAVEN, KO SE BO GRADILA PRIHODNOST?

Univerza v Ljubljani
Fakulteta *za gradbeništvo in geodezijo*



**Vabljeni na 6. Dan odprtih vrat
UL FGG, ki bo potekal v četrtek,
17. 10. 2019, od 9. do 16. ure**



Podoba analitičnega senčenja DMR1
Laserskega skeniranja Slovenije 2014-2015

GEODETSKI INŠTITUT SLOVENIJE

- **Geodetski referenčni sistem, SIGNAL**
- **Prostorski podatki, statistike in analize**
- **Nepremičninske evidence in upravljanje z nepremičninami**
- **Daljinsko zaznavanje, fotogrametrija in lasersko skeniranje**
- **Hidrografija**
- **Kartografija**
- **Geografski informacijski sistemi (GIS)**
- **Lokacijske storitve in navigacija**
- **Izdelki za orientacijo in mobilnost ranljivih skupin**
- **Razvoj kazalnikov in večrazsežna vizualizacija**
- **Priprava in vodenje mednarodnih projektov**
- **Izobraževanje**
- **Izdelava prostorskih maket**
- **Grafične storitve**

Geodetski inštitut Slovenije, Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana
tel.: 01 200 29 00, faks: 01 425 06 77, e-pošta: info@gis.si
medmrežje: www.gis.si



GEODETSKI 2019 VESTNIK

Geodetski vestnik je odprtodostopna revija, ki izhaja štirikrat letno v tiskani in spletni različici. V *Geodetskem vestniku* objavljamo recenzirane znanstvene in strokovne članke, pregledne članke, strokovne razprave ter druga podobna dela s področij geodezije, geodetske izmere, daljinskega zaznavanja, fotogrametrije, geoinformatike, prostorske podatkovne infrastrukture in prostorskega podatkovnega modeliranja, sistemov v podporo odločanju v prostoru, upravljanja zemljišč in prostorskega planiranja. Kot glasilo *Zveze geodetov Slovenije* objavljamo tudi novice v geodetski stroki, kar vključuje novice državne geodetske uprave, novice nacionalnih in mednarodnih strokovnih združenj, poročila o projektih in dogodkih, sporočila članom zveze in podobne zapise.

Več informacij o reviji in navodila za pripravo prispevkov najdete na spletni strani revije www.geodetski-vestnik.com.

Geodetski vestnik is an open access journal, issued quarterly in print and online versions. It publishes double-blind peer-reviewed academic and professional articles, reviews, discussions, and related works from the fields of geodesy, land surveying, remote sensing, photogrammetry, geoinformatics, spatial data infrastructure and spatial data modelling, spatial decision support systems, land management, and spatial planning. As the bulletin of the *Association of Surveyors of Slovenia*, the journal also publishes news in the surveying profession, including news from the surveying and mapping authority of Slovenia, news from national and international professional societies, reports on projects and events, communications to members, and similar reports.

More information about the journal and instructions for authors is available at www.geodetski-vestnik.com.

