

Glasilo Zveze geodetov Slovenije
Journal of the Association of Surveyors of Slovenia



GEODETSKI

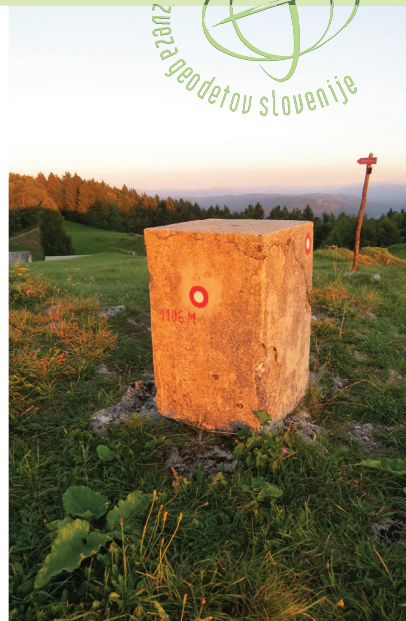
2020

VESTNIK

ISSN 0351-0271

Letn. 64 | št. 4

Vol. 64 | No. 4



GEODETSKI VESTNIK

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



Letnik 64, št. 4, str. 457–698, Ljubljana, december 2020. Izidejo štiri številke na leto.
Naklada te številke: 1200 izvodov.

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

Vol. 64, No. 4, pp. 457–698, Ljubljana, Slovenia, December 2020. Issued four times a year.
Circulation: 1,200 copies.

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

IF JCR (2019): 0,469

IF SNIP (2019): 0,476



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

Social Sciences Citation Index (SSCI)
Social Scisearch (SSS),
Journal Citation Reports/Social Sciences Edition (JCR/SSE),
Source Normalized Impact per paper (SNIP/SE)

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

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 an open access journal.

The reviewed papers are indexed and abstracted in:

Social Sciences Citation Index (SSCI)
Social Scisearch (SSS),
Journal Citation Reports/ Social Sciences Edition (JCR/SSE),
Source Normalized Impact per paper (SNIP/SE)

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

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

Sandi Berk, urednik rubrike *strokovne razprave*

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

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

dr. Klemen Kregar, področni urednik za *geodezijo*

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

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

dr. Bojan Stopar, področni urednik za *satelitsko 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)

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, 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**Sandi Berk**, editor for the section Professional Discussions**Božo Koler**, Ph.D., field editor for Engineering Geodesy**Mojca Kosmatin Fras**, Ph.D., field editor for Photogrammetry**Klemen Kregar**, Ph.D., field editor for Surveying**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 Satellite Geodesy and Geophysics**Alma Zavodnik Lamovšek**, Ph.D., field editor for Spatial Planning**INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD****Ivan R. Aleksić**, Ph.D. (University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering, Belgrade, Serbia)**Janja Avblej**, Ph.D. (Eumetsat, Darmstadt, Germany)**Branislav Bajat**, Ph.D. (University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering, Belgrade, Serbia)**Tomislav Bašić**, Ph.D. (University of Zagreb, Faculty of Geodesy, Zagreb, Croatia)**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 Cetl**, Ph.D. (EC, Joint Research Centre, Ispra, Italy)**dr. Joep Crompvoets** (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, Slovenia)**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 Pödör**, Ph.D. (Óbuda University, Székesfehérvár, Hungary)**Anton Prosen**, Ph.D. (Ljubljana, Slovenia)**Dalibor Radovan**, Ph.D. (Geodetic Institute of Slovenia, Ljubljana, Slovenia)**Fabio Remondino**, Ph.D. (Fondazione Bruno Kessler, 3DOM, Trento, Italy)**Miodrag Roić**, Ph.D. (University of Zagreb, Faculty of Geodesy, Zagreb, Croatia)**Balázs Székely**, Ph.D. (Eötvös Loránd University, Budapest, Hungary)**Bojan Šavrič**, Ph.D. (ESRI Ltd, Redlands, California, USA)**Maruška Šubic Kovač**, Ph.D. (University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Ljubljana, Slovenia)**Joc Triglav**, Ph.D. (Surveying and Mapping Authority, Murska Sobota, Slovenia)**Mihaela Triglav Čekada**, Ph.D. (Geodetic Institute of Slovenia, Ljubljana, Slovenia)**Arvo Vitikainen**, Ph.D. (Alto University, 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>	ČAS, DA SE ZBUDIMO TIME TO WAKE UP	463
<i>Gregor Klemenčič</i>	UVODNIK NOVEGA PREDSEDNIKA ADDRESS OF THE NEW PRESIDENT	466

RECENZIRANI ČLANKI | PEER-REVIEWED ARTICLES

<i>Mihaela Triglav Čekada, Marjan Jenko</i>	NAČINI STABILIZACIJE TRIGONOMETRIČNIH TOČK SKOZI ČAS V SLOVENIJI TYPES OF TRIGONOMETRIC POINTS IN SLOVENIA	469
<i>Mojca Kosmatin Fras, Urška Drešček, Anka Lisec, Dejan Grigillo</i>	ANALIZA VPLIVOV NA KAKOVOST IZDELKOV UAV FOTOGRAMETRIJE ANALYSIS OF THE IMPACTS ON THE QUALITY OF UAV PHOTOGRAMMETRIC PRODUCTS	489
<i>Marjan Čeh, Helena Žužel, Simon Mansutti</i>	RAZDELITEV NEPREMIČNIN AGRARNIH SKUPNOSTI: MNOŽIČNA KATASTRSKA PREUREDITEV V UPRAVLJANJU ZEMLJIŠČ V SLOVENIJI SUBDIVISION OF JOINT TENURE IN AGRICULTURAL COMMUNITIES: CUSTOMARY LAND RIGHTS MANAGEMENT IN SLOVENIA	508
<i>Zoran Kokeza, Miroslav Vujasinović, Miro Govedarica, Brankica Milojević, Gordana Jakovljević</i>	SAMODEJNO ZAJEMANJE ODTISOV STAVB IZ UAV PODOB Z UPORABO NEVRONSKIH MREŽ AUTOMATIC BUILDING FOOTPRINT EXTRACTION FROM UAV IMAGES USING NEURAL NETWORKS	545
<i>Shaoqi Gong, Wenqin Chen, Cunjie Zhang, Ping Wu, Jing Han</i>	PRIMERJAVA VSEBNOSTI VODNE PARE V STOLPCU ZRAKA NA PODLAGI RADIOSONDAŽE TER OPAZOVANJ GPS IN FOTOMETRA INTERCOMPARISONS OF PRECIPITABLE WATER VAPOUR DERIVED FROM RADIOSONDE, GPS AND SUNPHOTOMETER OBSERVATIONS	562
<i>Moamen Awad Habib Gad, Oleg Odalović, Sofija Naod</i>	MOŽNOST DOLOČITVE VISOKO NATANČNEGA GEOIDA ZA OZEMLJE EGIPTA POSSIBILITY TO DETERMINE HIGHLY PRECISE GEOID FOR EGYPT TERRITORY	578

STROKOVNE RAZPRAVE | PROFESSIONAL DISCUSSIONS

<i>Sandi Berk</i>	594
ETRS89-SI – BREZPLAČNI PROGRAM ZA TRANSFORMACIJE KOORDINAT MED SLOVENSKIMI REALIZACIJAMI ETRS89	
ETRS89-SI – A FREEWARE TOOL FOR COORDINATE TRANSFORMATIONS BETWEEN THE SLOVENIAN REALIZATIONS OF ETRS89	
<i>Krištof Oštir</i>	603
3. SEPTEMBER 2020 3:51:10	
3 SEPTEMBER, 2020 3:51:10 A.M.	
<i>Joc Triglav</i>	608
COVID-19, GEOLOKACIJA IN KARTOGRAFIJA	
COVID-19, GEOLOCATION AND CARTOGRAPHY	
<i>Tomaž Šturm, Gregor Baliž, Marko Simončič, Nika Mesner</i>	617
GEOPORTAL AKOS – PREGLEDOVALNIK PODATKOV O ELEKTORSKIH KOMUNIKACIJAH	
GEOPORTAL AKOS – ELECTRONIC COMMUNICATIONS DATA VIEWER	
<i>Andreja Švab Lenarčič</i>	627
EVIDENTIRANJE NOVIH STAVB KOT POSLOVNI PROCES	
RECORDING OF NEW BUILDINGS AS A BUSINESS PROCESS	
<i>Joc Triglav</i>	637
GNSS, DRONI IN UMETNOST NA NEBU	
GNSS, DRONES AND ART IN THE SKY	

NOVICE IZ STROKE | NEWS FROM THE FIELD

DRUŠTVENE NOVICE | NEWS FROM SOCIETIES

RAZNO | MISCELLANEOUS

JOC TRIGLAV: NAGOVOR OB SLAVNOSTNI PODELITVI DIPLOM UL FGG FEBRUARJA 2020 V LJUBLJANI

DIPLOME IN MAGISTERIJI NA ODDELKU ZA GEODEZIJO UL FGG, OD 1. 8. 2020 DO 30. 10. 2020

Slike na naslovnici:

Trigonometrična točka 376z na Možicu z železno kupolo bunkerja Alpskega zidu na katerem se nahaja ekscenter točke 376s (II. red), stabilizirana s strani GIJNA verjetno pred letom 1952; točka 307 na Jelenku iz italijanskega obdobja z letnico 1928 (II. red), točka 198 Mazovnik (III. red, trig. okraj 10), točka 51 Špenkov vrh (IV. red, trig. okraj 20) posebna stabilizacija velenjskega premogovnika;. (Foto M. Triglav Čekada)

ČAS, DA SE ZBUDIMO TIME TO WAKE UP

Anka Lisec

glavna in odgovorna urednica | Editor-in-chief

Če bi nam decembra lani kdo napovedal, kaj vse bomo doživeli v letu 2020, in predvsem, kako bo majhen virus spremenil naš vsakdanjik in praznik, bi se najverjetneje le malo nasmehnili in nejeverno odmahnilo z roko. Vendar danes smo, kjer smo. Nepredvideni dogodki so obstajali od nekdaj, a zdi se, da zelo hitro pozabljam izkustva, s katerimi smo se srečali v preteklosti, še manj pa si k srcu jemljemo izkustva prednikov. Kot družba smo bili namreč popolnoma nepripravljeni na takšne razmere. Ta nepripravljenost se med drugim kaže v izredni akciji prostovoljcev, ki ustvarjajo COVID-19 Sledilnik.

Ravno omenjeni »sledilnik« me je spodbudil k pisanju teh vrstic, saj je neverjetno, da spremljanje širjenja virusa SARS-CoV-2 in koronavirusne bolezni covid-19 poteka skoraj v celoti na prostovoljni podlagi. Prostovoljstvo je sicer nekaj izjemnega v družbi. Iskrene čestitke in pohvale za tak angažma skupine, ki noch in dan bdi nad novimi podatki, neutrudno računa trende in se predvsem trudi, da podatke predstavi čim bolj transparentno in razumljivo širši javnosti. Pri tem nikakor ne moremo spregledati pomena prostorskih podatkov in geoprostorskih analiz. Toda ali je mogoče, da je država, ki naj bi spadala med sodobne, inovativne in informacijsko (vključujoč geoinformacijske) usposobljene evropske družbe, pozabila na javne storitve, ki so ključne za delovanje družbe, še posebej v tako izrednih razmerah?

Prostovoljstvo je odziv civilne družbe na raznovrstne potrebe ljudi, ki v obliki aktivnega in neplačanega delovanja posameznikov prispeva k boljšemu življenju posameznika ali skupine v družbi, ščiti interese tistih, ki so na različne načine ogroženi itd. Toda prostovoljstvo ne sme in ne more opravljati funkcij ključnih družbenih sistemov! Nekje smo očitno naredili veliko napako in pozabili na pomen ključnih dejavnosti (op. ta težava se sicer kaže na mnogih področjih, začenši z zdravstvom), ki bi jih morala vsaka država sistematično pokrivati s svojimi službami in kadri.

Problematika je močno povezana z neugodnim okoljem za odlične uveljavljene kot tudi za mlade še ne- uveljavljene strokovnjake, ki v zadnjih desetih letih žal množično zapuščajo Slovenijo. V zadnjih desetih letih smo iz Slovenije »izpustili« na desetine odličnih in zelo sposobnih diplomantov in magistrstov, tudi s področja geodezije in geoinformatike – torej tudi s področij, ki so izredno pomembna za upravljanje s tveganji in ukrepanje pri elementarnih in drugih nesrečah. Ali je mogoče, da nismo videli, da te kadre potrebujemo?

Kaj lahko storimo sedaj? Dejstvo je, da so človeški viri najpomembnejši del vsake družbe. Odlični vodje, pedagogi, raziskovalci in strokovnjaki so tisti, ki kreirajo delovanje družbe. Res je tudi, da človek rad

deluje v območju udobja, kjer se sprejmejo uveljavljene norme in pravila ... Zdi se, da so se taka območja udobja preveč uveljavila. Čas je, da se zbudimo in poskušamo skupaj ustvarjati družbeno okolje, ki bo prinašalo kakovostne delovne in na splošno življenjske razmere. Miselnost, da lahko nekaj storimo z aktivnim delovanjem, ni ravno široko zakoreninjena v naši družbi, a vse bolj opažam, da je somišljenikov vsak dan več – ali pa jih morda le vse bolj prepoznavamo v našem okolju? Če boste le prebrali nekaj res zanimivih prispevkov iz te številke revije, boste hitro našli potrditev te moje domneve.

Skrajni čas torej je, da začnemo intenzivneje iskati vire in ustvarjati priložnosti za vse, ki imajo inovativne zamisli in delovni zagon. Jasno je, da nima vsak enakih možnosti, priložnosti ali pa morda ambicij za intenzivno sodelovanje pri tako velikih spremembah. Naš vsakdanjik pač krojijo številni dejavniki – tako v poslovnem kot v zasebnem življenju. Toda veliko bomo dosegli že, če podpiramo in spodbujamo tiste, ki neizmerno energijo vlagajo v spremembe v prepričanju za boljši jutri širše družbe, mar ne? In navsezadnje – naj bomo v zasebnem sektorju, javnem sektorju ali v akademskem svetu, vsak od nas lahko že s sooblikovanjem kakovostnih delovnih okolij, vključujoč dobre medčloveške odnose, mnogo prispeva k razvoju privlačnega okolja za delo in življenje.

Naj bo leto 2021 tudi s teh vidikov posebno, prelomno, optimistično – iskreno želim vsem vse dobro!

If last December somebody had predicted all the events of 2020, and especially if they mentioned that a virus would completely change our day-to-day lives, we would most probably respond with a faint smile and a dismissive wave – but we are where we are. Unpredictable events have always existed, though it seems that past experiences tend to fade into oblivion quickly, even less importance is placed on the experiences of our forefathers. As it turned out, our society was unprepared for the present circumstances. This lack of preparation is also reflected in the considerable efforts of individuals who provide unpaid work for the 'COVID-19 Sledilnik' project.

It is the 'sledilnik' that incited me to write these lines. I really find it hard to believe that the monitoring and tracking of the SARS-CoV-2 virus and the COVID-19 disease is done on an almost entirely voluntary basis. Volunteering indeed represents an exceptional social phenomenon. Heartfelt greetings and much praise go to the activities of a group of people that feed fresh data on a 24-hour basis, diligently calculate the trends and, above all, put all their efforts into transparent and understandable presentations for the public. One should not forget to mention the significance of spatial data and geospatial analyses here. However, is it possible that a country, which is considered a fully functioning contemporary, innovative, and information (geoinformation included) European society, should forget its public services that are key for its functioning, especially in exceptional circumstances like we have encountered?

Voluntary work is a response of the civil society to a variety of human needs; it is the unpaid labour of individuals who devote their time to building a better life of an individual or a group in a society. It protects the interests of those who are at risk. However, voluntary work must not and cannot replace fundamental social structures! A grave mistake must have occurred along the way making us forget about the significance of essential activities (this issue is reflected in numerous fields, health care topping the list) that every state should systematically cover with its services and manpower.

This issue is strongly related to the unfavourable environment for experts as well as young professionals that have unfortunately started to leave Slovenia in large numbers in recent decades. It is true that I am not one of the seniors at our faculty, but I have witnessed in the last decade how we 'let go' dozens of excellent and highly capable graduates. The fields of land surveying and geoinformatics are no exception here. These are the areas that are extremely important for risk management and elementary and other forms of disaster management.

What can we do? It is undeniable that human resources are the most important part of every society. The way a society functions is determined by its excellent leaders, teachers, researchers and professionals. At the same time, it is true that humans have a natural affinity for comfort, a zone where established norms and rules are gratefully accepted. One cannot avoid the impression that comforts zones have gained a really strong footing in our society. It is time we woke up and put some efforts into creating a social environment that creates high-quality working and living conditions. One could hardly claim that a proactive mindset rules our society, but it is becoming more and more obvious that there are more and more people who share my views – or could it be that we increasingly recognise one another in our environment? Several of the really interesting papers in this issue prove that my hypothesis is correct.

To conclude, it is high time to start searching actively for resources and creating opportunities for innovative and dedicated individuals. Of course, not everybody has equal circumstances, opportunities, or even ambition to bring about change. Factors that affect our day-to-day lives are numerous – in professional and private lives. Nevertheless, much can be done only by supporting and encouraging individuals who are willing to devote their boundless energy in change, who firmly believe in a better tomorrow for society as a whole. And, last but not least – be it in private or public sectors or in the academic world – each and every one of us is able to contribute to a high-quality working environment determined by good interpersonal relations, and thus help to create attractive working and living environments for everybody.

I wish that 2021 be a special, momentous, and optimistic year in all these aspects. With sincere good wishes to everybody!

UVODNIK NOVEGA PRESEDNIKA

ADDRESS OF THE NEW PRESIDENT

Gregor Klemenčič

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

Drage kolegice, spoštovani kolegi geodeti.

Ob izidu zadnje številke Geodetskega vestnika v letu 2020 vas prav lepo pozdravljam kot novi predsednik Zveze geodetov Slovenije.

Okoliščine, povezane z epidemijo covid, v katerih smo se znašli letos marca, žal še kar trajajo in močno vplivajo na naše življenje in delo. Vse skupaj nas zagotovo ne pušča ravnodušnih. Vsak na svojem področju delovanja v geodetski stroki se ukvarjamo z veliko vprašanji, eno ključnih pa je zagotovo – kako in na kakšen način naprej. Ne glede na to sem prepričan, da je v nas geodetih obilo optimizma in odločnosti s pozitivnim pogledom naprej. Kot novi predsednik bi izpostavil nekaj ključnih izhodišč svojega programa dela v naslednjem mandatnem obdobju.

Geodezija, kot izrazito tehnično interdisciplinarna stroka, ima v vseh razvitih državah ključno vlogo pri razvoju prostorske podatkovne infrastrukture in urejanju prostora. Stopnja družbenega in političnega zavedanja o pomembnosti geodezije je v Sloveniji zagotovo na prenizki ravni. Vse prepogosto je geodezija nekaj samoumevnega, premalo se zavedamo odgovornosti in njene vloge. Obvladovanje prostora je ena ključnih nalog države, saj je njen konstitutivni element. Prostor in z njim povezana lastnina sta najvišji obliki ustavne kategorije, zato jo je treba ustrezno varovati. In pri tem imamo geodeti ključno vlogo. Tega se včasih premalo zavedamo oziroma ne znamo tega jasno in odločno povedati v družbi.

Moj program dela bo temeljil na naslednjih ključnih temah:

- izdelava strategije geodetske stroke v tesnem sodelovanju vseh strokovnih subjektov;
- predlog reorganizacije ZGS v smislu njenega učinkovitejšega dela z namenom boljšega in ciljno usmerjenega izkoristka vseh resursov (strokovni subjekti, posamezniki), ki bo zagotavljal najvišjo mogočo stopnjo razvoja geodetske stroke. Predlagal bom celovito razpravo, kako to doseči, tudi s predlogom glede polne ali delne zaposlitve, funkcije direktorja ali druge organizacijske oblike;
- ustanovitev komisij po področjih geodetske stroke in koordiniranje njihovega aktivnega dela, tako bi se tudi Geodetski dnevi organizirali po posameznih področjih komisij, s prilagojenimi temami osrednje teme;
- ZGS mora postati ključno stičišče med zasebnim in javnim sektorjem geodezije;
- aktivno delo, sodelovanje z drugimi strokami, ministrstvi, javnimi organi in politiko;
- ZGS mora prevzeti pomembnejšo vlogo pri sprejemanju zakonodaje;

- vzpostavitev aktivnega stika z javnostjo (PR) z namenom dviga prepoznavnosti delovanja ter pomena geodetske stroke v družbi in politiki. Poudarek na sodelovanju z mediji;
- podpora vsem dosedanjim ključnim aktivnostim ZGS, kot so izdajanje Geodetskega vestnika, organizacija Geodetskih dnevov, strokovna srečanja.

Za dosego zastavljenega programa delaje ključen način vodenja in sodelovanja med vsemi subjekti v okviru delovanja ZGS. Drugače, ključna je vizija vodenja ZGS. V praksi se velikokrat izkaže, da je odsotnost prave vizije vodenja ključni razlog za neuresničitev programa dela in s tem napredka. Osebn nisem obremenjen s stvarmi iz preteklosti, osebnimi in strokovnimi nesoglasji. Moja vizija vodenja ZGS bo temeljila na aktivnem sodelovanju vseh deležnikov za najvišje dobro geodetske stroke. K aktivnemu sodelovanju bom pozval vse člane v vseh geodetskih društvih in zaposlene pri vseh strokovnih subjektih. Povabil jih bom, da se vključijo v delo komisij pri ZGS, strokovne razprave, odnose z javnostmi in dogodke ZGS. Prizadeval si bom za aktivnejšo vlogo mlajših geodetskih strokovnjakov. Glede na dejstva in dosedanje izkušnje pri delu na področju geodezije smo bili dostikrat geodeti sami sebi največja ovira za konkretniji napredek stroke, saj nismo zmogli dovolj visoke stopnje medsebojnega sodelovanja in ustreznega razumevanja. Pogosto nam primanjkuje tudi samospoštovanja in sposobnosti sodelovanja z drugimi strokami. Prizadeval si bom, da nas drugačna razmišljanja ne bodo delila, ampak nas povezovala, saj je le tako mogoč napredek stroke. Ključno bo tudi sodelovanje s sorodnimi strokami, s posebnim poudarkom, da na področju urejanja prostora prevzamemo pomembnejšo vlogo.

Vse to znamo in zmoremo ustrezno izpeljati v prihodnje, če bo naše delo temeljilo na medsebojnem sodelovanju in uresničevanju ciljev, ki jih moramo jasno opredeliti v strategiji geodetske stroke na vseh področjih našega delovanja. Vabim vas, da postanete še dejavnejši na svojih področjih delovanja, ter s svojimi izkušnjami, predlogi in pobudami soustvarite boljši jutri slovenske geodezije. Iskreno se zahvaljujem vsem svojim predhodnikom in vsem, ki v geodeziji puščate neizbrisen pečat.

Vse dobro in ostanimo zdravi!

May I take the last issue of Geodetski vestnik in 2020 as an opportunity to greet you as of the President of the Association of Surveyors of Slovenia?

The COVID-19 epidemic that broke out in March this year stubbornly persists and gravely affects our working and private lives. It is becoming increasingly difficult to remain impassive in the developing situation. Land-surveying professionals have been dealing with several issues in their respective fields, the fundamental one undoubtedly being how to continue. Despite all obstacles, I am confident that plenty of optimism and resolve, with a positive outlook, still thrive in the land-surveying profession. As the new president, I would like to sketch out some key points from my work programme for the next mandate.

In all developed countries, land surveying, as a technical and an essentially interdisciplinary profession, features prominently in the development of spatial data infrastructure and spatial management. In Slovenia, we are undoubtedly encountered with a lack of social and political awareness of the importance of land surveying. Far too often, it is considered as something self-evident; people are not sufficiently acquainted with its responsibilities and role. Space is the constituent element of any country, and its management is one of the key tasks of any

state. Space and the right to property derived from it are the highest constitutional categories, so they should be protected accordingly. Land surveyors have a key role to play here. Sometimes we are not fully aware of the fact and are unable to stress its importance publicly.

My work programme focuses on the following central themes:

- *to prepare a strategic document on land surveying in close cooperation between all entities in the profession;*
- *a proposal for the reorganisation of the association to enhance its efficiency with the aim of a better and more targeted deployment of all its resources (professional entities, individuals), which will in turn enable the highest possible stage of the development of land surveying. I will endeavour to promote a comprehensive debate on how to reach these goals, along with a proposal to create a position of a full-time or part-time employed director, or some other organisational form if necessary;*
- *to establish commissions for various land-surveying fields and to coordinate their activities, which also means that the concept of Land Surveying Days would be based on their respective fields of work, with themes relevant to the governing theme;*
- *to make the association the central meeting point of public and private land-surveying sectors;*
- *to enhance active work, cooperation with other professions, ministries, public bodies and politics;*
- *to make the association an active player in the legislative process;*
- *to cultivate relations with the public (PR) to raise the visibility of the land-surveying profession, with its activities and relevance for society and policies;*
- *to support already existing main activities of the association, such as the publication of Geodetski vestnik, the organisation of Land Surveying Days, professional meetings.*

The work programme calls for an essential way of management and cooperation between all entities involved in the activities of the association. In other words, a leadership vision is of key importance for the association. It has been proven many times that the absence of a clear leadership vision is the main reason for unsuccessful work programmes and the resulting lack of development. I am not bothered by personal and professional disputes. My leadership vision for the association will build on the active cooperation of all involved parties to seek the greatest good in the surveying profession. I will call for active cooperation of all members in surveying societies and employees in professional entities. They will be invited to contribute to the work of commissions in the association, to professional discussions, public relations and events organised by the association. I will strive for a more active role of young surveying professionals. Considering some facts and existing experience, one could conclude that land surveyors themselves have proved to be their own obstacle for a more rapid development of their profession, as they were not able to establish a sufficiently high level of cooperation and understanding. It is often the case that we lack sufficient self-respect and the ability to cooperate with other professions. I will endeavour that different views not divide us but connect us as this is the only assurance of professional advancement. Cooperation with related professions is also key, emphasising that we take on a more active role in space management.

We have the knowledge and the abilities to do so if our work is founded on cooperation and striving for goals that should be clearly defined in the professional strategy in all areas of land surveying. You are invited to become even more active in your respective fields, and to share your experience, proposals and incentives for the brighter tomorrow of land surveying in Slovenia. I wish to express many heartfelt thanks to my predecessors and all of you who leave a permanent mark on land surveying.

With best wishes – and stay healthy!

NAČINI STABILIZACIJE TRIGONOMETRIČNIH TOČK SKOZI ČAS V SLOVENIJI

TYPES OF TRIGONOMETRIC POINTS IN SLOVENIA

Mihaela Triglav Čekada, Marjan Jenko[†]

UDK: UDK: 528.338(497.4)
 Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.04
 Prispelo: 28. 8. 2020
 Sprejeto: 17. 10. 2020

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2020.04.469-488
 PROFESSIONAL ARTICLE
 Received: 28. 8. 2020
 Accepted: 17. 10. 2020

IZVLEČEK

V članku je opisan zgodovinski razvoj stabilizacije točk trigonometričnih mrež na Slovenskem od leta 1810 naprej. Prikazani so primeri različnih stabilizacij državne trigonometrične mreže glede na institucijo, ki je stabilizacijo izvajala. Vključena je tudi mestna trigonometrična mreža Ljubljane, ki je bila vzpostavljena v letih 1955–1956. Omenjene so še triangulacijske in komparatorske baze, ki so prav tako stabilizirane s posebnimi trajnimi stebri. Kot primera najstarejših še ohranjenih trigonometričnih točk sta omenjena: 303 Veliki Javornik (II. reda) z vklesano letnico 1823 in 329 Limberk (II. reda) z vklesano letnico 1903.

ABSTRACT

In this paper, the historical development context of the trigonometric network point types in Slovenia from 1810 onwards is presented. Examples of different trigonometric point types still seen in the field are shown, with regard to the institution that carried out the field marking of the specific state trigonometric network. The city trigonometric network of Ljubljana, which was established in 1955–1956, is also presented. Furthermore, triangulation and comparator bases are mentioned as well, which remain marked with permanent pillars. As examples of the oldest still-standing trigonometric points, the following are mentioned: 303 Veliki Javornik (2nd order) with the engraved year 1823 and 329 Limberk (2nd order) with the engraved year 1903.

KLJUČNE BESEDE

trigonometrična točka, oznaka trigonometrične točke, državne trigonometrične mreže, mestne trigonometrične mreže, baze, stabilizacija

KEY WORDS

trigonometric point, trigonometric pillar, national trigonometric network, city trigonometric network, bases, stabilisation

1 UVOD

Koordinatni sistemi opredeljujejo matematično osnovo za vse prostorske dejavnosti, od katastrske izmere, ki opredeljuje lastninska razmerja, kartografije, ki nam na pregleden način prikaže stanje v prostoru, do geografskih informacijskih sistemov, ki povezujejo različne prostorske podlage (fotogrametrija, lidar, sateliti, kartografski prikazi) z namenom, da se lažje odločamo o različnih spremenljivkah v prostoru. Koordinatni sistemi so v naravi materializirani s pomočjo različnih geodetskih mrež. Na primer današnja realizacija horizontalnega koordinatnega sistema D96-17 je materializirana z geodetskimi točkami, izmerjenimi v okviru EUREF-izmere 2016, točkami mreže SIGNAL in kombinirane geodetske mreže (t.i. mreža 0. reda) (Berk et al., 2020). Omrežji SIGNAL in kombinirana geodetska mreža sta bili na novo vzpostavljeni v zadnjih dveh desetletjih, prvotna realizacija D96 pa je temeljila samo na EUREF-točkah, izmerjenih v letih 1994–1996, med katerimi je bilo tudi vseh 34 trigonometričnih točk I. reda (Medved et al., 2018; Oven et al., 2019). Različne izmere (triangulacija, GNSS-izmera), opravljene na tako imenovanih EUREF-točkah, zato predstavljajo vez med starim D48/GK in novim koordinatnim sistemom D96/TM. Tudi v preteklosti so stabilizirane točke trigonometrične mreže I. reda iz preteklih obdobij omogočale navezavo starejših meritev na takrat veljavno realizacijo koordinatnega sistema. Enako je veljalo tudi za vse podrejene mreže, kot so trigonometrične mreže nižjih redov (II., III., IV.), mestne trigonometrične mreže ter poligonometrične mreže in navezovalne mreže.

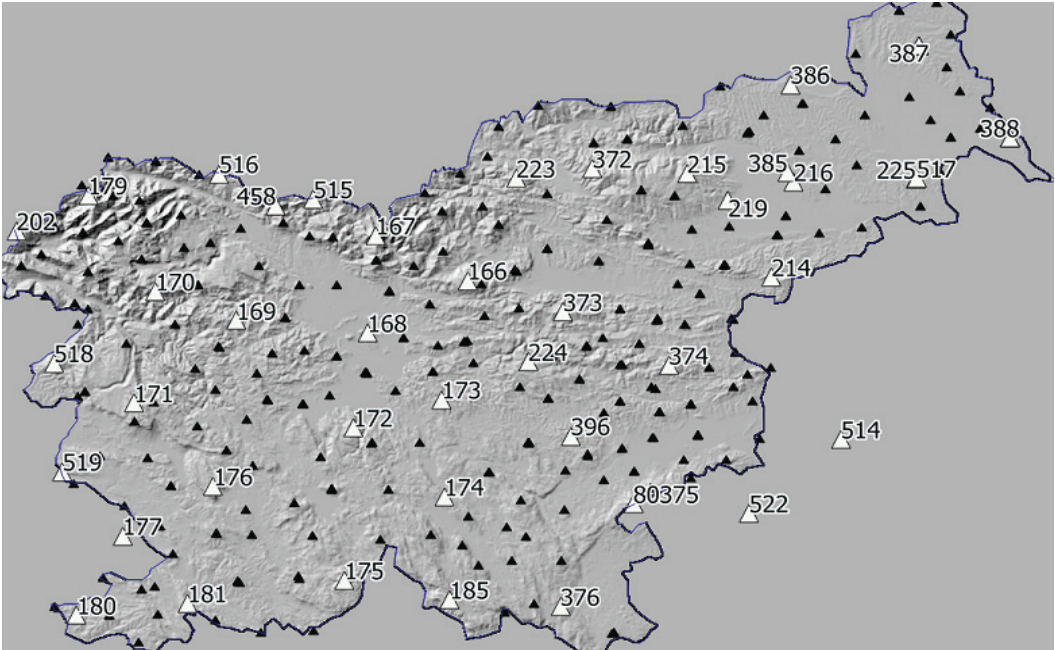
Zato imajo stare geodetske točke tudi v današnji geodeziji nezanemarljiv pomen, hkrati pa predstavljajo pomembno dediščino. Da pa bomo iz množice vseh stabiliziranih točk lahko izluščili, katere so tiste res najpomembnejše, ki jih lahko predlagamo za dediščino naše stroke, smo se obrnili na inž. Marjana Jenka. Pričujoči članek je nastal kot zmes dejstev, povzetih iz že objavljene literature ter pogovorov, med katerimi mi je inž. Marjan Jenko, ki se je z osnovnimi geodetskimi deli ukvarjal od leta 1950 do 1990, osvetlil podrobnosti in podal svoja mnenja.

2 DRŽAVNE TRIGONOMETRIČNE MREŽE

Prve triangulacijske meritve pri nas naj bi opravil jezuit Joseph Liesganig, ki je med leti 1762–1767 razvil mrežo trikotnikov od Brna do Varaždina, da je lahko izvedel stopinjsko merjenje ob dunajskem meridianu. V Sloveniji so v to mrežo sodili naslednji cerkveni zvoniki: sv. Urban nad Mariborom, sv. Magdalena na Kapelskem Vrhju, Jeruzalem in sv. Urban na Belskem Vrhju (Jenko, 1996). Kot bomo videli kasneje, so cerkev v Jeruzalemu tudi sredi 20. stoletja uporabljali kot trigonometrično točko I. reda.

2.1 Obdobje med 1810 in 1830

Trigonometrične mreže so na območju celotne Slovenije prvič vzpostavili v prvih treh desetletjih 19. stoletja: do leta 1811 je bila izmerjena osnovna mreža I. reda na zahodnem Koroškem, na Štajerskem in v severni Hrvaški (Jenko, 1996), v letih 1816 in 1817 je bila izmerjena osnovna mreža Kranjske in Primorja (Jenko, 2019). Sledila je katastrska triangulacija II. in III. reda, ki so jo pri nas dokončali do leta 1828 (Jenko, 2019). To triangulacijo so kasneje imenovali **prva triangulacija za kataster**. Trigonometrične točke mreže I. reda so bile stabilizirane, točke ostalih nižjih redov pa večinoma ne. V času izmere so nad oznakami centra točk gradili lesene merske piramide, ki so po nekaj letih fizično propadle (primera novejših merskih piramid sta na slikah 5a in 21a).



Slika 1: Razporeditev točk trigonometrične mreže I. reda (beli trikotniki) in II. reda (črni trikotniki) na območju Slovenije (vir podatkov: GURS).

2.2 Obdobje med 1860 in 1910

Naslednje obdobje triangulacijske izmere v avstro-ogrski državi je bilo med leti 1860 in 1910. Obnovili in dopolnili so mrežo I. reda ter razvili mrežo II. in III. reda (Jenko, 1996). Točke mreže I. reda, znane tudi kot **mreža MGI** (po originalnem poimenovanju Vojaškega geografskega inštituta iz Dunaja – Militärgeographisches Institut), so bile ponovno stabilizirane. Na območju topografske karte 1 : 200 000 Ljubljana so bile stabilizirane s stebrički višine do 80 cm ali s pravimi betonskimi opazovalnimi stebri. Iz tega obdobja so v Sloveniji ohranjene lokacije točk mreže I. reda s številkami od 163 do 185 ter od 214 do 219. Najbolj znani točki mreže MGI sta točki 172 na Krimu in 168 na Rašici.

Iz let 1902–1903 je stabilizacija mnogih točk mreže II. in III. reda. Točke nižjih redov (II.–IV.) so bile stabilizirane z vkopanimi betonskimi kamni, občasno so za stabilizacijo uporabili še naravne kamne. Praviloma so imeli kamni vrhno dimenzijo 20 cm × 20 cm, lahko pa so bili tudi manjši. Vse točke so imele še en podzemni center. Triangulacija vseh točk iz tega obdobja je znana kot **druga triangulacija**.

Jenko omenja, da iz obdobja druge triangulacije najdemo v okolici Ljubljane še ohranjene vsaj naslednje točke nižjih redov, katerih stanje smo preverili še na terenu:

- **Točka 590 trigonometričnega okraja Postojna na višinski koti 999 m, na Županovem vrhu nad Rakitno**, sodi v mrežo IV. reda (slika 2): tu se nahajajo trije kamni, na koti 999 m se nahaja vkopani granitni kamen iz povojne triangulacije velikosti 15 cm × 15 cm z vklesanim diagonalnim križem. Zraven njega leži apnenčasta klada iz lepega belega apnenca, na kateri sta še danes na zgornjem delu stranice vidni vklesani črki MT – Militärische Triangulation. Ta apnenčasta klada bi znala biti

še iz prve katastrske triangulacije iz let 1818–1819. Nekaj metrov stran se nahaja del izkopanega betonskega kamna iz let 1902–1903, na katerem se lepo vidijo sledovi betona, s katerim je bil slednji zabetoniran v tla. Jenko omenja, da je bil leta 2009 ta kamen še vkopan. Danes se vsi trije kamni nahajajo na pašniku, ograjenem z električnim pastirjem, malo nad anteno za radioamaterje.

- **Točka 255 Ljubljana ob Ižanski cesti** sodi v mrežo III. reda in je stabilizirana z betonskim kamnom 20 cm × 20 cm. Danes je še ohranjen samo spodnji vkopani del kamna, saj je kamen do ravnine terena odbit.
- **Točka 120 Ljubljana na Gradišču nad Podsmreko** sodi v mrežo III. reda in je še stabilizirana s kamnom iz obdobja 1902–1903. Točki 255 in 120 so v letih 1955–1956 uporabili kot dve izmed osnovnih točk ljubljanske mestne trigonometrične mreže (glej poglavje v nadaljevanju Mestne trigonometrične mreže) (slika 3a).
- **Točka 122 Ljubljana na Stražnem vrhu nad Podutikom** sodi v mrežo III. reda, kamen je domnevno iz let 1902–1903. Točka je bila vključena v ljubljansko mestno trigonometrično mrežo.
- **Točka II. reda 329 Limberk nad Radenskim poljem poleg Čušperka** (slika 3b) – betonski kamen je iz leta 1903, saj je na njegovi stranski stranici še dobro razvidna letnica. Na njenem vrhu je vklesan pravokoten križ. Točka je glede na zapis v prosto dostopnem registru kulturne dediščine zabetonirana v razvaline iz pozne rimske dobe.



Slika 2: Višinska kota 999 m na Županovem vrhu nad Rakitno: a) desno vkopan granitni kamen iz povojne izmere, spredaj izkopan apnenčasti kamen, najverjetneje iz obdobja 1818–1819, in levo zgornji del betonskega kamna iz let 1902–1903, b) ločeno apnenčasta klada s papirnati robčki za merilo, c) betonski kamen in d) granitni kamen z vklesanim križem na vrhu (foto: M. Triglav Čekada, 2020).



Slika 3: a) Točka II. reda 120z Gradišče nad Podsmreko: na sliki je na spodnji stranici še vidna oznaka MT – Militärische Triangulation (foto: S. Tršan, 2020) in b) točka II. reda 329 Limberk, ki je zabetonirana na ostanke stare pozidave (foto: M. Triglav Čekada, 2020).

Če pogledamo na širše območje, najdemo morda najstarejšo še ohranjeno stabilizacijo na točki II. reda 303 Veliki Javornik, saj ima vklesano letnico 1823 (slika 4).



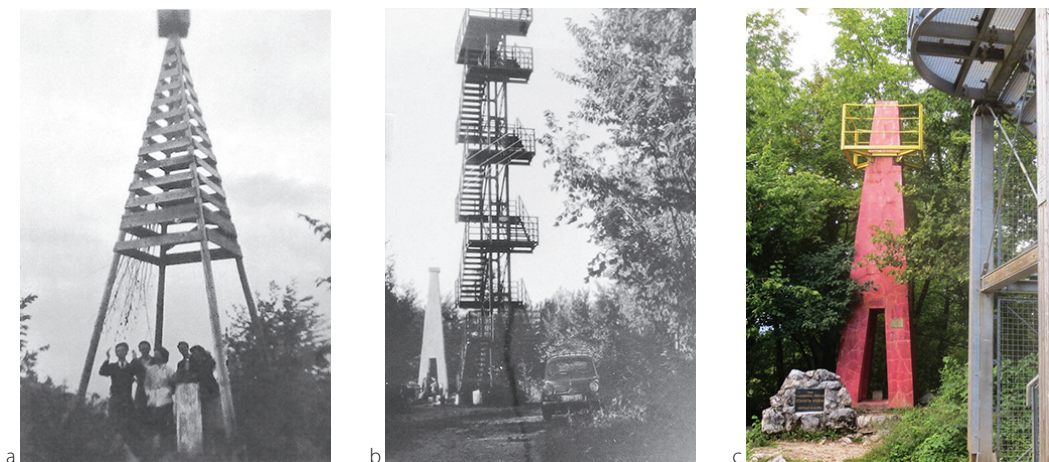
Slika 4: Točka II. reda 303 Veliki Javornik (foto: M. Jenko, 2009).

2.3 Obdobje med 1937 in 1940: Kraljevina Jugoslavija

Jugoslovanska trigonometrična mreža I. reda je bila razvita na osnovi trigonometrične mreže MGI. Po zaključku del v vzhodni polovici države so v letih 1937–1940 fizično obnovili in na novo izmerili tudi mrežo od Drine proti zahodu do Ljubljane. Z novimi točkami so zapolnili vse praznine v predhodni mreži MGI. Pri računanju so to veliko obnovljeno mrežo razdelili na pet skupin točk.

Vojnogeografski inštitut iz Beograda (VGI) je stabiliziral točke I. reda na lokacijah, kjer so stale točke I. reda že v času Avstro-Ogrske (mreža MGI), v glavnem z betonskimi stebri $0,40\text{ m} \times 0,40\text{ m} \times 1,2\text{ m}$ z vzdano kovinsko oznako za center. Ohranili so podzemne centre iz kamnite plošče, nad njimi pa so

postavili novo stabilizacijo (Černe, neznano leto). Primer stabilizacije točke I. reda je na sliki 5a, kjer je prikazana točka 168 Rašica.



Slika 5: Točka I. reda 168 Rašica: a) predovjna stabilizacija, fotografirana leta 1952, b) originalna stabilizacija astrogeodetske mreže (AGM), fotografirana 1967, in c) stabilizacija AGM po obnovi, fotografirana 2015 (foto: M. Jenko).

2.4 Obdobje med 1920 in 1943: Italija – območja za rapalsko mejo

Po letu 1920 je bil del trigonometrične mreže, ki se danes nahaja na območju Primorske, za rapalsko mejo v Italiji. Istituto Geografico Militare (IGM) je povsod vzpostavil svojo mrežo od II. do IV. reda. Točke višjih redov so bile večinoma stabilizirane z zidanim osemkotnim stebrom, v sredini katerega je bila kvadratna luknja, v katero so vsadili merilni signal (slika 7a – luknja je zapolnjena). Točke nižjih redov so bile stabilizirane s štirikotnimi betonskimi stebri, ki so imeli na vrhu podobno kvadratno luknjo kot točke višjih redov (slika 7b).

Jenko omenja naslednje zanimive točke iz obdobja italijanske stabilizacije:

- Betonska miza, verjetno zgrajena za potrebe pozicijsko-astronomskih opazovanj italijanskega IGM, ki se nahaja tik ob rapalski meji na **Grmadi nad Planino pri Rakeku** (slika 6).
- Osemkotni zidani steber na **Vrhovcu na višini 1079 m na Šebreljski planoti**, danes točka 19 Idrija III. reda (slika 7a).
- Štirikotni steber na hribu **Potok na višini 1064 m**, ki se nahaja približno štiri kilometre jugovzhodno od Vojskega, danes točka 10 Idrija III. reda (slika 7b). Na stranski stranici točke je viden še večji vdolben napis IGM. Leta 1985 so točke 19 Vrhovec, 307 Jelenk, 10 Potok in takrat na novo stabilizirano točko Ogalce uporabili za geodimanično mrežo za kontrolo idrijskega preloma.
- **Točka 365 na Toškem Čelu** sodi v mrežo II. reda (slika 8) in se dandanes nahaja na zasebnem ograjenem zemljišču. Steber, ki ima na vrhu dimenzijo 40 cm × 40 cm ter na litoželezni ploščici označen center in označbo izvajalca IGM, je bil zgrajen v času italijanske okupacije. V ljubljanski mestni trigonometrični mreži iz let 1955–1956 je bila ta točka ena od točk njene osnovne mreže.



Slika 6: Betonska miza italijanskega IGM na Grmadi nad Planino pri Rakeku (foto: M. Jenko, 2017).



a



b

Slika 7: a) Osemkotni steber na Vrhovcu na Šebreljski planoti (foto: PARS d.o.o. Idrija, 2020), b) štirikotni steber na Potoku (foto: M. Triglav Čekada, 2020).



Slika 8: Toško Čelo, točka mreže II. reda 365 Ljubljana: a) stanje stebra v letu 2014 (foto: M. Jenko), b) detajl iz 2020 (foto: S. Tršan).

2.5 Obdobje med 1946 in 1967: Jugoslovanska izmera

Po drugi svetovni vojni se je pričela dolgoletna triangulacijska dejavnost z namenom, da se z mrežo IV. reda pokrije celotno ozemlje. Predvojno mrežo I. reda je Geografski inštitut Jugoslovanske narodne armade iz Beograda (GIJNA) do leta 1948 razširili na slovensko Primorje, Istro ter še naprej na hrvaško jadransko obalo ter otoke tja do Zadra. V mreži II. reda so bila vsa dela dokončana do leta 1952, do leta 1967 pa še v vseh ostalih mrežah (Jenko, 1976; 1987a; Črnivec in Golorej, 1976).

Deli mrež II. in ostalih redov so bili v 1930.-ih letih vzpostavljeni na območju Ljubljane, po vojni pa so jih preračunali. Konec 1940.-ih let so bile vzpostavljene trigonometrične mreže v Pomurju in vzhodno od Ptuja. Leta 1946 začnejo z deli od Maribora proti zahodu in jugozahodu, do leta 1950 pokrijejo z mrežo II. in III. glavnega reda vso Štajersko in Koroško, vključno s severovzhodnim robom ljubljanske regije ter Dolenjsko (Jenko, 1987b). Skupno so v Sloveniji do leta 1952 izmerili 193 točk II. reda, do leta 1976 pa 604 točk III. glavnega reda in 1069 III. dopolnilnega reda (evidentirane po trigonometričnih okrajih) (Jenko, 1990). Skupaj s točkami IV. reda se je število vseh trigonometričnih točk v Sloveniji približalo številu deset tisoč.

Približno polovico so prispevale slovenske ustanove, ostalo pa GIJNA ter nekaj malega še neslovenske civilne ustanove (npr. iz Zagreba in iz Beograda). Izvajalca stabilizacije trigonometričnih točk nižjih redov iz tega obdobja lahko ločimo glede na granitni kamen, ki so ga uporabili, ter dolžino diagonalnega križa na njem. Slovenski geodeti in GIJNA so uporabljali kamne, izdelane iz različnih granitov. Tako je na primer Geodetski zavod Slovenije (GZS) uporabljal kamne iz pohorskega granita iz kamnoloma v Oplotnici. Diagonalni križ z vrha kamna GIJNA je nekoliko daljši od križa na kamnu, ki so ga postavili slovenski geodeti (slika 9a – GZS, slika 9b – GIJNA). Kamni GIJNA lahko imajo na stranici vklesano še kratico VT – vojna triangulacija (slika 9b).

Na sredini križa znamenj, postavljenih v tem obdobju se lahko nahaja še kovinski čep (npr. v okolici Bohinja še na Pršivcu točka 375 Jesenice II. reda ter na Možicu točka 376z Jesenice II. reda). Vendar so bili kovinski čepi na kamne dodani veliko kasneje.



Slika 9: a) primer stabilizacije GZS Lajnar IV. reda (foto: M. Triglav Čekada, 2020) ter b) primer stabilizacije GJUNA Jašč Vrh nad Koprivnikom v Bohinju točka III. reda 32 Jesenice z napisom VT – vojna triangulacija (foto: M. Triglav Čekada, 2020).

V tem obdobju so izvajali stabilizacijo, signalizacijo in meritve v trigonometričnih in poligonometričnih mrežah po pravilnikih Zvezne geodetske uprave iz Beograda (ZGU). Izpostavimo pomembne vsebine Pravilnika za triangulacijo o stabilizaciji trigonometričnih točk:

- Točke so bile označene s kamni, ki so bili dolgi vsaj 60 cm in so bili večinoma iz granita. Kamen so vkopali v zemljo tako, da je imel dva podzemna centra, ponavadi se je skopalo jamo globine okoli 90 cm, v katero se je najprej položilo podzemna centra, potem pa kamen, ki je iz zemlje gledal do 10 cm. Kamen je imel na vrhu diagonalno vklesan križ.
- V omenjenem pravilniku ni bilo navodila, da se je ob stabilizaciji oz. izmeri treba navezovati na stare, že obstoječe kamne iz prejšnjih triangulacij, zato občasno najdemo točke, ki so stabilizirane v bližini starih točk (nekaj metrov, več 100 m, sosednji hrib). Glej na primer točko 590 Postojna na Županovem vrhu nad Rakitno na sliki 2.

ZGU je izdala tudi brošuro z normativi, koliko časa naj geodet porabi za izvedbo različnih nalog. Podrobno je bilo npr. predpisano, koliko časa sme porabiti za izgradnjo signala v obliki lesene piramide nad trigonometrično točko glede na različen tip terena (primer piramide za točke I. reda je na sliki 5a, primer manjše piramide je na sliki 21a). V praksi so za izgradnjo piramide na lažjem terenu porabili pol dneva. Za izgradnjo lesene piramide na najtežjem terenu pa je bil normativ 16 ur. Lesena piramida se je obdržala od pet do deset let.

2.6 Obdobje po letu 1963: nova stabilizacija mreže I. reda oz. vzpostavitev astrogeodetske mreže

Z letom 1963 se v Sloveniji začne obnova stabilizacije ter ponovna izvedba kotnih opazovanj na trigonometrični mreži I. reda, ki se sedaj imenuje **astrogeodetska mreža (AGM)**. Dela na AGM so se pričela že nekaj let prej in so obsegala vso Jugoslavijo. V Sloveniji so v letih 1963–1964 skoraj vse obstoječe stebre in podzemne centre predhodne mreže I. reda nadomestili z novo tipsko stabilizacijo. Točke astrogeodetske mreže (AGM) se sicer nahajajo na istih lokacijah kot predhodne točke trigonometrične mreže I.

reda. Žal niso prenašali nadmorske višine s starih na nove centre. Izjema je točka 174 Sveta Ana, ki je niso popolnoma podrli, le gradbeno so jo popravili. V nekaj primerih so točko AGM zaradi različnih razlogov postavili na drugi lokaciji, kot je bila stara točka (516 Golica, 515 Košuta, 517 Jeruzalem ter na Hrvaškem 514 Sljeme in 522 Samoborska Plješivica).

V tem času so postavili tudi dve novi točki I. reda: 518 Korada (dotlej II. reda) in 519 Kremenjak (dotlej III. reda), ki sta nadomestili točke 177 Opčine, 178 Oglej in 221 Videm na italijanskem ozemlju.

Točke AGM so bile stabilizirane: a) s tipskimi betonski stebri običajne višine 1,3–1,4 m, ki so imeli glavo dimenzije 55 cm × 55 cm¹ (slike 12, 13, 14a), b) z visokimi stebri, ki so bili v Sloveniji visoki od 6 m do 22 m (slike 5, 10), ter c) s stebri na visokih zidanih podstavkih (na primer 396 Zglavnica ima podstavek velikosti 2,5 m × 2,5 m × 2,5 m, slika 11). Vse točke AGM imajo dva ali tri podzemne centre iz šamotne opeke dimenzij 0,20 m × 0,20 m × 0,05 m. Na vrhu stebra je kovinska oznaka centra; pomožni, prav tako kovinski, je na vzdanem kamnu v spoju stebra in betonskega temelja. Okoli vsakega stebra so še tri ali štiri bočna zavarovanja. To so praviloma betonski ali kamniti kamni vrhnje dimenzije 20 cm × 20 cm, vkopani v zemljo do predpisane globine, vsak ima še dva svoja podzemna centra (Peterca in Čolovič, 1987). Vrhnja oznaka centra bočnega zavarovanja je železen čep z luknjico.

Točke AGM so po celotni Jugoslaviji stabilizirali geodeti Zveznega zavoda za fotogrametrijo iz Beograda (ZZF), zato so jih ponekod imenovali tudi **točke ZZF**.

Visoki stebri točk AGM so bili zidani z opeko, ker so menili, da je opeka najmanj občutljiva na sončno obsevanje. Prvotno je bil okoli visokega stebra lesen oder (slika 10a), ki je opazovalcem omogočal izvedbo kotnih meritev in namestitev heliotropov².



Slika 10: Opečnat stebel I. reda 173 Kucelj: a) stanje leta 1964 z originalnim lesenim merilnim odrom in b) leta 2010 s kovinsko lestvijo in železnim montažnim odrom (foto: M. Jenko).

¹ Da so na njih lahko postavili astrogeodetski instrument.

² Signal, ki omogoča odboj sončne svetlobe na veliko razdaljo.



Slika 11: Steber na visokem zidanem podstavku točke I. reda 396 Zglavnica (foto: M. Jenko, 2010).

2.7 Obdobje po letu 1975: fizična obnova točk in računske sanacije mrež

Od leta 1975 naprej Geodetska uprava Republike Slovenije stalno skrbi za obnovo stabilizacije opazovalnih stebrov astrogeodetske mreže. Kot vidimo na sliki 12, kjer je prikazana točka AGM 169 Blegoš, stebri počasi propadajo, vendar so redno vzdrževani.

Na osnovi posebnega gradbenega projekta za sanacijo visokih stebrov na točkah AGM so med leti 1976 in 1982 sanirali stebre na točkah: 375 Gorjanci (Trdinov vrh) z višino stebra 14 m, 215 Žigartov vrh (22 m), 387 Kamenek (13 m), 173 Kucelj (6 m) in 168 Rašica (6 m); stebre s podstavkom 396 Zglavnica in 174 Sveta Ana ter še navadne betonske stebre na točkah 175 Snežnik, 170 Rodica in 179 Mangart (Štupar, 1987). Visoke stebre so preplastili z 10 cm debelo armiranobetonsko oblogo. Opremil so jih z železno kovinsko lestvijo (skobami) in kovinskim montažnim odrom pod vrhom piramide (slika 5c, slika 10b).



Slika 12: Točka astrogeodetske mreže 169 Blegoš fotografirana v letih: a) 1968, b) 2007, c) 2017 (foto: M. Jenko). Na fotografiji iz 2017. zraven točke stoji Marjan Jenko.

Med leti 1975–1981 so v okviru dveh raziskovalnih nalog (Vodopivec in Jenko et al., 1977; Jenko, 1986) izmerili 49 stranic mreže AGM geodeti GZS in GIJNA. Slednji so leta 1975 izmerili 18 stranic v mreži I. reda z laserskim razdaljemerom AGA, model 8 (AGA-8), ki je zmožgal izmeriti dolžine dolge do neke 60 km ali celo več. Ostale stranice so izmerili kolegi GZS, delno z laserskim razdaljemerom AGA-710, ki je zmožgal izmeriti dolžine dolge do neke 26 km, delno pa z razdaljemerom GIJNA AGA-8. Pri tej izmeri so uporabljali tudi reflektorje s 37 odbojnimi prizdami domače izdelave GZS (razen uvoženih prizem)³. Na sliki 13a je tak reflektor postavljen na trigonometrično točko I. reda 185 Cerk.



Slika 13: Točka 185 mreže I. reda Cerk: a) leta 1977 z reflektorjem za merjenje razdalj z laserskim razdaljemerom (foto: K. Divjak) in b) leta 2016 med drugo EUREF-izmero (foto: D. Majcen).

Izravnava celotne jugoslovanske AGM vse do razpada Jugoslavije še ni bila dokončana. Slovenski del AGM, ki s sosednjimi točkami na hrvaškem ozemlju šteje 46 točk, je bil v raziskovalne namene izračunan v 1980.-ih letih kot samostojna in približno orientirana mreža (Jenko, 1987a). V to izravnavo je bilo vključenih 49 merjenih stranic in vsa kotna opazovanja ZZF iz 1960.-ih let. S tem je bila ustvarjena mreža z veliko notranjo natančnostjo, ki se je uporabljala pri kontrolah in sanacijah mrež II. in III. reda (Jenko, 1987b; 1990).

Jenko izpostavlja naslednje pojvone trigonometrične točke mreže I. reda oz. AGM z zanimivo zgodovino:

163-516 Golica: nad obstoječim nizkim stebrom točke 163 iz obdobja mreže MGI, ki je bil obenem državni mejnik, so leta 1947 zgradili običajni steber 40 cm × 40 cm, ki je bil do leta 1959 že prevrnjen. Kasneje je bil državni mejnik kot tak obnovljen. Tipski steber AGM (verjetno iz leta 1964) se je sčasoma začel nagibati proti jugu. Zato so leta 1988 zgradili montažni armiranobetonski steber 7,5 m stran od njega na bolj stabilnih tleh (slika 14).

167 Grintovec: Steber AGM so strele zelo poškodovale. V 1988 so 4,7 m ekscentrično postavili montažni steber⁴ 167s (podoben tistemu na Golici).

³ Podobne manjše reflektorje z 19 prizdami je bilo mogoče kupiti pri ponudnikih geodetske opreme.

⁴ Nedavni ogledi na kraju samem so pokazali, da je povsem uničen tudi prejšnji steber 167s, dobro pa je ohranjena le talna oznaka točke 167z.

164-515 Košuta: 164 je točka MGI in obenem državni mejnik. Prav tako kot na Golici so na Košuti tipsko točko astrogeodetske mreže 515 v celoti na naše ozemlje stabilizirali 3 m stran od stare točke VGI (slika 15a). Podatke o opazovalnem stebru iz povojnih let ima VGI.

225-517 Jeruzalem: 225 je točka VGI iz let 1938–39. Predstavlja jo vrh cerkvenega zvonika. Za potrebe opazovanj je bil zgrajen steber ekscentrično ob ostrešju nad zahodno lino, zato je bil odprt del ostrešja. Leta 1957 je točka dobila tudi talni center 225z. Kasneje so pri obnovi zvonika odstranili steber. V mreži AGM je ta lokacija opuščena, točka je predstavljena 335 m proti SSV na Plešivico, ime točke pa je ostalo. Leta 1977 sta F. Černe in M. Jenko geodetsko povezala točki 225 in 517 ter obenem ugotovila, da se vrh zvonika ni premaknil.

175 Snežnik: tipski steber AGM je popolnoma razpadel. Namesto njega je Planinsko društvo Ilirska Bistrica leta 1979 zgradilo dokaj visok steber, pri čemer je GZS poskrbel, da je oznaka na njem v vertikalni podzemnega centra. Na ta način je geodetska točka poleg strokovne dobila hkrati še turistično vlogo (slika 15b).

522 Samoborska Plješivica na Hrvaškem: približno 20 m stran od točke AGM 522, se nahaja star kamen, za katerega je Jenko ugotovil, da je to še stara točka iz mreže MGI.

514 Sljeme na Hrvaškem: ker je bila stara točka 212 slabo stabilizirana, so v času izmere AGM postavili okoli 50 m stran visok opečnat steber 514z. V 1980.-ih letih je bil ta steber že porušen, ostal pa je ekscenter predhodne VGI točke 212s, ki ga je Jenko povezal s talnim centrom porušenega stolpa.



Slika 14: Golica: a) leta 1988 spredaj točka 516s mreže I. reda, zgrajena iz armiranobetonskih elementov, in zadaj nagnjeni steber na točki 516 (foto: M. Jenko). Slednji je še nekaj časa ležal prevrnjen; b) leta 2016 EUREF-izmera na točki 516s zadaj in spredaj polovični steber, ki so ga postavili planinci približno na mestu, kjer je bila nekoč točka 516 (foto: M. Zupančič).

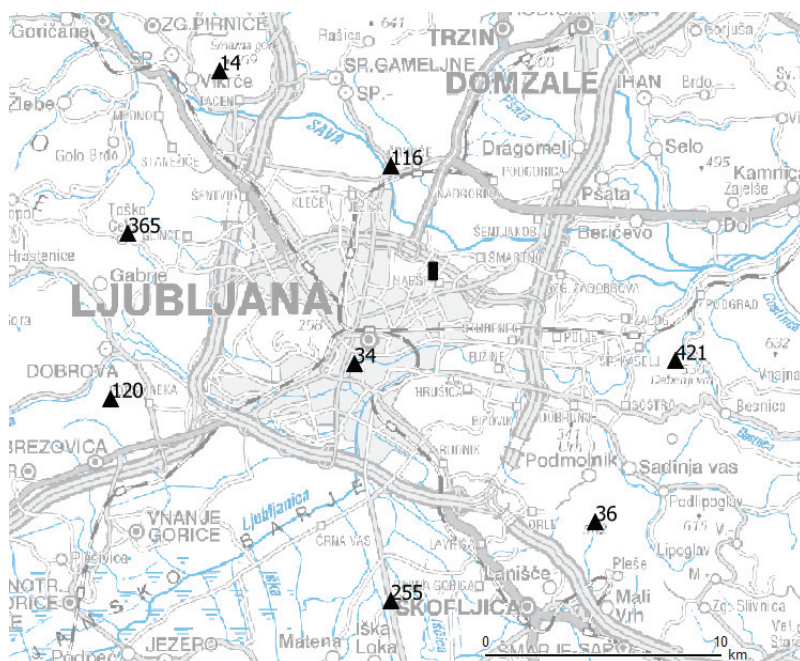


Slika 15: a) Košuta (vrh Kladivo na 2094 m) leta 2015, spredaj povojna točka I. reda 164 in zadaj tipski steber astrogeodetske točke 515 (foto: B. Vizjak), in b) stanje novega stebra na Snežniku v letu 2015 (foto: M. Jenko).

3 MESTNE TRIGONOMETRIČNE MREŽE

Za območje Ljubljane je mogoče zaslediti, da je tu že pred drugo svetovno vojno obstajala mestna trigonometrična mreža. Delila se je na starejši del v ožjem pozidanem območju in novejši del, ki je zajemal obrobje mesta. Starejši del je bil razvit v letih 1897, 1912 in 1927, novejši del pa v letih 1936–1938. Novejši del je razvijal Oddelek za kataster in državna posestva iz Beograda. Ob razvoju novejšega dela niso vključili še ohranjenih točk iz starejšega dela. Prav tako z razvojem novejšega dela niso zapolnili vseh praznin med ožjim in širšim gradbenim območjem. Mestna mreža iz 1936–1938 zato ni bila homogena in kasneje ni več ustrezala kriterijem po povečani pozicijski natančnosti, ki naj bi jo imela mestna mreža. Zato so med leti 1955–1956 v Ljubljani vzpostavili novo mestno trigonometrično mrežo (Rudl, 1958).

Mestna trigonometrična mreža Ljubljana je bila vzpostavljena znotraj osnovnega šestkotnega centralnega sistema, ki so ga predstavljale točke II. reda in III. glavnega reda (slika 16): 116 Črnuče (slika 17), 421 Debenji vrh na Kašelskem griču, 36 Molnik (II. red), 255 Ižanska cesta, 120 Gradišče nad Podsmreko (slika 3a) ter 365 Toško Čelo (II. red) (slika 8). V sredini osnovne mreže je bila točka 34 Ljubljanski grad (II. red); naknadno so vključili še točko 14 Grmada. Poleg teh točk je v mrežo sodilo še 37 točk mestne trigonometrične mreže ter več kot 300 točk precizne poligonometrične mreže (Rudl, 1958). Znotraj mestne trigonometrične mreže se nahaja tudi ljubljanska triangulacijska baza, o kateri bomo več povedali v naslednjem poglavju.



Slika 16: Geometrija osnovnih točk ljubljanske trigonometrične mreže: trigonometrične točke so označene s trikotniki, še obstoječi steber triangulacijske baze s pravokotnikom (podlaga: karta 1 : 250 000).

Točke ljubljanske mestne trigonometrične mreže so bile deloma stabilizirane z vkopanimi betonskimi kamni dimenzij 20 cm × 20 cm × 60 cm s posnetimi zgornjimi robovi, ki so imeli v sredini kovinski

čep z luknjico. Tak primer stabilizacije najdemo na griču **Tabor nad črnuškim mostom**, to je točka III. reda 116 Črnuče (slika 17). Na sliki 17 vidimo okoli kamna še belo betonsko ploščo dimenzij 64 × 64 cm, ki je kasneje dodani stalni signal za fotogrametrično izmero.



Slika 17: Točka ljubljanske mestne trigonometrične mreže 116 Črnuče (foto: Jenko, 2019).

Poleg Ljubljane je bila leta 1963 mestna trigonometrična mreža vzpostavljena še v Mariboru. Mreži v Ljubljani in Mariboru so izvedli po predpisih zvezne geodetske uprave za mestne triangulacijske in mestne poligonometrične mreže (Pravilnik za državni premer II-A deo, 1956). Vendar Jenko omenja, da se pravilnika v Ljubljani niso v celoti držali. Kasneje v Sloveniji niso vzpostavili nobene nove mestne trigonometrične mreže tega tipa.

4 TRIANGULACIJSKE IN KOMPARATORSKE BAZE IN MREŽE

Ob vzpostavitvah posameznih trigonometričnih mrež so hkrati stabilizirali triangulacijske baze, ki so služile za opredelitev merila mreže. Za preizkušanje različnih merskih inštrumentov, predvsem razdalje-merov, so postavljali še komparatorske baze in mreže.

4.1 Triangulacijske baze in mreže

Prva še ohranjena triangulacijska baza na območju Slovenije je **mariborska baza** na Dravskem polju, ki je bila vzpostavljena v okviru mreže I. reda MGI in merjena v letu 1860. Skupno je imela mreža MGI vzpostavljenih 16 triangulacijskih baz, od katerih se samo ena nahaja na območju današnje Slovenije (Delčev et al., 2014). Mariborska baza je dolga 5,7 km, severna bazna točka 218 se nahaja v Orehovi vasi poleg mariborskega letališča (slika 18a), južna bazna točka 217 pa ob cesti pred vasjo Starošince (slika 18b). Točno na polovici baze se nahaja točka 225, kjer manjka zgornji del stebra (slika 18c). Obe krajiščni točki baze sta imeli poleg glavnega stebra, ki je visok 3,5 m, še štiri bočna zavarovanja, ki so bila obeležena z vkopanimi kamni, na katerih so na stranici zapisane črke KK MT – Kaiserliche und

Königliche Militärische Triangulation. V Starošincah je izkopan kamen položen na podnožje glavnega stebra. Dobro vidna zavarovanja ima tudi sredinska točka 225. Mariborsko bazo so izmerili z merskimi latami⁵. Bazo je VGI leta 1939 nameraval še enkrat izmeriti, vendar jim je to onemogočila stavba na liniji baze.

Bazna mreža Maribor je poleg severne in južne bazne točke zajemala še točke 219 Bukovec, 216 Krčevina, 215 Žigartov vrh ter 214 Donačka gora (lep prikaz mariborske triangulacijske bazne mreže se nahaja v Delčev et al., 2014).



Slika 18: Mariborska baza leta 2020: a) severna bazna točka 218 Orehova vas (foto: N. Fabiani), b) južna bazna točka 217 Starošince (foto: N. Fabiani), c) sredinska točka 225 (III. dopolnilni red, foto: D. Vantur).



Slika 19: Severni bazni točki radovljiške baze v Vrbi, fotografirani leta 1990: a) originalna severna bazna točka 456 pred uničenjem zaradi gradnje avtoceste, b) nadomestna severna točka 456s istega leta (foto: M. Jenko).

Leta 1949 je GIJNA stabilizirala in leta 1950 izmerila **radovljiško bazo s pripadajočo mrežo** (Delčev et al., 2014). Radovljiška baza je bila dolga 5,92 km. Bazno omrežje jo je povezovalo s stranico I. reda 163 Golica–164 Košuta. Z vidika ohranjanja zanimivih geodetskih znamenj moramo poudariti, da še

⁵ Jenko domneva, da v času merjenja baze, na krajišjih morda ni bilo zgornjega dela piramidaste oblike, tako da je bilo omogočeno polaganje merske late neposredno na oznako centra na vrhu kockastega spodnjega dela stebra.

ohranjena južna bazna točka predstavlja svojevrsten tip stabilizacije (sliki 19a, 20), ki se kasneje ni več uporabljal pri drugih bazah, postavljenih v Jugoslaviji. Zaradi gradnje avtoceste so leta 1990 severno bazno točko 456 blizu Vrbe odstranili (slika 19a). Na liniji baze je bila predtem stabilizirana in precizno odmerjena nova točka 456s (slika 19b). Baza se je zato skrajšala za 216 m (za devetkratnik dolžine invarne merske žice). Tudi tako skrajšano bazo so kasneje večkrat uporabili kot komparatorsko bazo za kontrolo elektronskih razdaljemerov.



Slika 20: Južna bazna točka 457 radovljiške baze zraven Radovljice: a) leta 1950 (foto: arhiv M. Jenko) in b) leta 2020 (foto: M. Triglav Čekada).



Slika 21: Ljubljanska triangulacijska baza: a) zahodna bazna točka 551, fotografirana leta 1962, na njej je originalna lesena piramida iz leta 1955 (steber je bil kasneje odstranjen, zemljišče pa zazidano) (foto: Jenko), ter vzhodna bazna točka 550, fotografirana septembra 2020, pred b) in po obnovi⁶ c) (K. Medved).

Znotraj ljubljanske mestne trigonometrične mreže se je nahajala 1,92 km dolga **ljubljska triangulacijska baza**, ki je bila, enako kot mreža, vzpostavljena v letu 1955. Dolžina baze je bila izmerjena z invarnimi žicami. Stabilizirana je bila s solidno temeljenima krajnima stebroma, ki sta nadzemno imela obliko presekanega piramide višine 1 m in tremi navadnimi vmesnimi stebri (slika 21). Poleg zahodne bazne točke je bil pravokotno na bazo, na razdalji 48 m, postavljen še komparatorski steber enake oblike. Danes je ohranjena samo še vzhodna bazna točka, na vrhu katere je še medeninasti čep z luknjico (slika 21b). Vzhodna bazna točka se nahaja na travniku severovzhodno od pokopališča Žale.

⁶ Jenko je bil zelo vesel, da so točko obnovili.

4.1 Komparatorske baze in mreže

Leta 1975 je bila vzpostavljena in prvič izmerjena tako imenovana **državna velika komparatorska mreža Logatec** s sedmimi stebri. Na njej je bilo možno meriti 20 stranic in diagonal z dolžinami od 0,4 km do 2,7 km. Ta trilateracijska mreža je bila namenjena kontroli razdaljemerov manjšega dosega (Jenko, 1985; Kogoj in Vodopivec, 2003). Stebre so obnovili leta 2001 (Kogoj in Vodopivec, 2003).

Istega leta so zgradili še 260-metrsko, t. i. **malo komparatorsko linijsko bazo pri Logatcu** (ob cesti Logatec–Rovte). Ta linijska baza je sestavljena iz petih stebrov in je bila namenjena določanju adicijskih konstant razdaljemerov (Jenko, 1985; Kogoj in Vodopivec, 2003). Tudi stebre male baze so obnovili leta 2001 (Kogoj in Vodopivec, 2003).

Za kontrolo delovanja razdaljemerov so uporabljali tudi obstoječe točke astrogeodetske mreže (Jenko, 1983; 1985). Tako so stranico 224 Orlek–373 Mrzlica (14,84 km) pogosto uporabljali za kontrolo stabilnosti merskih frekvenc razdaljemerov z večjim dosegom. Za ta namen so jo nazadnje uporabili leta 1995.

Stranica osnovne ljubljanske mestne trigonometrične mreže 365 Toško Čelo–116 Ljubljana Črnuče (8,02 km) je imela podobno vlogo. Dolgo vrsto let so jo merili z razdaljemerom AGA-710 v okviru terenskih vaj višjih letnikov geodetskega študija.

Z namenom, da bi vzpostavili bolj kompleksen komparatorski poligon za preskušanje razdaljemerov z večjim dosegom, je Jenko leta 1983 pripravil projekt **Testne mreže osrednje Slovenije** (Jenko, 1985). V tej trilateracijski mreži je 14 stranic in 3 diagonale AGM. Točke 168 Rašica, 166 Vivodnik, 373 Mrzlica, 396 Zglavnica, 174 Sv. Ana in 172 Krim tvorijo dokaj pravilen šesterokotnik, znotraj katerega se nahajata še točki 173 Kucelj in 224 Orlek (glej sliko 1). Del stranic te mreže je bil že izmerjen do leta 1981, dodatno je bilo treba izmeriti še sedem stranic in dve diagonali (396–373 in 224–174). Mreža je bila uspešno izravnana (Jenko, 1985), vendar kasneje te mreže niso uporabljali.

5 SKLEP

Oznake trigonometričnih točk so objekti, ki so predvsem na neobljudenih območjih dokaj trajni. Zlasti na vrhovih gora in hribov se nahaja veliko število ohranjenih oznak trigonometričnih točk vseh redov. Stabilizacija točk I. reda se je skozi čas spreminjala, zato na terenu ne moremo več najti točk z originalno stabilizacijo še iz let 1810–1830, ko je bila pri nas vzpostavljena prva triangulacija za kataster. Večino trenutno najstarejših točk mreže I. reda so stabilizirali v letih 1963–1964, torej v obdobju vzpostavitve astrogeodetske mreže, ko so bili še obstoječi stari stebri, vključno s podzemnimi centri, nadomeščeni z novo tipsko stabilizacijo. V mrežo I. reda sodita še mariborska in radovljiška baza, od katerih imata mariborski bazni točki najstarejšo še ohranjeno originalno stabilizacijo iz leta 1860, radovljiška južna bazna točka pa iz leta 1949.

Med točkami nižjih redov najdemo nekatere primere še starejših stabilizacij. Ob povojni novi vzpostavitvi mrež nižjih redov, ki je bila dokončana do leta 1967, v tehničnih pravilnikih ni bilo navodil o navezovanju na še obstoječe točke iz starih triangulacij. Zato tu in tam najdemo točke, ki so stabilizirane v bližini starih točk, a ne na istem mestu. Tako v članku omenjamo točko IV. reda 590 na Županovem vrhu nad Rakitno, kjer sta poleg novejših stabilizacij vidna še izkopana kamna, verjetno iz let 1818–1819 in 1902–1903. Ponekod pa so privzeli staro stabilizacijo. Tako najdemo v trigonometričnem okraju Ljubljana, verjetno

iz leta 1902, še točki III. reda 120 Gradišče nad Podsmreko ter 122 na Stražnem vrhu. Zagotovo je iz leta 1903 še točka II. reda 329 Limberk, saj ima to letnico vklesano. Morda pa je najstarejša še ohranjena stabilizacija pri nas na točki 303 Veliki Javornik (II. reda), ki ima vklesano letnico 1823.

Take še ohranjene točke so na vrhovih hribov, zato bi jih lahko izkoristili za promocijo geodezije med planinci, kot so predlagali že Mlakar (1993a; 1993b), Miklič (2013) in Triglav (2018) oz. kot so to že storili na primeru trigonometrične točke I. reda na Snežniku, ki so jo sanirali planinci že leta 1979 z namenom, da bi točka predstavljala ne samo geodetsko znamenje, ampak tudi turistično pomembno obeležje. Še posebej bi veljalo razmisliti o posebni zaščiti in promociji točk, ki so skozi svojo zgodovino imele različne funkcije (hkrati državna in mestna mreža, hkrati triangulacijska točka in točka komparatorske baze ...) oz. predstavljajo edinstvene primere stabilizacije.

Zahvala

Članek je nastal v okviru ciljnega raziskovalnega projekta V2-1924: *Stalna geodetska znamenja kot temelj za kakovostno delovanje geodetske stroke*, ki ga sofinancirata Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije in Geodetska uprava Republike Slovenije iz državnega proračuna. Avtorja se zahvaljujeva Geodetski upravi Republike Slovenije za pomoč pri preverbi nekaterih zgodovinskih dejstev ter predvsem za dolgoletno skrb za sanacijo trigonometričnih točk I. reda in nižjih redov.

Literatura in viri:

- Accetto, M. (1979). Tehnično poročilo o obnovi nadzemne stabilizacije trg. točke I. reda št. Snežnik. Interno gradivo arhiva Geodetske uprave RS.
- Berk, S., Sterle, O., Medved, K., Stopar, B. (2020). ETRS89/D96-17 – rezultat GNSS-izmere EUREF Slovenija 2016. *Geodetski vestnik*, 64, 43–67.
DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2020.01.43-67>
- Černe, F. (neznano leto). Stanje triangulacijskih točk I. reda na terenu. Interno gradivo arhiva Geodetske uprave RS.
- Černe, F. (1988). Navezovalna mreža v SR Sloveniji kot osnova pri obnovi zemljiškega katastra. *Geodetski vestnik*, 32 (1-2), 615–617.
- Črnivec, M., Golorej, I. (1976). Temeljne geodetske mreže v SR Sloveniji – stanje in ukrepi za izboljšavo. Simpozijum o osnovnih geodetskih radovih v Jugoslaviji, zbornik radova, Hercegnovi, Savez geodetskih inženjerov i geometara Jugoslavije, 31–41.
- Delčev, S., Timar, G., Kuhar, M. (2014). O nastanku koordinatnega sistema D48. *Geodetski vestnik*, 58 (4), 681–694.
- Jenko, M. (1976). Raziskava triangulacijske mreže I. reda v SR Sloveniji. *Geodetski vestnik*, 20 (4), 235–238.
- Jenko, M. (1980). Problemi sanacije triangulacijskih mrež v Sloveniji. *Geodetski vestnik*, 24 (2), 131–133.
- Jenko, M. (1983). Ocena natančnosti stranic astrogeodetske mreže, izmerjenih v Sloveniji v letih 1975–1981. *Geodetski vestnik*, 27 (2-3), 85–102.
- Jenko, M. (1985). Nova testna mreža za elektronske razdaljemere. *Geodetski vestnik*, 29 (1), 38–42.
- Jenko, M. (1986). Dela na astronomsko-geodetski mreži v letih 1975–1982. Inštitut Geodetskega zavoda SRS.
- Jenko, M. (1987a). Razvojna pot in aktualni problemi naših temeljnih geodetskih mrež. *Geodetski vestnik*, 31 (4), 315–319.
- Jenko, M. (1987b). Raziskave in sanacije triangulacijske mreže II. reda v SR Sloveniji v letih 1975–1982. Ljubljana: Inštitut Geodetskega zavoda SRS.
- Jenko, M. (1990). Raziskave in sanacije triangulacijske mreže III. reda v Sloveniji v letih 1978–1989. Ljubljana: Inštitut Geodetskega zavoda SRS.
- Jenko, M. (1996). Razvoj triangulacije skozi stoletja – s posebnim poudarkom na Sloveniji. *Geodetski vestnik*, 40 (1), 43–46.
- Jenko, M. (2008). Prva sistematska triangulacija na našem ozemlju. *Geodetski vestnik*, 52 (1), 82–94.
- Jenko, M. (2019). Zgodovinski pomen točke na Krimu. *Geodetski vestnik*, 63 (2), 279–281.
- Kogoj, D., Vodopivec, F. (2003). Kompariranje in kalibriranje elektronskih razdaljemero. *Geodetski vestnik*, 47 (1-2), 18–26.
- Medved, K., Berk, S., Sterle, O., Stopar, B. (2018). Izzivi in dejavnosti v zvezi z državnim horizontalnim koordinatnim sistemom Slovenije. *Geodetski vestnik*, 62 (2), 567–586.
- Miklič, J. (2013). Geodetska tehnična dediščina. <https://www.drustvogeodetov-svs.si/2013/04/geodetska-tehnicna-dediscina.html>
- Mlakar, G. (1993a). Geodezija in planinstvo – 1. *Planinski vestnik*, XCIII/1993 (10), 437–440.
- Mlakar, G. (1993b). Geodezija in planinstvo – 2. *Planinski vestnik*, XCIII/1993 (11), 486–489.
- Rudl, F. (1958). Nova triangulacija in precizna poligonometrija Ljubljane. Interno

gradivo arhiva Geodetske uprave RS. Ljubljana: Geodetski Zavod Ljubljane, sekcija za triangulacijo.

Oven, K., Rittlop, K., Triglav Čekada, M., Pavlovčič Prešeren, P., Sterle, O., Stopar, B. (2019). Vzpostavitev kombinirane geodetske mreže v Sloveniji in analiza njenega delovanja v obdobju 2016–2018. *Geodetski vestnik*, 64 (4), 491–531.

Peterca, M., Čolović, G. (1987). *Geodetska služba JNA*. Beograd: Vojnoizdavački i novinarski centar.

Pravilnik za državni premer II-A deo (1956). Osnovni radovi na gradskom premeru. Beograd: Savezna geodetska uprava, Reprodukija Zavoda za kartografiju NR

Srbije Geokarta.

Štupar, I. (1987). Delo na temeljnih položajnih in temeljnih višinskih geodetskih mrežah na osnovi raziskovalnega projekta iz leta 1974. *Savetovanje Osnovni geodetski radovi i oprema za njihovo izvođenje, zbornik radova, Savez geodetskih inženjera i geometara Jugoslavije*.

Triglav, J. (2018). 5. julij 1822 – Prva geodetska ekipa na vrhu Triglava. *Geodetski vestnik*, 62 (1), 120–126.

Vodopivec, F., Jenko, M., et al. (1977). *Temeljne triangulacijske mreže v SRS. I. del: Raziskava mreže I. reda*. Ljubljana: Inštitut Geodetskega zavoda SRS.



Triglav Čekada M., Jenko M. (2020). Načini stabilizacije trigonometričnih točk skozi čas v Sloveniji. *Geodetski vestnik*, 64 (4), 469–488.

DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2020.04.469-488>

doc. dr. Mihaela Triglav Čekada, univ. dipl. inž. geod.

Geodetski inštitut Slovenije

Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija

e-naslov: mihaela.triglav@gis.si

Marjan Jenko[†], univ. dipl. inž. geod.

Posthumna objava članka

ANALIZA VPLIVOV NA KAKOVOST IZDELKOV UAV FOTOGRAMetriJE

ANALYSIS OF THE IMPACTS ON THE QUALITY OF UAV PHOTOGRAMMETRIC PRODUCTS

Mojca Kosmatin Fras, Urška Drešček, Anka Lisec, Dejan Grigillo

UDK: UDK : 528.7

Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.02

Prispelo: 30. 9. 2020

Sprejeto: 28. 11. 2020

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2020.04.489-507

REVIEW ARTICLE

Received: 30. 9. 2020

Accepted: 28. 11. 2020

IZVLEČEK

Daljnisko vodeni letalniki (angl. unmanned aerial vehicles), opremljeni z različnimi senzorji in napravami, se v geodeziji, geoinformatiki in okoljskih strokah vse pogosteje uporabljajo za zajem prostorskih podatkov. Razvilo se je novo področje, to je UAV fotogrametrija, ki obravnava fotogrametrični zajem in obdelavo fotografij, pridobljenih z daljnisko vodenimi letalniki. V študiji analiziramo različne dejavnike, ki vplivajo na kakovost izdelkov UAV fotogrametrije, s poudarkom na položajni točnosti. Predstavljamo jih v treh skupinah, in sicer obravnavamo dejavnike vpliva, ki so povezani z: (a) lastnostmi fotoaparata in kakovostjo fotografij, (b) načrtovanjem in izvedbo snemalne misije ter (c) oslonilnimi točkami za posreden način georeferenciranja fotografij. Izbrane dejavnike smo analizirali na podlagi pregleda relevantnih znanstvenih objav, vpliv števila in razporeditve oslonilnih točk na položajno točnost oblaka točk pa smo dodatno preverili na lastnem primeru. Na koncu podajamo ključne ugotovitve in priporočila za izvajanje UAV fotogrametričnih projektov, kjer poudarjamo pomen snemanja v dobrih svetlobnih in vremenskih razmerah, uporabe čim boljše opreme, ustrezne izbire parametrov snemalne misije, zadostnega števila oslonilnih točk, ki so izmerjene z ustrezno položajno točnostjo, in njihove enakomerne razporeditve po območju obravnave.

KLJUČNE BESEDE

fotogrametrija, daljnisko vodeni letalnik, UAV, UAV fotogrametrija, kakovost, oslonilne točke

ABSTRACT

Unmanned aerial vehicles, equipped with various sensors and devices, are increasingly used to acquire geospatial data in geodesy, geoinformatics, and environmental studies. In this context, a new research and professional field has been developed – UAV photogrammetry – dealing with photogrammetry data acquisition and data processing, acquired by unmanned aerial vehicles. In this study, we analyse the selected factors that impact the quality of data provided using UAV photogrammetry, with the focus on positional accuracy; they are discussed in three groups: (a) factors related to the camera properties and the quality of images; (b) factors related to the mission planning and execution; and (c) factors related to the indirect georeferencing of images using ground control points. These selected factors are analysed based on the detailed review of relevant scientific publications. Additionally, the influence of the number of ground control points and their spatial distribution on point clouds' positional accuracy has been investigated for the case study. As the conclusion, key findings and recommendations for UAV photogrammetric projects are given; we have highlighted the importance of suitable lighting and weather conditions when performing UAV missions for spatial data acquisition, quality equipment, appropriate parameters of UAV data acquisition, and a sufficient number of ground control points, which should be determined with the appropriate positional accuracy and their correct distribution in the field.

KEY WORDS

photogrammetry, unmanned aerial vehicle, UAV, UAV photogrammetry, quality, ground control points

1 UVOD

V klasični fotogrametriji so postopki in algoritmi pridobivanja prostorskih podatkov iz fotografij dobro raziskani in uveljavljeni. Z razvojem računalniške tehnologije in računalniškega vida v zadnjih letih pa se tudi v fotogrametriji precej spreminjata zajem in obdelava fotogrametričnih posnetkov. Pri tem imajo pomembno vlogo tudi daljinsko vodeni letalniki, ki omogočajo hiter in cenovno ugoden zajem fotografij iz zraka (Nex in Remondino, 2014). Razvilo se je novo področje UAV fotogrametrije, kjer kratica UAV izhaja iz angleškega termina za daljinsko vodeni letalnik (angl. *unmanned aerial vehicle*). Ker se je ta termin uveljavil v tuji strokovni literaturi (Rock, Ries in Udelhoven, 2012; Nocerino et al., 2013; Hastedt in Luhmann, 2015; idr.), ga zaradi enostavnosti in jasnega pomena uporabljamo tudi v tem članku.

Namen prispevka je sistematično predstaviti in analizirati glavne dejavnike, ki vplivajo na kakovost izdelkov UAV fotogrametrije. Glavni izdelki so oblak točk, digitalni model površja, ortofoto in kot njihova nadgradnja 3D-modeli mest in pokrajin. Pri preučevanju dejavnikov, ki vplivajo na rezultate fotogrametrične obdelave posnetkov z letalniki, so razlike v primerjavi s klasično aerofotogrametrijo opazne že pri izbiri opreme in izvedbi snemanja. Daljinsko vodeni letalniki lahko za letenje uporabljajo fiksna krila ali rotorje. Vsaka vrsta letalnika ima svoje prednosti in slabosti. Letalniki s krili lahko nepretrgoma letijo dalj časa, tudi več ur, niso zelo občutljivi na veter in so razmeroma enostavni za upravljanje, potrebujejo pa ustrezno in dovolj veliko območje za pristajanje in vzletanje. Letalniki z rotorji lahko brez menjave baterij letijo le krajši čas (okrog pol ure), bolj so občutljivi na veter, tresljaji zaradi delovanja rotorjev lahko slabo vplivajo na ostrino fotografij, njihovo upravljanje zahteva tudi večjo izurjenost. Njihove prednosti so v tem, da lahko lebdijo v zraku ali se premikajo zelo počasi, so okretnejši pri letenju in lahko vzletajo ter pristajajo v omejenem prostoru. Izbira opreme, ki je vgrajena v letalnik, je omejena z največjo dovoljeno skupno težo bremena na letalniku in zmogljivostjo baterij, ki omogočajo nemoteno delovanje senzorjev na letalniku. Za zajem fotografij se največkrat uporabljajo cenovno ugodni kompaktni fotoaparati, ki imajo za fotogrametrično uporabo precej pomanjkljivosti: majhen senzor, slabša kakovost objektiv, običajno je vgrajen pomični zaklop, parametri notranje orientacije so nestabilni itd. Za doseganje kakovostnih rezultatov, primerljivih z uveljavljenimi fotogrametričnimi izdelki, je treba prilagoditi zajem podatkov, kar vključuje ustrezno izbiro parametrov snemalne misije že v fazi načrtovanja, kot tudi postopke obdelave zajetih fotografij.

Metode, ki smo jih uporabili v analizah, so predstavljene v drugem poglavju. Sledijo tri poglavja, v katerih podrobneje analiziramo posamezne sklope dejavnikov vpliva na kakovost izdelkov. V petem poglavju poleg rezultatov analize ugotovitev, pridobljenih iz literature, predstavimo rezultate analize vpliva števila in razporeditve oslonilnih točk (angl. *ground control points*, *GCPs*) na kakovost georeferenciranega oblaka točk za lasten primer. V sklepnih ugotovitvah, to je v šestem poglavju, izpostavimo ključne ugotovitve in priporočila za izvajanje projektov UAV fotogrametričnega zajema podatkov.

2 METODE RAZISKAVE

Kakovost fotogrametričnih izdelkov je rezultat številnih dejavnikov v celotnem postopku obdelave podatkov, ki jih je težko obravnavati ločeno. Analize kakovosti izdelkov se zato izvajajo eksperimentalno na testnih območjih, izvedba takšnih raziskav je zahtevna in dolgotrajna. Obravnavana testna območja so različnih velikosti, imajo različne geografske značilnosti, različna je uporabljena oprema, prav tako

metodologija itn. Rezultate raziskav je zato težko neposredno primerjati, kljub temu pa številne kakovostne objave v zadnjih letih omogočajo, da lahko iz njih izluščimo nekatera pomembna dognanja in predloge dobrih praks.

Obsežno metaanalizo in pregled znanstvenih objav z vidika uporabljene snemalne opreme, parametrov leta, nadaljnjih obdelav in analiz podatkov sta opravila Singh in Frazier (2018). Naša analiza je usmerjena na izbrane dejavnike, pri tem pa smo se osredotočili na letalnike, ki so lažji od 25 kilogramov in za zajem fotografij uporabljajo optične senzorje v vidnem delu elektromagnetnega valovanja. Poleg tega smo obravnavali samo primere posrednega georeferenciranja fotografij preko terensko izmerjenih oslonilnih točk in projekte, kjer je zahtevana nekajcentimtrska (okvirno od 1 do 10 centimetrov) položajna točnost izdelkov. Izbrane dejavnike smo analizirali na podlagi pregleda relevantnih znanstvenih objav in lastnega študijskega primera. Nekaj vpliva na kakovost končnih rezultatov ima tudi uporabljena programska oprema za obdelavo, vendar tega v analizi nismo obravnavali.

Številni viri opisujejo in raziskujejo različne dejavnike, ki vplivajo na kakovost izdelkov UAV fotogrametrije. Sistematično in celovito je to tematiko obdelal in predstavil Nasrullah (2016). Dejavnike, ki vplivajo na kakovost izdelkov UAV fotogrametrije, smo opisali in analizirali po naslednjih vsebinskih sklopih:

- (a) **dejavniki vpliva, ki so povezani z lastnostmi fotoaparata in kakovostjo fotografij:** uporaba nemerskih fotoaparata, metode kalibracije, časovna stabilnost parametrov notranje orientacije, kakovost senzorja in objektivna, vrsta zaklopa, prostorska ločljivost, fotografska kakovost fotografij itn.;
- (b) **dejavniki vpliva, ki so povezani z načrtovanjem in izvedbo snemalne misije:** snemalna višina, vzdolžno in prečno prekrivanje fotografij, zgradba bloka fotografij itn. ter
- (c) **dejavniki vpliva, ki so povezani z oslonilnimi točkami:** predvsem število oslonilnih točk in njihova razporeditev na območju snemanja.

3 DEJAVNIKI VPLIVA, POVEZANI Z LASTNOSTMI FOTOAPARATA IN KAKOVOSTJO FOTOGRAFIJ

Dejavnike vpliva, ki so povezani z lastnostmi fotoaparata in kakovostjo fotografij, obravnavamo po naslednjih vsebinah: geometrične lastnosti fotografij, splošna kakovost fotografij, ki vključuje radiometrične lastnosti in vpliv zunanjih razmer, ter parametri notranje orientacije.

3.1 Geometrične lastnosti fotografij

Digitalna fotografija je rastrska slika, ki jo sestavljajo vrstice in stolpci mrežnih celic oziroma pikslov. Prostorska ločljivost fotografije GSD (angl. *ground sample distance*) je pomemben dejavnik, ki vpliva na geometrično kakovost fotogrametričnih izdelkov. Definirana je kot razdalja v naravi med središčema dveh sosednjih pikslov in je odvisna od velikosti slikovnega senzorja, velikosti piksla na senzorju, goriščne razdalje objektivna in oddaljenosti med fotoaparatom ter objektom, ki ga fotografiramo. Prostorska ločljivost fotografije opredeljuje tudi najmanjšo velikost detajla, ki ga na fotografiji še lahko prepoznamo (Oštir, 2006). Na letalnikih se najpogosteje uporabljajo nemerski fotoaparati z relativno majhnim senzorjem, zato je višina leta temu prilagojena (običajno med nekaj 10 do 150 metri). S tem dobimo primerljivo ali boljše prostorsko ločljivost fotografij kot z aerofotogrametričnimi kamerami, kar omogoča lažje prepoznavanje in pridobivanje oziroma ekstrakcijo podatkov o detajlih prostorskih entitet na posnetkih (Mikrut, 2016).

Pomemben dejavnik je še goriščna razdalja objektiva fotoaparata. Uporaba fotoaparata s krajšo goriščno razdaljo ob nespremenjenih ostalih parametrih leta pomeni povečanje zornega kota fotoaparata FOV (angl. *field of view*). To pomeni, da lahko naenkrat zajamemo podatke za širše območje in s tem zmanjšamo čas letenja, kar je zaradi omejitve delovanja baterij na letalnikih boljše. Na drugi strani se prostorska ločljivost fotografij zmanjša, večji so tudi popravki optične distorzije, kar lahko negativno vpliva na geometrično točnost izdelkov (Mosbrucker et al., 2017).

Na kakovost zajetih fotografij vpliva tudi vrsta senzorja in način delovanja zaklopa v fotoaparatu. Senzor CCD (angl. *charge-coupled device*) ima zaradi razmeroma enostavne zgradbe in načina prenosa signala dobro svetlobno občutljivost in ne proizvede veliko šuma na sliki. Po drugi strani pa je v svojem delovanju energijsko potraten. Senzor CMOS (angl. *complementary metal-oxide-semiconductor*) ima kompleksnejšo zgradbo, proizvede nekoliko več šuma na sliki kot senzor CCD, vendar je energijsko precej varčen. Poleg tega je njegova proizvodna cena nižja od cene senzorja CCD. Način delovanja zaklopa, ki je lahko globalni ali pomični, pomembno vpliva na geometrijo slike. Pri globalnem zaklopu se celoten senzor osvetli naenkrat, pri pomičnem se vrstice ali stolpci fotodiod v senzorju osvetlujejo zaporedno s kratkim časovnim zamikom. Kompaktni fotoaparati imajo pogosto vgrajen senzor CMOS s pomičnim zaklopom. Zaradi premikanja letalnika med zajemom fotografij in zaporednega zajema posameznih vrstic pri pomičnem zaklopu se na fotografiji pojavijo geometrična popačenja. Pri višinah do 50 metrov nad terenom in hitrostih letalnika nad 10 m/s so deformacije zaradi pomičnega zaklopa znatne. Vpliv pomičnega zaklopa lahko deloma odpravimo z analitičnim modeliranjem ali dodatnimi oslonilnimi točkami, enakomerno razporejenimi po celotnem snemalnem območju (Vautherin et al., 2016).

3.2 Splošna kakovost fotografij

Splošno kakovost fotografije opredelimo z njeno radiometrično kakovostjo, na katero vplivajo fotografske nastavitve in zunanje razmere, predvsem vremenske in svetlobne razmere med fotografiranjem. Vsak piksel, ki sestavlja rastrsko podobo, vsebuje radiometrično vrednost, to je intenziteto odbitega elektromagnetnega valovanja. Radiometrične vrednosti pravzaprav opredeljujejo vsebino, ki jo vidimo na fotografijah. V fotogrametriji je radiometrična kakovost fotografij še posebej pomembna, saj je pogoj za kakovostno obdelavo in kasnejšo pridobitev zelenih informacij o pojavih, ki jih beležimo. Fotogrametrična obdelava fotografij temelji na slikovnem ujemanju pikslov na več posnetkih in uspešnost postopka je močno odvisna od radiometrične kakovosti fotografij in ustrezne teksture na površinah (Meißner, Cramer in Piltz, 2017; Martensson in Reshetyuk, 2017). To nadalje vpliva na kakovost določitve parametrov notranje orientacije fotoaparata, na gostoto točk v fotogrametričnem oblaku točk in na položajno točnost izdelanega 3D-modela (Mosbrucker et al., 2017).

Pred fotografiranjem je treba izbrati ustrezne vrednosti parametrov nastavitvev fotoaparata, to so predvsem čas osvetlitve, odprtina zaslone in občutljivost senzorja (ISO). Fotografija mora biti pravilno osvetljena, ostra in s čim manj šuma. Ostrino slik v fotogrametriji običajno zagotovimo s povečanjem globinske ostrine z uporabo bolj zaprte zaslone, čas osvetlitve pa je določen z elektroniko fotoaparata. Zaradi gibanja letalnika in tresljajev, ki so prisotni predvsem pri rotorskih letalnikih, so fotografije pogosto neostre (Nasrullah, 2016; Aber et al., 2019), zato morajo biti časi osvetlitve kratki. Čas osvetlitve je običajno stalen oziroma zaklenjen; avtorji uporabljajo različne vrednosti, največkrat je predlagana 1/800 s (npr.

Sanz-Ablanedo et al., 2018). Odprtno zaslonke nato samodejno določi fotoaparata, tako da so slike primerno osvetljene (Clapuyt, Vanacker in van Oost, 2016). Tak način nastavitve fotoaparata predstavlja kompromis glede na običajno fotografiranje v fotogrametriji. S tem se želimo izogniti daljšim časom osvetlitve v slabih svetlobnih razmerah, ki bi zaradi gibanja letalnika povzročila neostre fotografije. V idealnem primeru bi morala biti tudi odprtina zaslonke stalna, saj njeno spreminjanje vpliva na distorzijo objektivna. Velike odprtine zaslonke prav tako povečajo vpliv radialne distorzije in šum na fotografiji (Nasrullah, 2016). Pri snemanju z letalnikom se običajno izbere fokusiranje na fotografsko neskončnost, s čimer zagotovimo ostrino fotografij ne glede na izbrano snemalno višino ali stopnjo razgibanosti terena. Poleg fotografskih nastavitvev na ostrino fotografij vplivajo tudi hitrost letalnika in višina leta ter nagibi letalnika, ki nastanejo zaradi različnih zunanjih vplivov, na primer vetra. Pojav neostre zaradi premikanja fotoaparata med zajemom fotografije je očitnejši pri manjših razdaljah med fotoaparatom in objektom, ki ga snemamo. Sieberth, Wackrow in Chandler (2014 in 2015) so podrobneje analizirali vpliv uporabe neostrih fotografij v fotogrametrični obdelavi na kakovost izdelkov. Ugotovili so, da se s slabšo ostrino zmanjša točnost izmere slikovnih koordinat, kar neposredno vpliva na slabšo točnost določitev nadaljnjih količin v obdelavi, med drugim parametrov kalibracije, predvsem koordinat glavne točke. Ob tem so tudi ugotovili, da pri uporabi neostrih fotografij algoritmi slikovnega ujemanja niso zmožni zaznati dovolj velikega števila veznih točk med prekrivajočimi se fotografijami, manjše je tudi število pravilno določenih veznih točk. Sieberth, Wackrow in Chandler (2016) so tudi predlagali algoritem za samodejno prepoznavanje neostrih fotografij v nizu zajetih fotografij. Pri tem je treba paziti, da imamo kljub izločanju neostrih fotografij še vedno zagotovljen zadosten preklap med fotografijami.

Na geometrično in radiometrično kakovost fotografij in fotogrametričnih izdelkov, kot sta ortofoto in 3D-model z dodanimi teksturami, pomembno vplivajo tudi vremenske in svetlobne razmere ob fotografiranju (Dandois, Olano in Ellis, 2015). Močna oblačnost, megla ali dež povzročijo slabo osvetlitev ali premajhen kontrast fotografij. Na fotografijah, zajetih v slabših svetlobnih razmerah, je težje prepoznati posamezne detajle in je zato tudi težje določiti vezne točke. Wierzbicki, Kedzierski in Fryskowska (2015) so na podlagi preizkusa ugotovili, da se z uporabo fotografij, zajetih v slabših vremenskih razmerah, za približno 20 % zmanjša število veznih točk v primerjavi z obdelavo fotografij, zajetih v dobrih vremenskih in svetlobnih razmerah. Prav tako se pri uporabi takšnih fotografij poslabšata točnost izravnave bloka fotografij ter položajna točnost izdelanega digitalnega modela reliefa in posledično ortofota. Pomanjkanje veznih točk vpliva še na slabšo popolnost izdelanega fotogrametričnega oblaka točk in posledično slabšega 3D-modela. Na uspešnost algoritmov slikovnega ujemanja vpliva tudi prisotnost šuma na fotografijah. Več šuma na fotografijah pomeni manjšo uspešnost določanja veznih točk. Kedzierski in Wierzbicki (2015) sta podala objektivno merilo za oceno radiometrične kakovosti fotografij v obliki vrednosti indeksa ocene kakovosti fotografije (angl. *image quality assessment index value*), ki jo lahko izračunamo za vsako uporabljeno fotografijo. Predlagata izračun te ocene pred izvedbo slikovnega ujemanja, saj tako lahko že pred obdelavo izločimo fotografije s slabo ali zelo slabo radiometrično kakovostjo. S tem dobimo dobro določene vezne točke. Slabost tega pristopa je predvsem v tem, da z izločanjem fotografij izgubimo delež vhodnih podatkov in posledično v bloku nimamo več zagotovljenega zadostnega prekrivanja med sosednjimi fotografijami. Zato je zelo pomembno, da se fotografiranje izvaja v dobrih vremenskih razmerah. Omeniti je treba še vpliv prisotnosti senc na fotografijah. Če snemanje na terenu poteka dlje, se lahko spremenijo položaj sonca ali splošne vremenske razmere, kar povzroči spremembo položaja senc

in osvetlitve fotografij. To lahko negativno vpliva na delovanje algoritmov za slikovno ujemanje (Rock, Ries in Udelhoven, 2012) in na samodejno prepoznavanje vsebine na fotografijah. V fazi predobdelave posnetkov lahko ta vpliv nekoliko zmanjšamo z ustreznimi funkcijami v programih za digitalno obdelavo slik (Shahbazi et al., 2015).

3.3 Parametri notranje orientacije fotoaparata

Parametre notranje orientacije fotoaparata (krajše: notranja orientacija) potrebujemo, da lahko določimo slikovni koordinatni sistem, v katerem merimo slikovne koordinate. Osnovni parametri notranje orientacije so goriščna razdalja, položaj glavne točke na fotografiji in podatki o optični distorziji objektiva. Pri cenejših nemerskih fotoaparatih imajo lahko objektivni precejšnje optične distorzije, ki jo običajno opišemo z analitičnim modelom (Brown, 1971). Poleg tega določamo predvsem pri nemerskih fotoaparatih še nekatere druge parametre, kot so nepravokotnost koordinatnih osi, različna merila v smeri koordinatnih osi itd. Postopek, s katerim določamo parametre notranje orientacije fotoaparata, imenujemo kalibracija fotoaparata. Parametre zunanje orientacije (krajše: zunanja orientacija) običajno določamo z izravnavo snopa slikovnih žarkov v bloku fotografij (angl. *bundle block adjustment*; krajše: izravnava bloka fotografij), pri čemer moramo poznati koordinate ustreznega števila oslonilnih točk v izbranem objektnem koordinatnem sistemu (ta je lahko lokalni, referenčni državni, globalni itd.). Parametri zunanje orientacije so objektne koordinate projekcijskega centra in zasuki slikovnega koordinatnega sistema glede na izbrani objektni koordinatni sistem. V klasični fotogrametriji sta postopka določitve parametrov notranje in zunanje orientacije praviloma ločena.

Osnovni načini kalibracije fotoaparata so: laboratorijska kalibracija, kalibracija s testnimi polji in samokalibracija (Luhman et al., 2014; str. 568). Redkeje se uporabljajo tudi nekatere druge metode, kot je kalibracija z uporabo znanih oblik, na primer navpične linije, prostorske linije. Merske fotoaparate kalibrira proizvajalec z laboratorijsko kalibracijo, za katero je potreben poseben laboratorij z ustrezno opremo ali ustrezno kalibracijsko polje na terenu, zato tega uporabnik ne more izvajati sam. V UAV fotogrametriji uporabljamo manjše, lažje in cenejše nemerske fotoaparate, pri katerih so sestavni deli sistema manj geometrično stabilni, zato laboratorijska kalibracija niti ni primerna. Kalibracijo moramo zato izvajati pogosteje in na drugačne načine.

Pri kalibraciji s testnimi polji se uporabljajo polja posebej označenih točk (tarč), ki so razporejene v ravnini ali več ravninah, pri čemer poznamo lokalne koordinate teh točk ali razdalje med njimi. Kalibracijo lahko izvajamo ločeno od objekta obdelave ali hkrati s fotografiranjem samega objekta; v tem primeru to imenujemo kalibracija in-situ oziroma ob delu (angl. *in-situ calibration, on-the-job calibration*). Ta način kalibracije se uporablja predvsem pri terestričnih bližnjelikovnih aplikacijah.

Pri samokalibraciji uporabimo dobro določljive podrobnosti na objektu oziroma površju (značilke), ki niso posebej označene. Za uspešnost te metode moramo zagotoviti takšno prostorsko razporeditev fotografij, da dobimo dobro določene preseke slikovnih žarkov, kar dosežemo predvsem s poševnimi posnetki (angl. *oblique images*) (Luhmann, Fraser in Maas, 2016).

Pri UAV fotogrametričnih projektih lahko uporabimo tri različne pristope za kalibracijo fotoaparata: predhodno kalibracijo s testnimi polji, samokalibracijo v okviru samega projekta oziroma kombinacijo obeh pristopov (Luhmann, Fraser in Maas, 2016; Nex in Remondino, 2014). Grigillo et al. (2018) so

z eksperimentalno raziskavo na terenskem kalibracijskem polju ugotovili, da je mogoče s predhodno izračunanimi parametri notranje orientacije, določenimi iz dobre geometrične strukture bloka fotografij, v primerjavi s samokalibracijo, izboljšati natančnost višin v fotogrametričnem oblaku točk. Zaradi potencialne nestabilnosti parametrov notranje orientacije pa takšen pristop v praksi ni zanesljiv in se zato tudi redkeje izvaja. Vsekakor pa je predhodna kalibracija smiselna, če bi uporabili merski fotoaparati. Največja težava pri uporabi metode samokalibracije v UAV fotogrametričnih projektih je, kako zagotoviti dobre preseke slikovnih žarkov. Če značilnosti letalnika to omogočajo, je najboljša možnost, da se v blok fotografij vključijo poševni posnetki (Harwin, Lucieer in Osborn, 2015). Če pa to ni mogoče, se geometrija bloka lahko utrdi s kombinacijo različnih konfiguracij fotografranja, na primer snemanja na dveh višinah, snemanja v različnih smereh ipd. (Gerke in Przybilla, 2016). Nadaljnji pomemben pogoj za uspešnost metode samokalibracije je, da se nastavitve na fotoaparatu med fotografranjem ne spreminjajo in tudi objekt fotografranja se ne sme premikati.

S teoretičnega vidika za izvedbo samokalibracije ne potrebujemo znanih referenčnih (objektnih) koordinat, saj se lahko parametri notranje orientacije izračunajo zgolj iz geometrijsko določene oblike objekta. Če pa imamo na razpolago oslonilne točke, katerih koordinate so določene z neodvisnimi opazovanji v objektnem koordinatnem sistemu, se v izravnavi hkrati določijo parametri zunanje orientacije. Če nas zanima le pravo merilo modela, ne pa tudi njegovo geolociranje v objektnem koordinatnem sistemu, je treba poznati najmanj eno dolžino v objektnem prostoru. Pomembno je upoštevati tudi ugotovitve, da netočnost parametrov notranje orientacije povzroča znatne sistematične napake v fotogrametričnih oblakih točk in izpeljanih izdelkih (James in Robson, 2014; Carbonneau in Dietrich, 2017).

Kakovost določitve parametrov notranje orientacije in njen vpliv na kakovost pridobljenega fotogrametričnega oblaka točk sta raziskovala tudi Hastedt in Luhmann (2015), ki sta z eksperimenti dokazala, da so parametri notranje orientacije pri cenejših nemerskih fotoaparatih med seboj zelo korelirani, kar je posledica nestabilnosti posameznih komponent teh fotoaparatorov. Korelacija se pogosto pojavi tudi med goriščno razdaljo, položajem glavne točke in parametri zunanje orientacije (Luhmann et al., 2014), kar pomeni, da se lahko slabo izmerjene objektno ali slikovne koordinate oslonilnih točk odrazijo na notranji orientaciji fotoaparata. Koreliranost parametrov lahko zmanjšamo s fotografranjem z različnih višin, uporabo prečnih pasov in s poševnimi fotografijami. Z obsežnimi eksperimenti sta James in Robson (2014) nadalje dokazala, da je mogoče z večjim številom primerno razporejenih oslonilnih točk znatno zmanjšati vpliv sistematičnih pogreškov pri samokalibraciji. Če v izravnavo bloka posnetkov niso vključili oslonilnih točk, se je pogrešek določitve radialne distorzije v postopku kalibracije močno izrazil kot sistematični pogrešek digitalnega modela reliefa, ki ima obliko (vbočene ali izbočene) kupole (angl. *doming effect*). To pomeni, da se teren, ki je v resnici raven, modelira v obliki kupole. Za odstranitev ali vsaj zmanjšanje tega vpliva navedena avtorja predlagata vključitev enakomerno razporejenih oslonilnih točk v izravnavo, tako na sredini študijskega območja kot na njegovih robovih, in uporabo poševnih fotografij.

Cilj nekaterih raziskav je bil tudi ugotavljanje časovne stabilnosti parametrov notranje orientacije fotoaparatorov. Cramer, Przybilla in Zurhorts (2017) so med seboj primerjali vrednosti kalibracijskih parametrov, ki so jih določili z večkratno kalibracijo. Primerjavo so izvedli za več različnih nemerskih digitalnih fotoaparatorov, in sicer za kompaktni, brezzrcalni in zrcalno-refleksni fotoaparati ter rezultate primerjali z merskim fotoaparatom. Po večkratni izvedbi kalibracije v laboratoriju ob nadzorovanih

razmerah snemanja so ugotovili, da se pri vseh nemerskih fotoaparatih parametri notranje orientacije med več zaporednimi kalibracijami razlikujejo, iz česar lahko sklepamo o mehanski nestabilnosti testiranih fotoaparatorov.

Zaradi optičnih distorzij na fotografijah se močno poslabša položajna točnost končnih fotogrametričnih izdelkov. Radialna distorzija, katere vpliv je običajno največji, je močno odvisna od goriščne razdalje. Z zmanjševanjem goriščne razdalje povečamo zorni kot, hkrati pa povečamo radialno distorzijo in zmanjšamo merilo zajete podobe. Ta učinek je najbolj opazen pri ekstremno širokokotnih (angl. *fish-eye*) objektivih, ki imajo izjemno širok zorni kot, kar omogoča hitrejši zajem večjih snemalnih območij, a so fotografije zaradi prisotnosti distorzij močno popačene in so vrednosti GSD na istem posnetku zelo različne (Strecha et al., 2015). Za doseg ustreznih položajnih točnosti fotogrametričnega izdelka moramo zagotoviti ustrezno kalibracijo optičnih distorzij in te v nadaljnji obdelavi upoštevati (odpraviti). V splošnem velja, da je pri izbiri objektiva za fotogrametrična snemanja primerneje izbrati objektiv s fiksno goriščno razdaljo in nastavitve fiksnega fokusa, s čimer zmanjšamo vpliv spreminjajoče goriščne razdalje in se izognemo neostrim fotografijam (Mosbrucker et al., 2017).

4 DEJAVNIKI VPLIVA, POVEZANI Z NAČRTOVANJEM IN IZVEDBO SNEMALNE MISIJE

Glavni dejavniki vpliva na kakovost UAV izdelkov, ki so povezani s snemalno misijo, so prostorska ločljivost fotografij, višina leta in prekrivanje fotografij. Za dobre rezultate je treba zagotoviti tudi ustrezno zgradbo fotogrametričnega bloka, pri čemer je treba upoštevati zahteve za uspešno izvedbo samokalibracije (opisano v poglavju 3.4).

Prostorska ločljivost fotografij je zelo pomemben parameter pri načrtovanju snemanja z letalnikom. Pri izbranem fotoaparatu na prostorsko ločljivost fotografij neposredno vpliva višina leta (Nasrullah, 2016), zato avtorji raziskav svoje izsledke velikokrat podajajo glede na snemalno višino. Z različnimi programi za načrtovanje snemalne misije lahko hitro in preprosto določimo ustrezne parametre. Vpliva prostorske ločljivosti fotografij na položajno točnost izdelkov ni mogoče ločeno in jasno ovrednotiti, saj na položajno točnost izdelkov vpliva še veliko drugih dejavnikov. V večini raziskav avtorji ugotavljajo, da se z višjo višino leta položajna točnost izdelkov manjša (npr. Dandois, Olano in Ellis, 2015; Santise et al., 2014). Včasih so rezultati tudi manj jasni (Nasrullah, 2016), vendar, kot že povedano, lahko prevladajo drugi dejavniki, kot so slabše svetlobne razmere, veter, in so rezultati slabši od pričakovanih. V raziskavah, ki smo jih preučili, se največkrat izbira prostorska ločljivost fotografij v razponu od 1 do 5 centimetrov. Prostorska ločljivost fotografij določa tudi maksimalno položajno točnost izdelkov, ki jo lahko dosežemo. Ob uporabi zadostnega števila oslonilnih točk ravninska točnost izdelkov konvergira proti ± 1 GSD pri dveh do treh oslonilnih točkah na sto fotografij, višinska točnost izdelkov pa proti $\pm 1,5$ GSD pri štirih oslonilnih točkah za vsakih sto fotografij (Sanz-Ablanedo et al., 2018).

Prekrivanje oziroma preklap fotografij je naslednji zelo pomemben parameter pri načrtovanju snemanja. Prekrivanje fotografij se podaja v odstotkih glede na smer leta, in sicer vzdolžno in prečno. Prekrivanje med posnetki v vzdolžni smeri omogoča ustvarjanje stereo učinka med sosednjimi fotografijami. Prekrivanje med fotografijami v prečni smeri služi povezovanju fotografij v enoten blok. Velik odstotek prekrivanja v prečni smeri dodatno zagotavlja večjo stabilnost bloka fotografij, saj je več skupnih območij za določanje veznih točk.

Navajamo nekaj izsledkov izbranih raziskav, v katerih so analizirali vplive različnih parametrov snemalnih misij na položajno točnost izdelkov. Rock, Ries in Udelhoven (2012) so ugotovili, da višina leta vpliva na točnost izdelanega digitalnega modela površja. Na podlagi snemanj na različnih višinah od 50 do 550 metrov nad terenom so ugotovili, da položajna odstopanja na kontrolnih točkah na modelu od pravih vrednosti v splošnem naraščajo z višino leta. Na višinah med 50 in 70 metri so opazili, da se lahko pojavijo večja odstopanja od pričakovanih zaradi spremenjenih radiometričnih vrednosti na fotografijah. Nižja višina snemanja zagotavlja dobro prepoznavanje detajlov na fotografijah in končnih izdelkih. Pri tem pa se je treba zavedati, da se z letenjem na nižjih višinah podaljša čas letenja, saj je treba za pokrite zelenega območja posneti več fotografij. V daljšem času letenja je več možnosti, da se spremenijo svetlobne in druge razmere, ki vplivajo na radiometrično kakovost fotografij in posledično na kakovost slikovnega ujemanja. Z več podrobnostmi na fotografijah in velikim številom posnetkov se tudi podaljša čas fotogrametrične obdelave. Agüera-Vega, Carvajal-Ramírez in Martínez-Carricondo (2017a) so ugotovili, da ima lahko višina snemanja drugačen vpliv na ravninsko in višinsko točnost. Njihovi rezultati so pokazali, da višina leta ne vpliva bistveno na ravninsko točnost izdelkov, če je prostorska ločljivost fotografij primerna glede na zahteve položajne točnosti. Ugotovili pa so, da višina leta bolj vpliva na višinsko točnost, saj se je le-ta z višino leta zmanjševala. Do podobnih rezultatov sta prišla Udin in Ahmad (2014), ko sta primerjala položajno točnost ortofotov, zajetih na različnih višinah med 40 in 100 metri nad terenom. Tudi v tem primeru se ravninska točnost ortofota s spreminjanjem višine ni bistveno spreminjala, medtem ko se je višinska točnost digitalnega modela površja z naraščanjem višine zmanjševala.

Glede zagotavljanja zadostnega prekrivanja fotografij je treba že v fazi načrtovanja snemanja z letalnikom predvideti večje prekrivanje kot pri klasičnem letalskem snemanju, s čimer zagotovimo zadostno nadštevilnost med prekrivajočimi se fotografijami in preprečimo premajhno prekrivanje v primeru neugodnih razmer za snemanje, na primer pri sunkih vetra (Colomina in Molina, 2014; Rosnell in Honkavaara, 2012). Osnovno priporočilo je, da je treba pri snemanju z letalniki zagotoviti najmanj 70 % preklopa v vzdolžni in najmanj od 50 do 60 % v prečni smeri glede na smer letenja letalnika (Singh in Frazier, 2018).

Zelo obsežne raziskave na temo vpliva prekrivanja posnetkov na kakovost rezultatov so izvedli Dan-
dois, Olano in Ellis (2015) ter Torres-Sanchez et al. (2017). Ugotovili so, da je za doseglo zadostne
popolnosti oblaka točk in nekajcentimetske položajne točnosti, ob hkratni optimizaciji trajanja
zajema in obdelave podatkov, pri snemanju na višini od 50 do 60 metrov smiselno zagotoviti od
80- do 85-odstotno vzdolžno prekrivanje in vsaj 60-odstotno prečno prekrivanje. Če snemamo na
višji višini, je lahko vzdolžno prekrivanje še nekoliko večje (do 90 %), vendar se s tem podaljša čas
zajema istega območja, trajanje obdelave pa ni bistveno daljše. Pri višjih vrednostih prekrivanja
se zahtevnost obdelave zelo poveča, hkrati pa ne dobimo bistveno kakovostnejših rezultatov. Do
podobnih ugotovitev so prišli Rupnik et al. (2015). S povečanim prekrivanjem se sicer podaljša
čas zajema posnetkov na terenu in trajanje obdelave, a višja nadštevilnost veznih točk pripomore k
boljši točnosti rezultatov. Za praktično delo, kjer je treba upoštevati razmerje med ekonomičnostjo
snemanja in obdelave ter točnostjo izdelkov, se priporočajo vrednosti vzdolžnega prekrivanja 80 %
in prečnega prekrivanja od 60 do 70 %.

5 DEJAVNIKI VPLIVA, POVEZANI Z OSLONILNIMI TOČKAMI ZA GEOREFERENCIRANJE FOTOGRAMETRIČNEGA BLOKA

S fotogrametrično obdelavo fotografij v programih strukture iz gibanja SfM (angl. *structure from motion*) rezultate najprej pridobimo v obliki gostega fotogrametričnega oblaka točk. Pravo merilo, položaj in orientacijo tega oblaka točk dobimo, če v izravnavo SfM vključimo slikovne koordinate terenskih oslonilnih točk, katerih koordinate so določene na podlagi neodvisnih terenskih opazovanj v referenčnem koordinatnem sistemu (posredno georeferenciranje). Pomembno je, da so oslonilne točke primerno signalizirane in da so njihove koordinate določene z neodvisnimi terenskimi opazovanji z ustrezno točnostjo. Lahko pa uporabimo tudi postopek neposrednega (direktnega) georeferenciranja, pri katerem parametre zunanje orientacije pridobimo z dodatnimi senzorji za določanje položaja in orientacije, ki so nameščeni na letalniku. Podrobna obravnava neposrednega načina georeferenciranja bi bila tu preobsežna, zato smo se v naši analizi osredotočili na posredni način georeferenciranja, ki se v praksi za zdaj tudi pogosteje uporablja.

V začetnem obdobju uporabe tehnologije UAV so bile oslonilne točke uporabljene šele v drugi fazi fotogrametrične obdelave, ko se je že izdelan 3D-model na osnovi podobnostne transformacije transformiral iz modelnega v ciljni objektni koordinatni sistem. V tem primeru se pogosto zgodi, da dobimo rezultat, ki je notranje deformiran, in posledično so izdelki slabše kakovosti. Model se na oslonilnih točkah dobro prilega pravim vrednostim, z oddaljenostjo od oslonilnih točk pa se pojavijo odstopanja, kar sicer velja tudi v že opisanem primeru samokalibracije. Sodobnejši algoritmi obdelave posnetkov, zajetih z letalnikom, ki uporabljajo pristop strukture iz gibanja, omogočajo vključitev koordinat oslonilnih točk kot opazovanj neposredno v izravnavo bloka fotografij, s čimer se zmanjšajo notranje deformacije modela (Nocerino et al., 2013; Nex in Remondino, 2014; Gerke in Przybilla, 2016).

V nadaljevanju podajamo ugotovitve različnih avtorjev, ki so med drugim raziskovali vpliv števila oslonilnih točk in njihove razporeditve na kakovost rezultatov fotogrametrične obdelave, nato pa predstavimo še lasten primer raziskave na to temo.

Vpliv različnega števila oslonilnih točk na točnost izravnave bloka fotografij, ki so jo opredelili z odstopanji na kontrolnih točkah, so med drugimi raziskovali Harwin, Lucieer in Osborn (2015), Reshetyuk in Mårtensson (2016), Gindraux, Boesch in Farinotti (2018), Martínez-Carricondo et al. (2018) in Sanz-Ablanedo (2018). Testna območja so se razlikovala glede na površino in število uporabljenih oslonilnih točk, vendar je skupna in splošna ugotovitev teh raziskav, da prinaša večje število oslonilnih točk višjo točnost fotogrametričnega oblaka točk, pri čemer se izboljšanje izraziteje pozna na višinski točnosti izdelkov. Pomembno je tudi, kot smo predstavili že pri tematiki samokalibracije, da so oslonilne točke enakomerno razporejene po celotnem območju.

Število in razporeditev oslonilnih točk ne vpliva samo na kakovost izravnave bloka fotografij in pridobljenega oblaka točk, ampak posledično tudi na izdelke, ki jih pridobimo z nadaljnjo obdelavo oblaka točk. Več avtorjev je analiziralo vpliv števila oslonilnih točk na položajno točnost digitalnega modela površja. Tonkin in Midgley (2016) sta v obsežni raziskavi analizirala ponovljivost in robustnost določitve modela površja ob uporabi različnega števila oslonilnih točk. Na območju s površino 0,145 km² sta primerjala digitalne modele površja, ki so bili izdelani iz oblakov točk, georeferenciranih z različnim številom oslonilnih točk (od 3 do 101). Najslabši rezultat je bil pričakovano pri uporabi samo treh oslonilnih točk,

povečevanje števila oslonilnih točk od 4 do 101 pa ni izrazilo vplivalo na točnost modela površja, pri čemer gre razlog iskati predvsem v tem, da so bile oslonilne točke na terenu izmerjene z metodo, ki ni bistveno natančnejša od izdelanega modela površja. Ni torej pomembno le število in razporeditev oslonilnih točk, temveč tudi položajna točnost določitve njihovih koordinat v ciljnem koordinatnem sistemu, ki bi morala biti, po splošno uveljavljenih načelih zagotavljanja kakovosti, najmanj trikrat boljša od zahtevane položajne točnosti izdelkov. Doseganje višje točnosti digitalnega modela površja ob uporabi več oslonilnih točk za georeferenciranje fotografij so potrdili tudi Shahbazi et al. (2015). Dodatno svetujejo, da je treba, če ni mogoče zagotoviti zadostnega števila oslonilnih točk, zanje izbrati takšne lokacije, da so vidne na čim več posnetkih. Rezultate zelo obsežnega eksperimenta, iz katerega so izpeljana uporabna priporočila, so objavili Gindraux, Boesch in Farinotti (2017). Na treh snemalnih območjih ledenikov v švicarskih Alpah, velikih med 1,4 in 6,9 km², so analizirali vpliv števila in razporeditve oslonilnih točk na točnost digitalnega modela površja. Snemanje je bilo izvedeno z vzdolžnim prekrivanjem 80 %, prečnim prekrivanjem 75 % ter srednjo vrednostjo GSD 6 centimetrov. Iz osmih izmer v različnih časovnih obdobjih so z uporabo različnega števila oslonilnih točk izdelali preko tisoč različnih digitalnih modelov površja in jih analizirali z odstopanji na več tisoč kontrolnih točkah. S postopnim povečevanjem števila oslonilnih točk se je položajna točnost modela izboljševala, vendar le do določenega števila oziroma gostote točk, potem pa dodajanje novih točk ni prineslo bistveno večje točnosti. Avtorji so to poimenovali optimalna gostota oslonilnih točk, ki je za njihov primer za ravninsko komponento znašala 7 oslonilnih točk/km² in za višinsko komponento 17 oslonilnih točk/km². Pri tej optimalni gostoti oslonilnih točk je bila dosežena ravninska točnost od 3 do 9 centimetrov in višinska točnost od 10 do 25 centimetrov.

Tonkin in Midgley (2016) ter Gindraux, Boesch, in Farinotti (2017) so podrobneje analizirali tudi vpliv razporeditve oslonilnih točk na točnost digitalnega modela površja. Površje je bilo v objavi Tonkin in Midgley (2016) definirano z oblakom točk povprečne gostote 160 točk/m², v objavi Gindraux, Boesch, in Farinotti (2017) pa z rastrom ločljivosti 0,50 metra. Avtorji ugotavljajo, da omogoča enakomerna in dovolj gosta razporeditev oslonilnih točk homogeno točnost modela po celotnem območju, saj se s povečevanjem oddaljenosti od najbližje oslonilne točke poslabša lokalna točnost izdelanega modela površja. Odstopanja modela od pravih vrednosti so bila največja v predelih snemalnega območja, ki so bili najbolj oddaljeni od najbližje oslonilne točke. Avtorji obeh prispevkov podajajo primerljive rezultate, in sicer, da znaša na oddaljenosti 100 metrov od najbližje oslonilne točke višinsko odstopanje digitalnega modela površja okrog 10 centimetrov, medtem ko je na oddaljenosti 250 metrov to odstopanje že okrog 40 centimetrov. Podobno so ugotovili nekateri drugi avtorji, ki izpostavljajo pomen ustrezne razporeditve oslonilnih točk na zunanjem obodu snemalnega območja, hkrati pa naj bodo točke enakomerno razporejene tudi znotraj območja, predvsem na večjih snemalnih območjih, saj s tem zagotovimo boljše višinsko točnost in preprečimo notranje deformacije modela (James in Robson, 2014; Gerke in Przybilla, 2016; Coveney in Roberts, 2017; Martínez-Carricondo et al., 2018; Sanz-Ablanedo et al., 2018; Stöcker et al., 2019).

Tudi Agüera-Vega, Carvajal-Ramírez in Martínez-Carricondo (2017b) so raziskovali vpliv števila oslonilnih točk na ravninsko točnost ortofota in višinsko točnost digitalnega modela površja. Na območju velikosti 17,6 hektara so izvedli več obdelav posnetkov z upoštevanjem od 4 do 20 oslonilnih točk. Ugotovili so, da je mogoče najboljšo položajno točnost doseči pri uporabi od 15 do 20 oslonilnih točk, in sicer nekje od 3 do 4 centimetre pri ravninskih koordinatah in nekje od 5 do 6 centimetrov pri višinah. V tem primeru se je 15 oslonilnih točk izkazalo kot optimalno z vidika točnosti rezultatov in vloženega dela na

terenu. Podobno analizo so na enako velikem območju izvedli Martínez-Carricondo et al. (2018). Tudi v tem primeru se je v splošnem točnost rezultatov povečevala z dodajanjem oslonilnih točk. Avtorji so opozorili, da je pomembno oslonilne točke enakomerno razporediti po robovih obravnavanega območja, poleg tega jih je treba enakomerno razporediti tudi znotraj območja, kar vpliva predvsem na boljšo višinsko točnost. Kot optimalno število oslonilnih točk z vidika točnosti rezultatov in vložene delovne sile za izmero območja primerljive velikosti so podali vrednost od 0,5 do 1 oslonilna točka/ha. Ta vrednost je večja od prej navedenih priporočil avtorjev Gindraux, Boesch in Farinotti (2017), vendar se velikosti obravnavanih območij in drugi parametri snemanja precej razlikujejo. Za prenos ugotovitev raziskav v vsakodnevno prakso je zato zelo pomembno, da uporabimo rezultate raziskav, ki so primerljive glede velikosti območja in uporabljene opreme ter zahtevane kakovosti izdelkov.

Nekoliko drugačno raziskavo točnosti fotogrametričnih izdelkov so izvedli Galván Rangel, Gonçalves in Pérez (2018). Z vidika različnega števila in razporeditve oslonilnih točk so primerjali ustreznost izdelanega ortofota in digitalnega modela površja glede na zahteve treh ameriških standardov, ki opredeljujejo zahtevano točnost fotogrametričnega izdelka. Uporabili so standard NMAS (angl. *National Map Accuracy Standard*), standard ameriškega združenja ASPRS (angl. *American Society for Photogrammetry and Remote Sensing*) in standard NSSDA (angl. *National Standard for Spatial Data Accuracy*). Ugotovili so, da omogoča enakomerna razporeditev oslonilnih točk na robovih snemalnega območja in v njegovi notranjosti, ob upoštevanju zadostnega prekrivanja fotografij ter dovolj visoki natančnosti določitve koordinat oslonilnih točk, uporabo UAV tehnologije za izdelavo fotogrametričnih izdelkov s točnostjo, ki je skladna z zahtevami izbranih standardov. Hkrati so ugotovili, da na ravninsko točnost vplivajo predvsem točke na robovih snemalnega območja. S povečevanjem števila točk na robovih se ravninska točnost izboljšuje, dodatne točke v sredini območja pa ne pripomorejo bistveno k višji ravninski točnosti, kar je poznano že iz klasične fotogrametrije. Oslonilne točke, razporejene po notranjosti območja, pa imajo velik vpliv na višinsko točnost, kar se sklada tudi z ugotovitvami prej navedenega vira (Martínez-Carricondo et al., 2018).

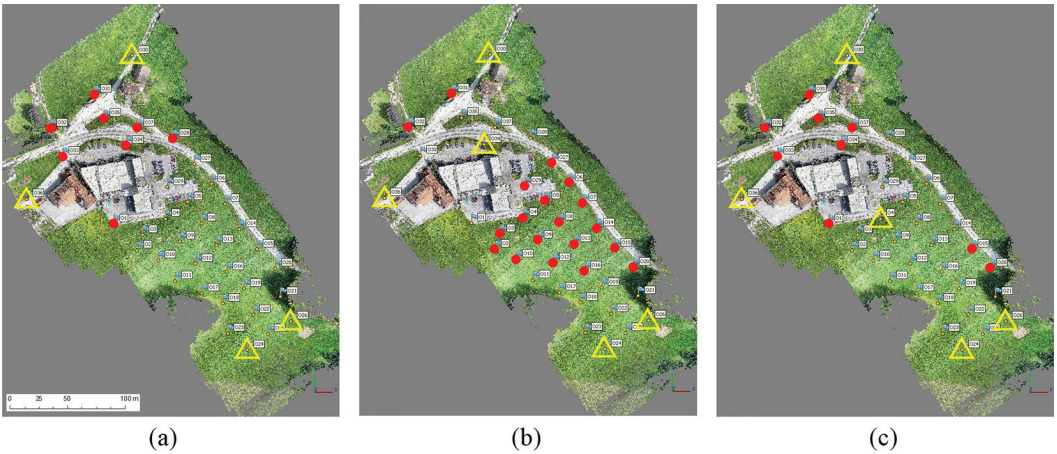
5.1 Primer analize vpliva števila in razporeditve oslonilnih točk na položajno točnost oblaka točk

Vpliv števila in razporeditve oslonilnih točk (OT) na položajno točnost oblaka točk smo raziskovali tudi na lastnem študijskem primeru, ki je del širše raziskave v okviru ciljnega raziskovalnega projekta V2-1934. Na testnem območju v Kandršah, razsežnosti približno 300 metrov x 120 metrov, smo s klasično geodetsko izmero določili koordinate 37 oslonilnih točk. Natančnosti določitve njihovih koordinat po koordinatnih komponentah (e , n , H) v državnem referenčnem koordinatnem sistemu D96/TM smo ocenili na 2,8 mm, 2,6 mm in 3,3 mm. Takšno visoko točnost referenčnih podatkov smo zagotovili zato, ker smo v eksperimentu želeli preveriti, kakšno najboljšo točnost oblaka točk lahko dosežemo. Med fotogrametrično izmero smo oslonilne točke signalizirali z belimi tarčami dimenzije 40 centimetrov x 40 centimetrov in črnim krogom s premerom 30 centimetrov v sredini tarče (slika 1a). Za izmero smo uporabili letalnik s štirimi rotorji DJI Phantom 4 Pro (slika 1b) s fotoaparatom FC6310, ki ima goriščno razdaljo 8,8 mm, velikost slikovnega senzorja 13,2 mm x 8,8 mm in geometrično ločljivost 20M pikslov. Z navpičnim načinom fotografiranja na višini 35 metrov nad terenom in vzdolžnim ter prečnim preklopom 85 % oziroma 75 % smo dobili 545 fotografij s povprečno prostorsko ločljivostjo približno en centimeter. Obdelavo

fotografij smo izvedli v programu Agisoft Metashape. Notranjo orientacijo fotoaparata smo izračunali s samokalibracijo. Meritev oslonilnih točk smo izvedli samodejno, a so bile v vseh primerih potrebne tudi ročne domeritve, saj je program posamezno oslonilno točko spoznal le na približno tretjini fotografij, na katerih je bila oslonilna točka.



Slika 1: Primer signalizirane oslonilne točke (a) in uporabljeni letalnik DJI Phantom 4 Pro (b).



Slika 2: Pomen enakomerne razporeditve oslonilnih točk za zmanjšanje učinka kupole (OT – rumeni trikotniki; KT – rdeči krogi); (a) pri štirih oslonilnih točkah v vogalih območja so največja višinska odstopanja v zgornjem delu območja; (b) dodana oslonilna točka na območju največjih odstopanj ne zagotovi izboljšanja na celem območju; (c) višinska točnost na celem območju se izboljša z dodano točko na sredini območja.

Najprej predstavljamo pomen enakomerne razporeditve oslonilnih točk. Na sliki 2 so oslonilne točke označene z rumenimi trikotniki, vse ostale točke so uporabljene kot kontrolne točke (KT), na katerih smo ocenili položajno točnost fotogrametričnega bloka. V preglednici 1 so podana največja odstopanja in koren srednjega kvadratnega pogreška RMSE (angl. *Root Mean Square Error*) (Chai in Draxler, 2014) po koordinatnih komponentah (e , n , H) kontrolnih točk glede na število in razporeditev oslonilnih točk. Pri uporabi le štirih oslonilnih točk na vogalih bloka (slika 2a) se v severnem delu bloka pojavijo večja odstopanja na kontrolnih točkah. Z rdečimi krogi so označene kontrolne točke, na katerih skupno odstopanje presega 40 milimetrov. Enostaven sklep, da lahko točnost fotogrametričnega bloka izboljšamo z dodano

oslonilno točko na območju največjih odstopanj, ne obrodi sadov, saj se učinek kupole pojavi na drugem delu bloka. Na sliki 2b so z rdečimi krogi prikazane kontrolne točke, kjer skupna odstopanja presega 40 milimetrov. Pravilnejša je enakomerna razporeditev oslonilnih točk, pri čemer peto oslonilno točko dodamo v sredino bloka. S tem izboljšamo celotno točnost fotogrametričnega bloka (zadnja vrstica v preglednici 1). Rdeči krogi na sliki 2c označujejo kontrolne točke, na katerih skupna odstopanja presega 30 milimetrov. V idealnem primeru naj bi bile oslonilne točke razporejene v trikotniško mrežo, ki minimizira največjo oddaljenost med sosednjimi oslonilnimi točkami (Sanz-Abanado et al., 2018). Gindraux, Boesch in Farinotti (2017) so z ocenjevanjem položajne točnosti digitalnega modela površja, izdelanega iz fotogrametričnega oblaka točk, potrdili tudi ugotovitve ostalih avtorjev, da se točnost digitalnega modela površja zmanjša za približno 10 centimetrov za vsakih 100 metrov oddaljenosti do najbližje oslonilne točke.

Preglednica 1: Največja odstopanja in RMSE na kontrolnih točkah v odvisnosti od števila in razporeditve oslonilnih točk

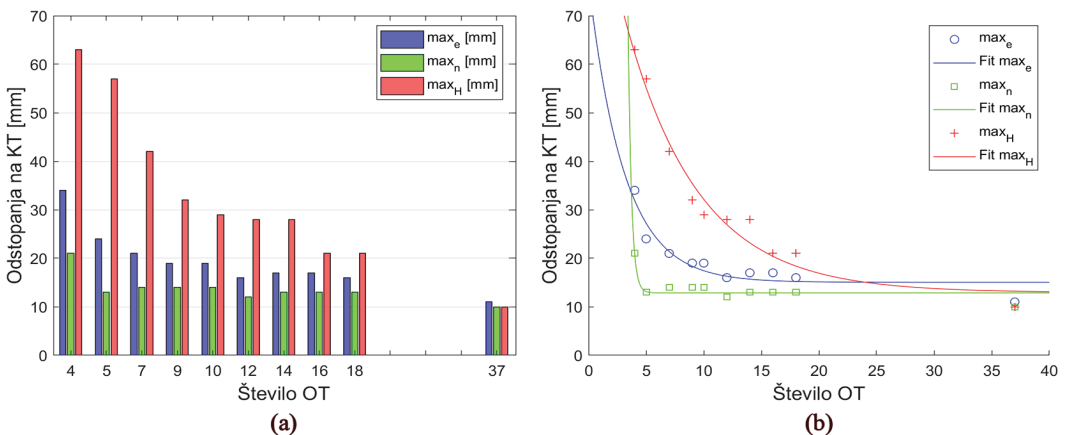
Število oslonilnih točk	max(e) [mm]	max(n) [mm]	max(H) [mm]	RMSE(e) [mm]	RMSE(n) [mm]	RMSE(H) [mm]
4	34	21	63	16	9	27
5 (razporejene neenakomerno)	28	19	73	13	8	43
5 (razporejene enakomerno)	24	13	57	10	5	23

Izboljševanje točnosti orientacije fotogrametričnega bloka z vključevanjem dodatnih oslonilnih točk prikazujeta sliki 3 in 4. Slika 3a prikazuje največja odstopanja na kontrolnih točkah, slika 4a pa RMSE kontrolnih točk po koordinatnih komponentah e , n in H . Ko je za orientacijo uporabljenih vseh 37 oslonilnih točk, so podani največji popravki in RMSE oslonilnih točk. Sliki 3b in 4b prikazujeta eksponentno naraščanje točnosti orientacije fotogrametričnega bloka. Za prilagoditev eksponentne krivulje smo uporabili enačbo (1) Gindraux, Boesch in Farinotti (2017):

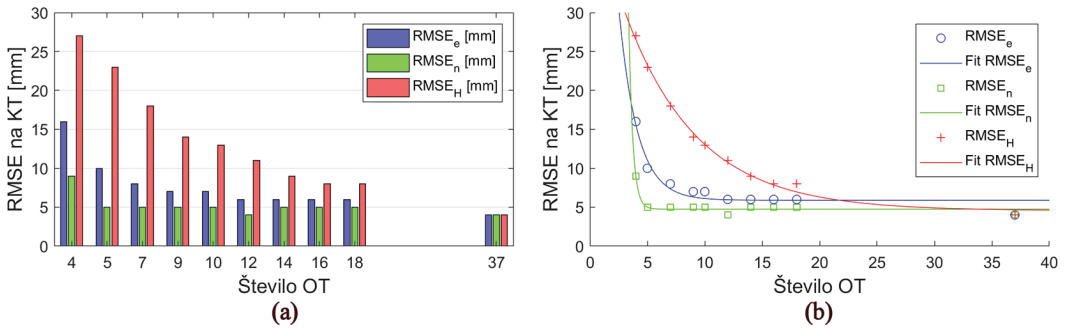
$$\sigma = a \cdot e^{-b \cdot \rho_{OT}} + c, \tag{1}$$

kjer je σ točnost (višinska oziroma ravninska), ρ_{OT} je gostota oslonilnih točk na površinsko enoto ($1 / \text{km}^2$), a , b in c so parametri eksponentne krivulje.

Opazimo, da se ravninska točnost ustali nekje pri 8 do 10 oslonilnih točkah, višinska točnost pa nekje med 15 in 20 oslonilnimi točkami.



Slika 3: Največja odstopanja na kontrolnih točkah (KT) glede na uporabljeno število oslonilnih točk (OT).



Slika 4: RMSE na kontrolnih točkah glede na uporabljeno število oslonilnih točk.

Naše ugotovite se skladajo z ugotovitvami drugih avtorjev (npr. Agüera-Vega, Carvajal-Ramírez in Martínez-Carricondo, 2017b; Martínez-Carricondo et al., 2018) v tem, da je pomembna enakomerna razporeditev oslonilnih točk po robovih in v notranjosti območja, da oslonilne točke znotraj območja pomembno vplivajo na izboljšanje višinske točnosti bloka ter da se tako ravninska kot višinska točnost ustalita pri določenem številu oslonilnih točk. Ustrezno število oslonilnih točk, ki smo ga ugotovili za pridobitev optimalne ravninske in višinske točnosti izdelkov, se sklada z ugotovitvami avtorjev Gindraux, Boesch in Farinotti (2017).

6 SKLEPNE UGOTOVITVE

Uporaba daljinsko vodenih letalnikov za izvedbo fotogrametričnega snemanja iz zraka se je že dodobra uveljavila v vsakdanji praksi v Sloveniji in svetu. Za doseganje visoke položajne točnosti in na splošno kakovosti fotogrametričnih izdelkov, ki jih pridobimo iz fotografij z letalnika, je treba dobro poznati in razumeti celoten postopek zajema in obdelave podatkov ter dejavnike, ki vplivajo na kakovost izdelkov. Ker je tema zelo obsežna, smo se v članku osredotočili na pregled in analizo izbranih dejavnikov, ki vplivajo na kakovost izdelkov UAV fotogrametrije, s poudarkom na položajni točnosti georeferenciranih fotografij in fotogrametričnega oblaka točk. Le-te smo na temelju pregledanih objav predstavili v treh skupinah, in sicer smo obravnavali dejavnike, ki so povezani z: (a) lastnostmi fotoaparata in kakovostjo fotografij, (b) načrtovanjem in izvedbo snemalne misije ter (c) oslonilnimi točkami za posreden način georeferenciranja fotografij. Pri tem smo se omejili na študije, v katerih so uporabljali letalnike, lažje od 25 kilogramov, za zajem fotografij so uporabljali optične senzorje v vidnem delu elektromagnetnega valovanja, zahtevana položajna točnost zajetih prostorskih podatkov pa je bila nekaj centimetrov (okvirno od 1 do 10 centimetrov). Zaradi najbolj široke uporabe smo analizo dodatno omejili na primere, kjer je bilo uporabljeno posredno georeferenciranje fotografij preko terensko izmerjenih oslonilnih točk. Ugotovili smo, da je objavljenih vedno več kakovostnih raziskav, ki bodisi potrjujejo že znana teoretična dejstva, na primer pomen poševnih posnetkov pri samokalibraciji, ali pa posamezne vplive dodatno eksperimentalno raziščejo. V prispevku smo predstavili tudi rezultate lastnega eksperimenta, kjer smo analizirali vpliv števila oslonilnih točk in njihove razporeditve na položajno točnost fotogrametričnega oblaka točk. Naše ugotovitve potrjujejo izsledke in priporočila drugih avtorjev, in sicer da: (a) morajo biti oslonilne točke enakomerno razporejene po obodu in notranjosti območja, (b) oslonilne točke v notranjosti območja pomembno vplivajo na izboljšanje višinske točnosti celotnega bloka in (c) se tako ravninska kot višinska točnost ustalita pri določenem številu oslonilnih točk.

Na kratko izpostavljam ključne ugotovitve in priporočila za izvajanje projektov fotogrametričnega zajema podatkov z daljinsko vodenimi letalniki. Izjemnega pomena je, da se fotografranje izvaja v dobrih svetlobnih in vremenskih razmerah ter da se upoštevajo osnovna fotografska pravila. Za kakovostne izdelke je potreben fotoaparati z ustrezno geometrično ločljivostjo senzorja in kakovostnim objektivom. S tem se lahko izognemo številnim negativnim vplivom v nadaljnji obdelavi fotografij, kar je pokazalo že veliko raziskav. Izbrati moramo primerno prostorsko ločljivost fotografij (GSD) glede na zahteve projekta, kjer sta pomembna predvsem zahtevana položajna točnost in prepoznavanje detajlov, pri čemer moramo upoštevati tudi ekonomičnost izvedbe. Prekrivanje fotografij naj bo vsaj 80-odstotno v vzdolžni smeri in od 60- do 70-odstotno v prečni smeri. Kot izrednega pomena za položajno točnost UAV fotogrametričnih izdelkov je ustrezno število oslonilnih točk, ki morajo biti primerno signalizirane, njihove koordinate v ciljnem koordinatnem sistemu pa morajo biti določene na podlagi neodvisnih terenskih opazovanj s položajno točnostjo, ki je najmanj trikrat boljša od zahtevane položajne točnosti izdelkov. Zelo pomembno je tudi, da so oslonilne točke enakomerno razporejene po robovih in notranjosti območja snemanja. Z večjim številom enakomerno razporejenih oslonilnih točk se dokazano izboljšajo rezultati samokalibracije in posredno odpravljajo nekateri sistematični vplivi, kot je na primer učinek kupole v digitalnem modelu površja. Kakovost rezultatov samokalibracije, predvsem v primeru ravnega terena, lahko izboljšamo tudi z dodajanjem prečnih pasov fotografij oziroma s fotografranjem na dveh višinah, pri čemer pa še ni dovolj raziskano, kakšne naj bodo razlike med obema višinama.

Za konec velja omeniti, da pomeni dovolj veliko število oslonilnih točk pri posrednem načinu georeferenciranja fotografij veliko dodatnega dela, zato je uporaba postopkov neposrednega georeferenciranja vse bolj aktualna. Na voljo so že kakovostne raziskave, kot so predstavljene na primer v delih Gerke in Przybilla, (2016), Benassi et al. (2017) ter Carbonneau in Dietrich (2017), ki to temo podrobneje obravnavajo in z eksperimenti pokažejo, da lahko število oslonilnih točk ob hkratni uporabi senzorjev za geolociranje in orientacijo na krovu letalnika znatno zmanjšamo.

Zelo pomembno je, da na koncu projekta ustrezno ocenimo tudi kakovost fotogrametričnih izdelkov. Kontrola položajne točnosti izdelkov mora temeljiti na oceni položajne točnosti na kontrolnih točkah in/ali na primerjavi izdelkov z referenčnim modelom, po možnosti z uporabo robustnih statističnih metod (Höhle in Höhle, 2009; Kosmatin Fras et al., 2016). Aposteriori ocena točnosti po izravnavi fotogrametričnega bloka ni dovolj zanesljiv pokazatelj dejanske točnosti in je največkrat precenjena (Sanz-Ablanedo et al., 2018).

Zahvala

Raziskovalno delo je bilo opravljeno v okviru (1) ciljnega raziskovalnega projekta V2-1934: *Ovrednotenje različnih načinov označitve katastrskih mejnikov za fotogrametrično izmero z letalnikom in analiza njihovega vpliva na položajno točnost oblaka točk in ortofota*, ki ga sofinancirata Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS) in Geodetska uprava RS pri Ministrstvu za okolje in prostor (MOP – GURS), ter (2) raziskovalnega programa P2-0406: *Opazovanje Zemlje in geoinformatika*, ki ga financira Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije iz državnega proračuna.

Literatura in viri:

Aber, J. S., Marzolf, I., Ries, J. B., Aber, S. E. W. (2019). *Small-Format aerial photography and UAS imagery*, 2nd edition. Elsevier.

Agüera-Vega, F., Carvajal-Ramírez, F., Martínez-Carricondo, P. (2017a). Accuracy of digital surface models and orthophotos derived from unmanned aerial vehicle photogrammetry. *Journal of Surveying Engineering*, 143 (2). DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)SU.1943-5428.0000206](https://doi.org/10.1061/(ASCE)SU.1943-5428.0000206)

Agüera-Vega, F., Carvajal-Ramírez, F., Martínez-Carricondo, P. (2017b). Assessment of photogrammetric mapping accuracy based on variation ground control points number using unmanned aerial vehicle. *Measurement*, 98, 221–227. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2016.12.002>

Benassi, F., Dall'Asta, E., Diotri, F., Forlani, G., Morra di Cella, U., Roncella, R., Santise, M. (2017). Testing Accuracy and Repeatability of UAV Blocks Oriented with GNSS-Supported Aerial Triangulation. *Remote Sensing*, 9, 172. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs9020172>

Brown, D. (1971). Close-range camera calibration. *Photogrammetric Engineering*, 37 (8), 855–866.

Carbonneau, P. E., Ditrich, J. T. (2017). Cost-effective non-metric photogrammetry from consumer-grade sUAS: implications for direct georeferencing of structure from motion photogrammetry. *Earth Surface Processes and Landforms*, 42 (3), 473–486. DOI: <https://doi.org/10.1002/esp.4012>

Chai, T., Draxler, R. R. (2014). Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)? —Arguments against avoiding RMSE in the literature. *Geoscientific Model Development*, 7 (3), 1247–1250. DOI: <https://doi.org/10.5194/gmd-7-1247-2014>

Clapuyt, F., Vanacker, V., van Oost, K. (2016). Reproducibility of UAV-based earth topography reconstructions based on Structure-from-Motion algorithms. *Geomorphology*, 260, 4–15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.05.011>

Colomina, I., Molina, P. (2014). Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 92, 79–97. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2014.02.013>

Coveney, S., Roberts, K. (2017). Lightweight UAV digital elevation models and orthoimagery for environmental applications: data accuracy evaluation and potential for river flood risk modelling. *International Journal of Remote Sensing*, 38 (8–10), 1–22. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431161.2017.1292074>

Cramer, M., Przybilla, H. J., Zurhorts, A. (2017). UAV cameras: Overview and geometric calibration benchmark. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII (September), 4–7. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W6-85-2017>

Dandois, J. P., Olano, M., Ellis, E. C. (2015). Optimal altitude, overlap, and weather conditions for computer vision UAV estimates of forest structure. *Remote Sensing*, 7 (10), 13895–13920. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs71013895>

Galván Rangel, M. J., Gonçalves, G. R., Pérez, J. A. (2018). The impact of number and spatial distribution of GCPs on the positional accuracy of geospatial products derived from low-cost UASs. *International Journal of Remote Sensing*, 39 (21), 7154–7171. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431161.2018.1515508>

Gerke, M., Przybilla, H.-J. (2016). Accuracy analysis of photogrammetric UAV image blocks: Influence of onboard RTK-GNSS and cross flight patterns. *Photogrammetrie - Fernerkundung - Geoinformation*, 2016 (1), 17–30. DOI: <https://doi.org/10.1127/pfg/2016/0284>

Gindraux, S., Boesch, R., Farinotti, D. (2017). Accuracy assessment of digital surface models from Unmanned Aerial Vehicles' imagery on glaciers. *Remote Sensing*, 9 (2), 1–15. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs9020186>

Grigilo, D., Uršič, M., Bone, M., Ambrožič, T., Pavlovčič Prešeren, P., Kosmatin Fras, M. (2018). Analysis of the impact of interior orientation parameters in different UAV-based image-block compositions on positional accuracy. *Metrologia i Systemy Pomiarowe*, 25, 617–629. DOI: <https://doi.org/10.24425/123897>

Harwin, S., Lucieer, A., Osborn, J. (2015). The impact of the calibration method on the accuracy of point clouds derived using unmanned aerial vehicle multi-view stereopsis. *Remote Sensing*, 7 (9), 11933–11953. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs70911933>

Hastedt, H., Luhmann, T. (2015). Investigations on the quality of the interior orientation and its impact in object space for UAV photogrammetry. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL (1/W4), 321–328. DOI: <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-1-W4-321-2015>

Höhle, J., Höhle, M. (2009). Accuracy assessment of digital elevation models by means of robust statistical methods. *ISPRS Journal of Photogrammetry and remote sensing*, 64, 398–406. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2009.02.003>

James, M. R., Robson, S. (2014). Mitigating systematic error in topographic models derived from UAV and ground-based image networks. *Earth Surface Processes and Landforms*, 39 (10), 1413–1420. DOI: <https://doi.org/10.1002/esp.3609>

Kedzierski, M., Wierzbicki, D. (2015). Radiometric quality assessment of images acquired by UAV's in various lighting and weather conditions. *Measurement*, 76, 156–169. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2015.08.003>

Kosmatin Fras, M., Kerin, A., Mesarič, M., Peterman, V., Grigilo, D. (2016). Assessment of the quality of digital terrain model produced from unmanned aerial system imagery. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLI-B1, 893–899. DOI: <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XLI-B1-893-2016>

Luhmann, T., Robson, S., Kyle, S., Boehm, J. (2014). *Close-Range Photogrammetry and 3D Imaging*. Berlin/Boston: De Gruyter.

Luhmann, T., Fraser, C., Maas, H.-G. (2016). Sensor modelling and camera calibration for close-range photogrammetry. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 115, 37–46. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2015.10.006>

Martensson, S.-G., Reshetyuk, Y. (2017). Height uncertainty in digital terrain modelling with unmanned aircraft systems. *Survey Review*, 49 (355), 312–318. DOI: <https://doi.org/10.1080/00396265.2016.1180754>

Martínez-Carricondo, P., Agüera-Vega, F., Carvajal-Ramírez, F., Mesas-Carrascosa, F.-J., García-Ferrer, A., Pérez-Porras, F.-J. (2018). Assessment of UAV-photogrammetric mapping accuracy based on variation of ground control points. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 72, 1–10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.05.015>

Meißner, H., Cramer, M., Piltz, B. (2017). Benchmarking the optical resolving power of UAV based camera. *XLII-2/W6*, 243–249. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W6-243-2017>

RECEZIRANI ČLANKI | PEER-REVIEWED ARTICLES

S | E | N

- org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W6-243-2017
- Mikrut, S. (2016). Classical photogrammetry and UAV – Selected aspects. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII(B1), 947–952. DOI: <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XLII-2-W6-243-2017>
- Mosbrucker, A. R., Major, J. J., Spicer, K. R., Pitlick, J. (2017). Camera system considerations for geomorphic applications of SfM photogrammetry. *Earth Surface Processes and Landforms*, 42 (6), 969–986. DOI: <https://doi.org/10.1002/esp.4066>
- Nasrullah, A. R. (2016). Systematic analysis of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) derived product quality. Master's Thesis, Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation of the University of Twente, Enschede.
- Nex, F., Remondino, F. (2014). UAV for 3D mapping applications: A review. *Applied Geomatics*, 6 (1), 1–15. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12518-013-0120-x>
- Nocerino, E., Menna, F., Remondino, F., Saleri, R. (2013). Accuracy and block deformation analysis in automatic UAV and terrestrial photogrammetry – lesson learnt. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, II (5/W1), 2–6. DOI: <https://doi.org/10.5194/isprsannals-II-5-W1-203-2013>
- Oštir, K. (2006). Daljinsko zaznavanje. Ljubljana, Inštitut za antropološke in prostorske študije ZRC SAZU.
- Reshetyuk, Y., Mårtensson, S. G. (2016). Generation of highly accurate digital elevation models with unmanned aerial vehicles. *Photogrammetric Record*, 31 (154), 143–165. DOI: <https://doi.org/10.1111/phor.12143>
- Rock, G., Ries, J. B., Udelhoven, T. (2012). Sensitivity analysis of UAV-photogrammetry for creating digital elevation models (DEM). *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXVIII-1/ (September), 69–73. DOI: <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XXXVIII-1-C22-69-2011>
- Rosnell, T., Honkavaara, E. (2012). Point cloud generation from aerial image data acquired by a quadcopter type micro unmanned aerial vehicle and a digital still camera. *Sensors*, 12 (1), 453–480. DOI: <https://doi.org/10.3390/s120100453>
- Rupnik, E., Nex, F., Toschi, I., Remondino, F. (2015). Aerial multi-camera systems: Accuracy and block triangulation issues. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 101 (60), 233–246. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2014.12.020>
- Santise, M., Fornari, M., Forlani, G., Roncella, R. (2014). Evaluation of DEM generation accuracy from UAS imagery. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL (5), 529–536. DOI: <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-5-529-2014>
- Sanz-Ablanedo, E., Chandler, J., Rodríguez-Pérez, J., Ordóñez, C. (2018). Accuracy of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) and SfM photogrammetry survey as a function of the number and location of ground control points used. *Remote Sensing*, 10 (1606), 1–19. DOI: <https://doi.org/10.3390/RS10101606>
- Shahbazi, M., Sohn, G., Theau, J., Menard, P. (2015). Development and evaluation of a UAV-photogrammetry system for precise 3D environmental modeling. *Sensors*, 15 (11), 27493–27524. DOI: <https://doi.org/10.3390/s151127493>
- Sieberth, T., Wackrow, R., Chandler, J. H. (2014). Influence of blur on feature matching and a geometric approach for photogrammetric deblurring. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 40 (3), 321–326. DOI: <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-3-321-2014>
- Sieberth, T., Wackrow, R., Chandler, J. H. (2015). UAV image blur-its influence and ways to correct it. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 40(1W4), 33–39. DOI: <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-1-W4-33-2015>
- Sieberth, T., Wackrow, R., Chandler, J. H. (2016). Automatic detection of blurred images in UAV image sets. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 122, 1–16. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2016.09.010>
- Singh, K. K., Frazier, A. E. (2018). A meta-analysis and review of unmanned aircraft system (UAS) imagery for terrestrial applications. *International Journal of Remote Sensing*, 39 (15-16), 5078–5098. <https://doi.org/10.1080/01431161.2017.1420941>
- Stöcker, C., Nex, F., Koeva, M., Gerke, M. (2019). UAV-based cadastral mapping: An assessment of the impact of flight parameters and ground truth measurements on the absolute accuracy of derived orthoimages. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W13, 613–617. DOI: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W13-613-2019>
- Strecha, C., Zoller, R., Rutishauser, S., Brot, B., Schneider-Zapp, K., Chovancova, V., Krull, M., Glassey, L. (2015). Quality Assessment of 3D Reconstruction Using Fisheye and Perspective Sensors. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, II-3/W4 (March), 215–222. DOI: <https://doi.org/10.5194/isprsannals-II-3-W4-215-2015>
- Tonkin, T., Midgley, N. (2016). Ground-control networks for image based surface reconstruction: An investigation of optimum survey designs using UAV derived imagery and structure-from-motion photogrammetry. *Remote Sensing*, 8 (9), 786. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs8090786>
- Torres-Sanchez, J., Lopez-Granados, F., Borra-Serrano, I., Pena, J. M. (2017). Assessing UAV-collected image overlap influence on computation time and digital surface model accuracy in olive orchards. *Precision Agriculture*, 1–19. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11119-017-9502-0>
- Udin, W. S., Ahmad, A. (2014). Assessment of photogrammetric mapping accuracy based on variation flying altitude using unmanned aerial vehicle. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 18, 1–7. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/18/1/012027>
- Vautherin, J., Rutishauser, S., Schneider-Zapp, K., Choi, H. F., Chovancova, V., Glass, A., Strecha, C. (2016). Photogrammetric accuracy and modeling of rolling shutter cameras. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, III(3), 139–146. DOI: <https://doi.org/10.5194/isprsannals-III-3-139-2016>
- Wierzbicki, D., Kedzierski, M., Fryskowska, A. (2015). Assessment of the influence of UAV image quality on the orthophoto production. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL(1/W4), 1–8. DOI: <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-1-W4-1-2015>



Kosmatin Fras M., Drešček U., Lisec A., Grigillo D. (2020). Analiza vplivov na kakovost izdelkov UAV fotogrametrije. Geodetski vestnik, 64 (4), 489–507. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2020.04.489-507>

doc. dr. Mojca Kosmatin Fras, univ. dipl. inž. geod.

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

asist. Urška Drešček, univ. dipl. inž. geod.

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

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

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

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

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

RAZDELITEV NEPREMIČNIN AGRARNIH SKUPNOSTI: MNOŽIČNA KATASTRSKA PREUREDITEV V UPRAVLJANJU ZEMLJIŠČ V SLOVENIJI

SUBDIVISION OF JOINT TENURE IN AGRICULTURAL COMMUNITIES: CUSTOMARY LAND RIGHTS MANAGEMENT IN SLOVENIA

Marjan Čeh, Helena Žužel, Simon Mansutti

UDK: UDK : 332.21:528.44(497.4)
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01
Prispelo: 29. 1. 2020
Sprejeto: 15. 11. 2020

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2020.04.508-544
SCIENTIFIC ARTICLE
Received: 29. 1. 2020
Accepted: 15. 11. 2020

IZVLEČEK

V prispevku je predstavljen postopek razdružitve nepremičnega premoženja agrarnih skupnosti kot primer množične katastrske preureditve območja agrarne skupnosti. To je skupnost lastnikov zemljišč, ki obstaja več stoletij in ima v skupni lastnini ali solastnini zemljišča v vasi oziroma njeni bližini. Take oblike lastništva zemljišč so nastale predvsem na območjih, kjer so naravne razmere in raba zemljišč narekovali skupno upravljanje in izkoriščanje zemljišč, kot je na primer skupno upravljanje gorskih gozdov. Namen raziskave je bil vsebinsko in procesno analizirati postopek razdruževanja lastnine agrarnih skupnosti. Rezultat je sistematično opisan postopek operacije razdeljevanja zemljišč agrarnih skupnosti, in sicer kot množični katastrski postopek preurejanja zemljišč: od ugotavljanja obstoječega katastrskega stanja do nove parcelne strukture zemljišč. Ob tem je proučena katastrska, organizatorska in projektantska vloga pooblaščenega inženirja geodetske stroke in geodetskega podjetja v Sloveniji. Cilj prispevka je bil oblikovati konceptualni procesni model, ki bo podlaga za optimizacijo razdeljevanja premoženja med člane skupnosti. Zaporedni potek posameznih korakov razdružitve zemljišč agrarne skupnosti je predstavljen z diagrami aktivnosti v jeziku UML. Kot študijo primera obravnavamo razdelitev premoženja Agrarne skupnosti Zgornja Sorica.

KLJUČNE BESEDE

skupna zemljišča, agrarna skupnost, tradicionalne pravice, katastrsko preurejanje, upravljanje zemljišč, množična razdružitev zemljišč, jezik UML

ABSTRACT

This paper presents the process of real estate reallocation as a mass cadastral subdivision process of agrarian communities' customary rights. The agricultural communities have existed for centuries and have been jointly owning and using the common land. Such gatherings were developed mainly due to the unique requirements deriving from land use and relief characteristics, such as joint forest management on mountain slopes. The main objective of this research has been to analyse the process of real estate subdivision, which has its legal background in Slovenian legislation. In this paper, the process of cadastral subdivision of land owned by agricultural communities is presented as a mass cadastral land subdivision process: from preparatory work to the new geometric structure of the common land. The cadastral, organisational, and engineering role of the chartered surveying engineer and the surveying company is examined. An aim of the paper is, inter alia, to develop a conceptual model of the process that will serve as a basis for optimisation, for a more just and more efficient distribution of assets among community members. The course of the individual steps of the community established land subdivision is shown with unified modelling language (UML) activity diagrams. As a case study, we have considered the subdivision of the property of the agricultural community of Zgornja Sorica in Slovenia.

KEY WORDS

common land, agrarian communities, customary rights, cadastral rearrangement, land management, mass land subdivision, unified modelling language (UML)

1 INTRODUCTION

Cadastral land rearrangements are a specific concept and a useful tool within the land administration system. We consider the land administration system to be a comprehensive system for the most detailed legal-administrative structuring of space and management of the boundaries of rights, restrictions, and responsibilities on land (Zupan et al., 2014). The unbundling of the common lands of the agricultural community (AC) is classified as one of the mass cadastral procedures of land management, for rearranging larger areas of land. The land operation in question involves the division of AC property as a consequence of taking into account the assumption of the problematic community use of forest and agricultural land and the assumption of the greater efficiency of individual land management, according to which individuals can freely dispose of their property. Agricultural communities are a traditional form of organising and managing land use in agriculture in the hilly terrain, where there is no sizeable agricultural area, in Slovenia primarily associated with livestock and forestry in the wider Alps, but also more widely (see also Cerar, Premrl and Hafner, 2016). In the narrow alpine valleys and mountain slopes, arable land and land yields were extremely limited in the past, so that mountain grazing and forest exploitation developed as a unique form of land use.

A cadastral reorganisation of land in terms of merging land into larger units and dividing land into smaller units is historically an ongoing process that adapts to changes in economic and political systems to the general interests prevailing in the current system. Cadastral procedures as a part of land management can be divided according to the scope of the treatment area and the number of considered entities into individual or mass, and in terms of content into cadastral arrangements and rearrangements (Table 1). The division of the land of AC is classified as a mass cadastral reorganisation procedure because, in addition to a larger area and a larger number of co-owners and simultaneous arrangement of a set of data (parcels), the land operation consequently ensures the homogeneous accuracy of position data (coordinates) of new and existing landmarks determined by geodetic surveying on a broader area of treatment (Čampa, 2018).

Table 1: Cadastral procedures according to the content and scope of implementation (adapted from Čampa, 2018).

Cadastral procedures Scope \ Content	Cadastral arrangements	Cadastral rearrangements
Mass process	Mass cadastral status arrangement of exiting boundaries (new cadastral survey)	New cadastre setting, Land consolidation, <i>Subdivision of joint tenure at agricultural communities</i>
Individual procedure	Individual cadastral status arrangement of the existing single boundary (parcel)	Boundary adjustment, Parcelling

The purpose of the research is to analyse the process and content of the process of separating the property of agricultural communities in Slovenia. The process of land division operation of AC is considered as a mass cadastral procedure of land redevelopment, specifically from the determination of the existing cadastral condition to the new parcel structure of the land. The cadastral and organisational role of a certified surveying engineer and a surveying company in Slovenia has been studied. The main goal was to create a conceptual process model, which can be the basis for optimising the distribution of the property of the AC in Slovenia, where it is, of course, appropriate, among community members.

2 AGRICULTURAL COMMUNITY IN THE INTERNATIONAL AND SLOVENIAN CONTEXT

In connection with land management approaches, in different countries of Europe and other parts of the world in the same time, there exist diverse interests among stakeholders, who can be holders of various real estate rights, investors and land administration systems at different levels of public administration. A relatively small number of international researchers deal with the topic of merging and dividing real estate in the domain of land management. However, with their publications, they provide insight into the continuity of changes in interests in agricultural and forest land.

2.1 International view of the agricultural community institute

The Austrian concept of 'common rural property' (*das Gemeinsame ländliche Eigentum*) was transformed into categories of Roman law as an 'agricultural community' several centuries after the phenomenon appeared. It is the joint property of the community of local farms, where the ownership is tied to the agricultural holding and not to a natural person. In the mountainous areas of Austria, the organisational forms of rural joint property are called the 'agrarian community' (German: *die Agrargemeinschaft*) and include mountain pastures and forests. In the eastern parts of Austria, such communities are called 'urbarial' communities (German: *die Urbarialgemeinschaft*), which indicates the period of their formation, i.e., the feudal period. In Austria, 10% of forest area is jointly owned by the community of local farms, i.e., agricultural communities (Weiss et al., 2015). There, it applies to all-mountain farms that in the case of inheritance, i.e., the transfer of ownership of the farm, including the forest, the farm may not be divided into several heirs, nor valued at market value, but according to productive capacity for land income. The heir can pay other heirs their shares. Since the 1950s, cooperatives of forest owners or forestry cooperatives have also been established in Austria, intended for joint work in the forest, joint purchase of forestry equipment, and joint marketing of wood (Miribung, 2020). In Upper Austria, the Forest Land Division Act (*Gesetz vom über die Teilung von Waldgrundstücken - Waldteilungsgesetz*, 1978) is presently in force; it stipulates that the size of the remaining part of the divided land must not be less than one hectare and its width must not be narrower than 40 m (see also Grüne, Hübner and Siegl, 2016).

In Italy in South Tyrol, similarly, as elsewhere in Central Europe, there was a further development of collective land ownership in the 19th century with land acquisition. In 1927, a more modern law on Public Land Use was passed there (Nequirito, 2010). In the province of Trentino, large areas of forests and pastures belonging to the community were collectively exploited. In 2019, amendments to the Provincial Public Use Act (*Legge provinciale sugli usi civici*, 2005) were adopted, including the collective rights of agricultural communities.

The Scandinavian countries have a rich tradition of land management in the field of joint ownership and management of common agricultural and forest land. Sevattal (2006) treats common land as traditional in terms of institutional reality and its impact on land use in Norway, where the sharing of pastures and forests, in particular, is a pervasive form of ownership that has been developed and maintained for centuries. Similar to Norway, common lands are known in Sweden. Ekbäck (2009) analyses different real estate rights regimes in Sweden. He justifies joint ownership of real estate as a sound form of management in order to reduce management costs in cases where a particular land use (for example forest use) represents economies of scale conditioned by the physical and technical aspects of the use in question.

In Finland, forest land is fragmented among the heirs of a large population born after World War II and are threatened by even more substantial fragmentation under 20 hectares per agricultural holding (Ripatti, 1996; Kauppi, 2016). The average size of forest real estate of an agricultural holding is only 30 hectares. The small average size of privately owned non-industrial forests is proven by logistic regression as a variable with the most significant negative impact, which adversely affects the economics of forestry. There are 334 agricultural communities in Finland, and the Act defines their management on Jointly Owned Forests (2003). The law defines the procedure for the establishment of new common ownership of forest land, which can be carried out in the process of consolidation or in a particular cadastral procedure established for this purpose. The cadastral procedure for establishing joint ownership of forests as well as their distribution is defined by the Real Estate Formation Act (1995). They perceive the positive effects of this special cadastral land operation, establishing joint forest ownership within the community (Kolis, 2016), which is much more effective compared to the forest land consolidation instrument. Joint forest ownership also provides better effects in terms of higher yields per hectare and lower management costs compared to individual ownership.

The complexity of individual and joint ownership and management of forest land on other continents is also addressed by Joralemon (1983), Behera (2006), Sarker (2009), Granier (2010), FAO (2012), Bourgeois et al., (2017), and others. The challenges of joint land management and the preservation of traditional rights in both developed and developing countries are further discussed by the authors of an extensive monograph (Haller et al., 2019), including the already mentioned Scandinavian and Alpine countries. Essential theoretical research work in the field of common land management or joint property was undoubtedly performed at the global level by Nobel Prize winner Elinor Ostrom in 2009, who presented the phenomenon of 'common land management' in a monograph (Ostrom, 1990).

2.2 Common lands and agricultural communities in Slovenia

Common lands or undivided lands belonging to settlements are common areas in the common ownership of the neighbourhood or co-ownership of fellow citizens, which is defined primarily by the joint use. In the past, the essential role of the community was emphasised. That meant the economic interdependence of families and villages, participation in workloads and also the socialising of members in a shared space. Hafner (2019) cites additional terms for common, undivided land, such as 'gmajna', sub-municipality, 'srenja', neighbourhood, corporation, community of interest, 'urbarial' community, land community, jus, consortium. From them, the current name 'agricultural community' has developed, which also has a social role, as it is a group of coexisting locals who together, in interdependence, use common areas, as emphasised (Križ, 2019), pastures for grazing, forest for harvesting thorns and logging, water resources for familiar watering places and establishing common easements as a community. Uršič Zupan (2019) emphasises that AC are one of the most reliable and lasting identities of a particular area, with the joint use of undivided land binding the village into an economic whole. The use and management of the common land were also influenced by local customs (Vilfan, 1996). Petek and Urbanc (2007) point out that in modern times, the economic importance of common land use is expected to recede at the expense of ecological, environmental, cultural and other aspects. The importance of preserving and maintaining ecological balance, biodiversity, open agricultural landscapes and cultural landscapes and the countryside, in general, is expected to come to the fore, which, among other things, threatens the increased demand

for overgrown areas for construction. These highlights are denied by the process as mentioned earlier of dividing the land of the agricultural community, as the common property is also separated due to the economic interests of the market sale of land, especially overgrown land near vital settlements.

Some agricultural communities combine their name with the word 'grazing', such as 'Agricultural grazing community Kriška planina' and 'AC Pasture community Velika planina', which indicates the fact that in some cases of AC there is a strong interest in grazing. There are also exclusively grazing communities, which are formally interest groups for common grazing, as opposed to the agricultural community, which is a community in terms of ownership. It is usually a complementary relationship between two forms of community in the same territory. For agricultural communities in Slovenia, which own mostly forest land or overgrown land and also have grazing interest, there is a problem that grazing is not allowed in the forest, which was allowed in the past and defined by the so-called servitude rights. However, in Sweden, it has recently been analytically confirmed that the production of organic meat with herds of over twenty suckler cows is more profitable on predominantly forested land not suitable for intensive plantation forestry (Kumm, Hessle, 2020).

Uršič Zupan (2019) emphasises that members in some agricultural communities would like to divide the common property and formally abolish the agricultural community. However, it is not necessary to distribute all the property of the AC among the members. As these are predominantly forest lands, AC strives to jointly maintain areas for the disposal of timber, water catchments, quarries and the like.

Problems with the willingness of members to participate also arise in the operation of dividing the common property of the agricultural community. Some members are not interested in working within the community, which is reflected in more insufficient participation in general assemblies, which are attended by about half of all members. Irregular participation of some members in community general assemblies is a significant problem because the decision-making process must be provided at various levels, depending on the importance of the content of decision-making, as required by law. One reason for low attendance may also be that members are in many cases no longer part of groups of cohabiting villagers from the same or neighbouring village, but some are alienated from the community or even strangers unknown to the community, such as heirs from distant places.

The interdependence of members on the community, conditioned by co-ownership and joint management of community property, is a possible but unjustified cause for concerns about the economics of exploitation of forest land and pastures, as evidenced by successful examples of joint ownership and management in other European countries.

The problem of the community's financial resources for the implementation of the division of property is often mentioned, as the AC must provide funds for the payment of surveying services to the surveying company, as well as for the payment of professional work performed by the Slovenian Forest Service (ZGS). Specifically, ZGS experts, through technological forest management plans, direct the preparation and construction of forest paths and skid trails, roads in the forest or outside the forest, necessary due to the new structure of plots after demarcation and are intended primarily for forest management. The abovementioned includes the maintenance of forest roads (Prah, 2012). The process of dividing the land of the AC is a complex challenge for surveyors, as it is necessary to find a unique solution for each AC that decides to divide the property for the most optimal and fair distribution of land among members, according to their shares.

The separation of common lands was first legally defined in the Austro-Hungarian Monarchy State Code in 1883 (Ribnikar, 1991). The law came into force only with its confirmation in each country separately, and in Carniola, it was called the 'Act on the Division of Common Lands and the Rights to Their Common Use and Supply'. With the approval of the provincial codes, Commissions for Agricultural Operations were established, for Carinthia in 1885, Carniola in 1887, and Styria in 1909. In the same year, the Act on the Protection of Mountain Pastures and the Promotion of the Mountain Economy was adopted, which shows a close connection between the grazing and joint agricultural activities. The nationalisation of all the property of agricultural communities, regardless of the land registry entry, took place based on the Agricultural Communities Act of 1947, which also abolished the then unified Commission for Agricultural Operations based in Ljubljana.

Below are some statistical data on agricultural communities in Slovenia. The number of ACs on the territory of present-day Slovenia is significantly smaller than it was before the nationalisation in 1947. At that time, according to available sources, there were around 1,000 of them. Agricultural communities can be legally registered by the Act on the Re-establishment of Agricultural Communities (ZPVAS, 1994). Registration by this law distinguishes two forms of ownership: first, community as a particular joint property *without* an indication of the ownership shares of the members; second, as a special co-ownership with an indication of the ownership shares of the members. Registration is finalised by an entry in the register of Agricultural communities.

In 1994, 638 agricultural communities with around 40,000 members were registered, managing about four per cent of the total land area of the Republic of Slovenia. Of these, 547 communities regained at least part of their nationalised property (Premrl, 2013).

In 2015, a new Act on Agricultural Communities (ZAgrS, 2015) was adopted due to discrepancies discovered in the previous law. This law also prescribes, similarly to the previous ZPVAS (1994), the establishment of the Register of Agricultural Communities (RAC), but by 2019 only 24 communities had registered. The law was intended to re-establish the importance of community and coexistence and joint management of natural resources. According to this law, the AC is not a legal entity, but it has procedural capacity.

The following are statistical data and characteristics of agricultural communities in Slovenia; the data refer to the situation in 2015 (Križ, 2019):

- The number of members of an individual AC is from 5 to 513. On average, an AC has 34 members.
- Most of ACs own 15 to 300 hectares of land. Some areas are large as a few 1,000 hectares.
- In 61.8% of ACs, property in denationalisation was returned in the form of co-ownership; 24.5% of communities were denationalised as joint ownership, and the rest as co-ownership and joint ownership. The municipality is present as a co-owner or joint owner in more than 40% of all agricultural communities.
- Around 10 ACs are still in the process of arranging/acquiring property.

The unbundling of the property of the ACS from the cadastral point of view in Slovenia has not been studied in detail to date; therefore, in this article, we will present for the first time the administrative procedures and surveying practice that has developed in this business area of surveying. The following

is a description of the methods and an analysis of the process of unbundling the real estate of the agricultural community, in which we will present all the crucial steps of land management that need to be carried out for its operational implementation.

3 METHODOLOGICAL FRAMEWORK

In this section, we discuss methods and approaches for conducting analyses of land subdivision of AC. In the pre-study of the topic, research methods were used, such as participation in cadastral-geodetic fieldwork of the perimeter boundary, gathering information at the general assembly of the agricultural community, interview method of operational committee members, administrative and legal experts, system analysis and process modelling method with activity diagrams in UML (Unified Modeling Language) and legislation analyses. Using the method of interviewing experts from various disciplines who are directly or indirectly involved in the process of the property division, we came to the initial information needed for systems analysis and process modelling.

We first interviewed a geodetic expert who manages the procedures of cadastral rearrangements and coordination of all phases of planning and implementation, employed in an executive geodetic company. Information on financial support for the construction of forest roads was obtained through interviews with experts from the ministry responsible for agriculture, more precisely the Sector for Agricultural Spatial Planning and Land Operations at the Ministry of Agriculture, Forestry and Food of the Republic of Slovenia. We attended the general assembly of the AC of the study case, where we posted questions to the members of the operational committee and the president of the AC in a guided interview. They revealed the process of division of common property and the role and services of the surveying company from their point of view. For additional information on AC and their activities, we conducted a guided interview with the current secretary-general of the Association of Representatives of Agricultural Communities of Slovenia (ZPASS). Relevant legal information was obtained by studying sectoral legislation.

The analysis of the process of land subdivision of AC continues with the established methodology of a unified language for UML modelling. The first version of the UML standard was issued in 1997 by the Object Management Group (OMG). UML helps to promote a better understanding of systems through various diagrams, which has already been used to model land transaction procedures (Liseč, Ferlan, & Šumrada, 2007). Each diagram provides diverse information about the system as it contains structural and behavioural aspects. UML is used in the form of diagrams to model business processes, various structures and software solutions (Liseč et al., 2008). The process of land division is presented in the article with UML activity diagrams, which also show the time sequence of individual steps.

The results of the system analysis in a unified modelling language (UML) by the preparation of members for the division of real estate and community decision-making is first discussed. The second part discusses the results from the point of view of a certified surveying engineer, contractor and coordinator of land management activities of the cadastral division of a real estate. The third part explains the relation of operational activities between the surveying company, the Slovenian Forest Service and the AC. The last part presents the results of a systematic analysis of the procedure from the point of view of the land administration system, which includes four main stakeholders: the Surveying and Mapping Authority

(SMA), the Land Registry Court, the local branch of the state General Administration Office and the local branch of the Financial Administration Office (FURS). The Agricultural community of Zgornja Sorica was considered as a case study.

4 RESULTS

The result of the analytical research work is a detailed presentation of all the steps of the implementation of the distribution of the common property of agricultural Communities. The process, which we modelled based on the studied legislation, interviews and case study analysis, is presented in detail with UML activity diagrams.

4.1 Preparation of members and decision-making of the community on the division of the real estate of AC

Introduction of the procedure of common property division includes some pre-steps. The interest in the division between eligible stakeholders is checked among the members of the AC first. Members of the AC may propose the introduction of the separation process, but they must comply with sectoral legislation. The shares of the beneficiaries' votes required to confirm the decision on the division of the AC differ according to the two laws currently in force in the field of the agricultural community (ZPVAS, 1994 and ZAgrS, 2015). Due to different definitions of shares, quorum problems can arise at the beginning of the procedure (but the problem is temporary) during the transitional period of implementation of the later legislation ZAgrS, 2015. The management of the property of the agricultural community is divided into regular management operations and operations that go beyond the framework of regular management. The latter includes any disposal of real estate as a whole, which also includes the division of property. Important information on the management of AC property that goes beyond the regular management of real estate (e.g., on the division of property) can be found in the Manual for the Application of the Agricultural Community Act (Cerar, Premrl and Hafner, 2016), namely

- The AC established under ZPVAS (1994) is subject to the rules of the Real Property Code (SPZ, 2002), which means that the consent of all co-owners (100%) must be obtained.
- In an AC established according to ZAgrS (2015), members make decisions at the general assembly of the AC, taking into account the lower level of consent concerning the ideal share; the decision on the division of property is taken by a three-quarters majority of all votes (75%) (fifth paragraph of Article 21 of the ZAgrS).

The AC of the case study was established according to the ZPVAS from 1994. There was the consent of all co-owners established. When the share of interested members is appropriate, according to the prescribed shares of consent, the AC adopts a decision on the division of joint property.

4.2 General description of cadastral-geodetic and forestry works in the process of division of AC property

The AC decision is the basis for the introduction of the division of the AC in the land cadastre system. That means a consequent decision of the Surveying and Mapping Authority (SMA) of the Republic of Slovenia.

The considered parcels of the AC on which the division will be carried out are marked in the information system of the Land Cadastre at the SMA. As marking parcels in a database, the SMA issues cadastral decision for the division of the common land of the AC. Operational cadastral works related to the division are performed by a geodetic company that is licensed to provide geodetic services. A certified engineer must approve the cadastral part of the study in the field of geodesy, and the approved study is the basis for the transfer of the new cadastral parcel subdivision to the land in reality. New fractures of land boundaries are transferred from the cadastral parcelling plan into reality based on geometric data specified in the land cadastral part of the study of the new land distribution. In the professional field of forest management, operational work for distribution, such as forest valuation, is carried out by the Slovenian Forest Service and the district forester operating in the area of the AC. The leading information bases for forest valuation are the forest management plan and the forest cultivation plan. Information on possible sources of financing the division operation by the Ministry of Agriculture, Forestry and Food, which would financially relieve future individual owners of newly defined land, is also essential. In the following, we present in more detail the operational procedure for the division of the property of the agricultural community in three substantively rounded parts.

4.2.1 Preparatory work for the introduction of the AS division procedure

When a significant proportion of members in the AC show interest in the division of joint property, extensive preparatory work begins (, which relates mainly to the preparation or acquisition of the necessary documentation for issuing a decision to start a mass separation at the SMA and for the agricultural community's internal plan to fund the operation. At the general assembly of the AC, the provider of geodetic services presents the mass procedure for the division of a real estate.

The contractor obtains geometric and written data from the land cadastre system at the SMA, data on co-ownership of the AC common property, including encumbrances, at the Land Register and data on spatial planning acts at the Municipal Administration.

The AC establishes an operational committee, which cooperates with the contractor of cadastral land management during the implementation of the procedure. The members agree on the approach of land division, and the operational committee develops guidelines with the contractor for the preparation of a proposal for mass subdivision for land distribution. The proposal takes into account the ownership shares, the soil rating of the land, production capacity of forest sites and the accessibility of the sites (i.e., the course of forest roads and skid trails).

Then the provider of geodetic services prepares an extensive analysis of the existing situation, with the design of unique parts of the procedure and the new situation, which he presents in the study of the conceptual design, which consists of a textual description and a graphic part. The text contains conditions for the treatment of land related to natural features and traditional uses of the land, criteria for spatial planning according to local community regulations, planned management separate for agricultural and forest land, and measures for the protection of natural and cultural heritage. The graphic part of the conceptual design is made based on geometric data of the land cadastre system and contains the state before the procedure and the anticipated new state. The estimated costs for the planned scope of work, the time that would be required for the

implementation of individual works and the plan for financing the operation (sources, dynamics of payments) are presented.

The plots under consideration consist of a selection of real estate parcels that are co-owned; not all parcels of the AC need to be subject to the subdivision procedure. Typically, the boundaries of the perimeter of the land area in question are uncertain and not cadastral regulated, so after the official introduction of the joint property division procedure, the most likely boundaries of the perimeter are determined by the Settlement of the Land Plot Boundary Procedure.

With the beginning of the process of arranging the boundaries of the perimeter, the geodetic service provider also organises the process of selling or purchasing shares of co-ownership or joint ownership of the property between co-owners of the AC and the purchase of cadastral unregulated municipal roads. Some members have a great deal of interest in the sale or purchase of shares in the property of other members. As a result of transactions of theoretical shares of joint ownership or co-ownership, there is a reduction in the number of co-owners, so it is necessary to establish a smaller number of new plots than they would otherwise have to do in the absence of mutual property sales. The abovementioned reduces the geodetic costs of land division, as the number of new plots declines. Thus, at this stage of the project, the first optimisation of the division process is performed. If a member dies at the time of the hearing, the necessary heirs shall be sought before the distribution procedure is carried out. Search is done by the local branch of the State Administration Office.

The contractor shall cadastrally regulate the boundaries of the perimeter of the agricultural community's land in the presence of members of the agricultural community's operational committee according to the Real Estate Registration Act (ZEN, 2006). The contractor also surveys the power lines, paths and skid trails, as well as watercourses, barren and rocky land and land that will continue to be in joint ownership (for example, landfills for quick disposal and space for more extended storage of wood), within the perimeter. Land that is not suitable for individual use or that members continue to have an interest in jointly exploiting this land is thus excluded from the disintegration area. This procedure determines the actual size of the area of the AC is subdivided. Members of the AC review the proposal for mass subdivision at joint and individual meetings with a certified surveying engineer, followed by a discussion and amendment of the proposal. If the AC was established under the old ZPVAS Act (1994), all members of the community must approve the final proposal for mass subdivision with signatures, thus confirming a final concept of the new land distribution proposal.

Once the AC has approved the final property distribution proposal, the AC usually applies for a call for European funds to co-finance the construction of forest roads, in particular, forest skid trails. The agricultural community, which wants to invest in the arrangement of forest infrastructure, first consults the locally competent unit of the Slovenian Forest Service. They provide necessary information and forms according to which the project documentation for the co-financing application is prepared. The prepared application is submitted to the Agency for Agricultural Markets and Rural Development (AKTRP). If the application is complete, relevant, and fulfils the selection criteria, the AKTRP shall issue a decision on the approval of funds for co-financing forest infrastructure arrangements financed under the Rural Development Program 2014-2020 (sub-measure 8.4).

The surveying company informs the Land Registry Court and the Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia about the planned introduction of the mass parcelling procedure as a cadastral procedure. Based on the decision of the AC, the SMA records the introduction of the procedure in the land cadastre system and issues a decision on the introduction of the division procedure (Figure 2: Preparatory work for land subdivision of agricultural community joint property (UML activity diagram)).

4.2.2 Operational cadastral and forestry management

In the active part of cadastral and forestry land management within the division of AC property, the so-called cadastral and forestry management (Figure 3), the parcel boundaries of the perimeters of the considered areas are cadastral regulated, and the boundaries of those lands that will remain jointly owned by the AC are marked in nature. The area of common lands of an agricultural community, which is the subject of division, can be a geometrically rounded whole or there can be more of these areas, topologically separated parts that are scattered over a nearby geographical area, as in the case study Figure 1: Topologically separated parts of the considered area scattered over the nearby geographical area.. Outer boundaries create a geometric framework in which the division is carried out according to the selected decision-making parameters, among which the most important is the value of the forest since, in the case of the division, it is forest land.

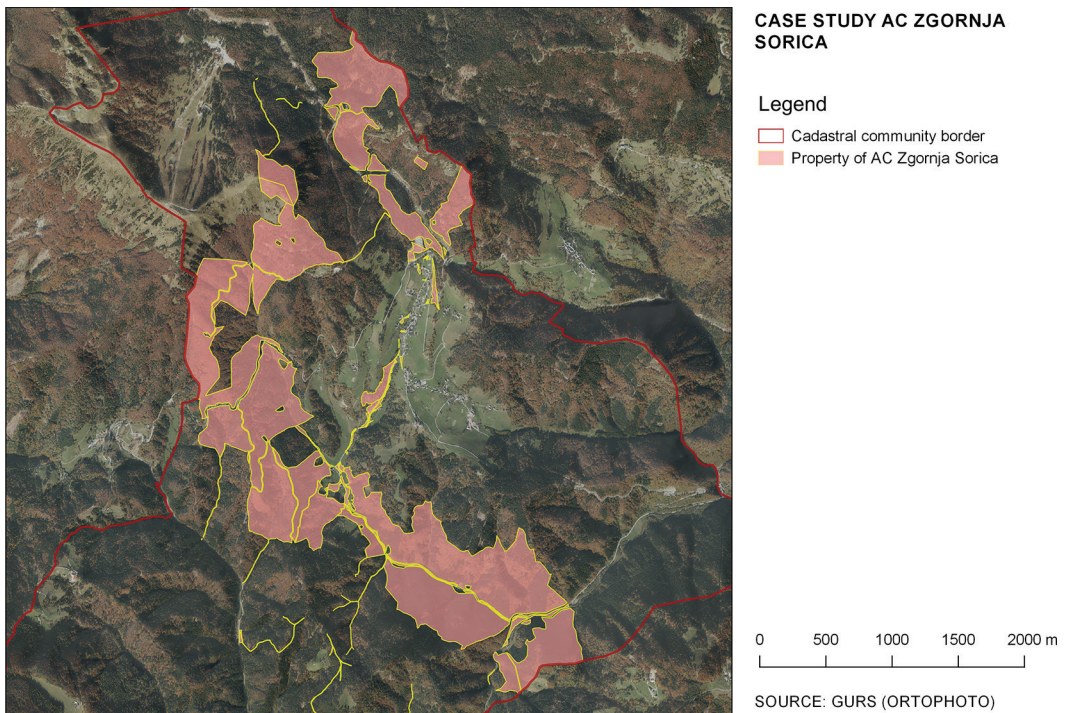


Figure 1: Topologically separated parts of the considered area scattered over the nearby geographical area.

Forest planners at the Slovenian Forest Service estimate the value of the forest which is based on the wood mass, the type of undergrowth and the type of trees growing in the area in question. In addition

to the geometric framework, the estimated values are the basis for a balanced and fair division of assets. Simultaneously with the commencement of forest valuation activities, the decision approving funds for the construction of forest roads may be issued. Members of the AC may start carrying out all necessary preparatory work for the construction of forest roads, such as felling marked trees on planned forest skid trails routes.

The Management Board of the Agricultural Community, the district forester, and the experts of the Slovenian Forest Service are stakeholders who jointly plan the course of forest roads and skid trails. Areas of timber dumps are also determined in parallel. Planners from the competent forest institute prepare a forest management plan in which they determine the priority areas for the preparation and construction of forest skid trails. The skid trails are specified in more detail in the technological part of the silvicultural plan, and the skid trails study is prepared. Foresters in the field mark the route of the skid trails and mark the trees to be cut down. In doing so, they issue a decision to cut down the marked trees. Once the skid trail is made, it is inspected by forest planners and taken over for management (maintenance of forest roads), and the easement of those stakeholders who will use it is entered on the parcel. The AC pays all the bills for the construction of the forest road from its funds. Upon completion of the construction of forest skid trails, it submits a request for reimbursement to the AKTRP, submitting the invoices paid to the skid trail contractor. If the application meets the conditions of the legal provisions and the AKTRP tender, the AC will be reimbursed 50% of the eligible investment costs.

In the existing land cadastral allocation process, skid trails are not defined as parcels. Therefore, the court competent for the Land Register also registers the easement of the skid trails on the land identified with the parcels on which the skid trails are located, at the same time as it enters the owners of individual plots of new plots in the land registry information system.

In order to enter the right of easement, in practice, the easement contract is accompanied by a sketch of the skid trails course with the cadastral parcels and a table of coordinates of points on the skid trails axis so that the geodetically defined skid trails course is clearly and unambiguously documented. The parcel method of recording a skid trail does not make sense, because the skid trails are too 'alive', often changing structure, which would soon no longer correspond in position to the previously measured corridor. Defining a skid trail with a separate parcel would also mean further fragmentation of parcels. The separate parcel would result in a much larger number of plots, and most of them would have an area less than 5 ha, which would mean that such plots could no longer be divided in the future due to the restriction prescribed by the Forest Act.

The proposal of the new Real Estate Cadastre Act (2019), Article 19 defines the cadastral determination of areas of a real easement, which refers to a part of real estate or its components. Therefore, there will be a possibility in the future to determine the boundaries of skid trails and wood landfills and geometrically determine a polygon with a parcel number or identifier for a part of the parcel, which could be the geometric basis for entering easements in the land register.

Components of the standard cadastral definition could be used, such as the polygonal geometry of the easement, geo-location and the formed parcel area of the easement as a part of the serving parcel. However, the use of this option is not in line with the objectives of optimising land management opera-

tions and improving the economics of land use, as this would inefficiently increase the number of newly created plots, significantly extend the total length of cadastral boundaries, and increase operating costs.

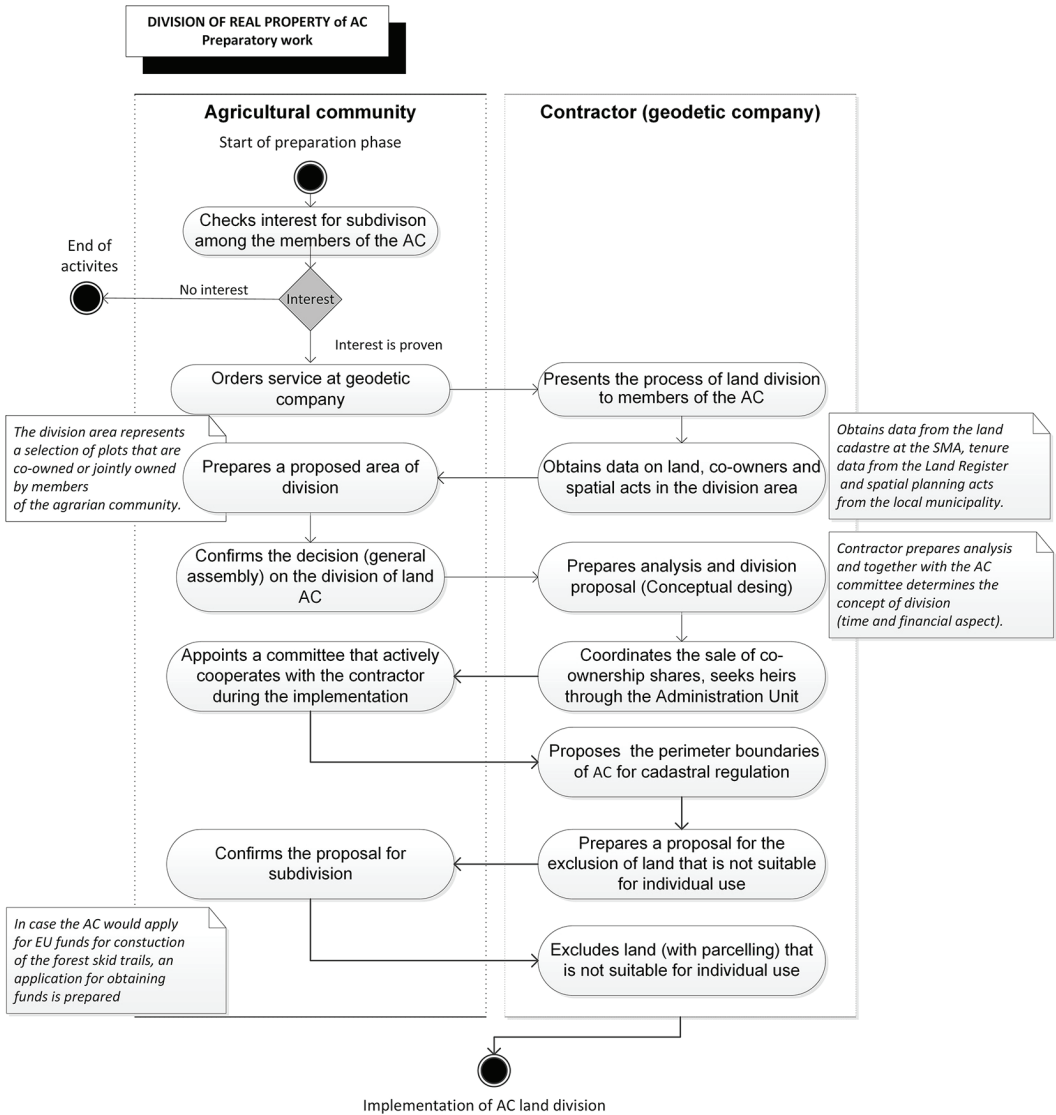


Figure 2: Preparatory work for land subdivision of agricultural community joint property (UML activity diagram).

While forestry experts and members of the AC perform forestry management tasks, the geodetic contractor is looking for an operational solution for a balanced distribution of land among the considered members of the Agricultural community. Once the solution is known, the surveyor prepares a proposal for the cadastral division of land (mass parcelling plan) and presents it to the members of the committee of the AC and consults with them. When the committee agrees with the proposed plan for the distribution of land, the remaining members of the agricultural community are invited to its official development by

invitation. Participants who do not attend the deployment are invited again. The high share of beneficiaries' participation in the deployments contributes to a simpler and faster operational implementation of the land allocation process. Of course, in order for the proposal for a new division of land to be valid, all members should agree with it, which is unusual after the first presentation of the design of the division. Members of the AC are expected to submit written or oral comments on the proposal. Most comments are usually made orally and are not the subject of records or possible minutes, which are otherwise kept by the surveyor in the process of disclosure. The participants of the presentation want to express their opinion and obtain what they desire, but they do not want to be formally exposed by written comments. Expanding and commenting can be repeated several times. After the comments have been collected, the contractor presents them again, often followed by an oral hearing. When all co-owners agree with the revised solution, the contractor also revises the previously prepared conceptual design, the so-called Study of the New Land Distribution. The study is prerequisite for obtaining funds for the construction of skid trails and serves as a basis for the registration of seals on plots in the land cadastre system and for informing the land registry court about the introduction of the division procedure. The contractor acquaints the AC with the latest version of the concept of cadastral division of land in the form of the distribution statement.

Community members sign the distribution agreement to agree with the information on the distribution statement. Comments and suggestions can even be made on the final version of the study of the new land distribution. Based on the study of the new division of land, geometrically and numerically defined parcel boundaries are transferred to reality, to land by the Real Estate Registration Act (ZEN). Landmarks mark land parcel boundaries that acquire the cadastral status of a regulated border. Members of the AC are invited in writing to become acquainted by meeting on the newly allocated land, following which, a record is kept in which individual participants sign declarations that they are aware of the course of land boundaries in nature. By this Act, they take over the newly divided state of the land into temporary possession. The temporary possession lasts until their signatures from the minutes of the meeting are notarised. The Administrative Unit issues a decision of the land cadastral part of the study of the new division of land. The parties can appeal the decision. The decision is the basis for an entry in the cadastral records. Entry is possible by showing the final state of the division only after the introduction of changes that have occurred as a result of resolving appeals against the decision on the new division. As a decision is issued, the surveying company then prepares a technical report. The report contains the cadastral situation before and after the division of land. The report also includes the procedure timeline and unique features that arose during the implementation of cadastral and geodetic works.

4.2.3 System-administrative procedures for the unbundling of AS real estate

From the point of view of the land administration system, the dividing of real estate of the agricultural community includes four main stakeholders: the Surveying and Mapping Authority, the Land Registry Court, the Financial Office (FURS), and the Administrative Unit of the Republic of Slovenia (Figure 4).

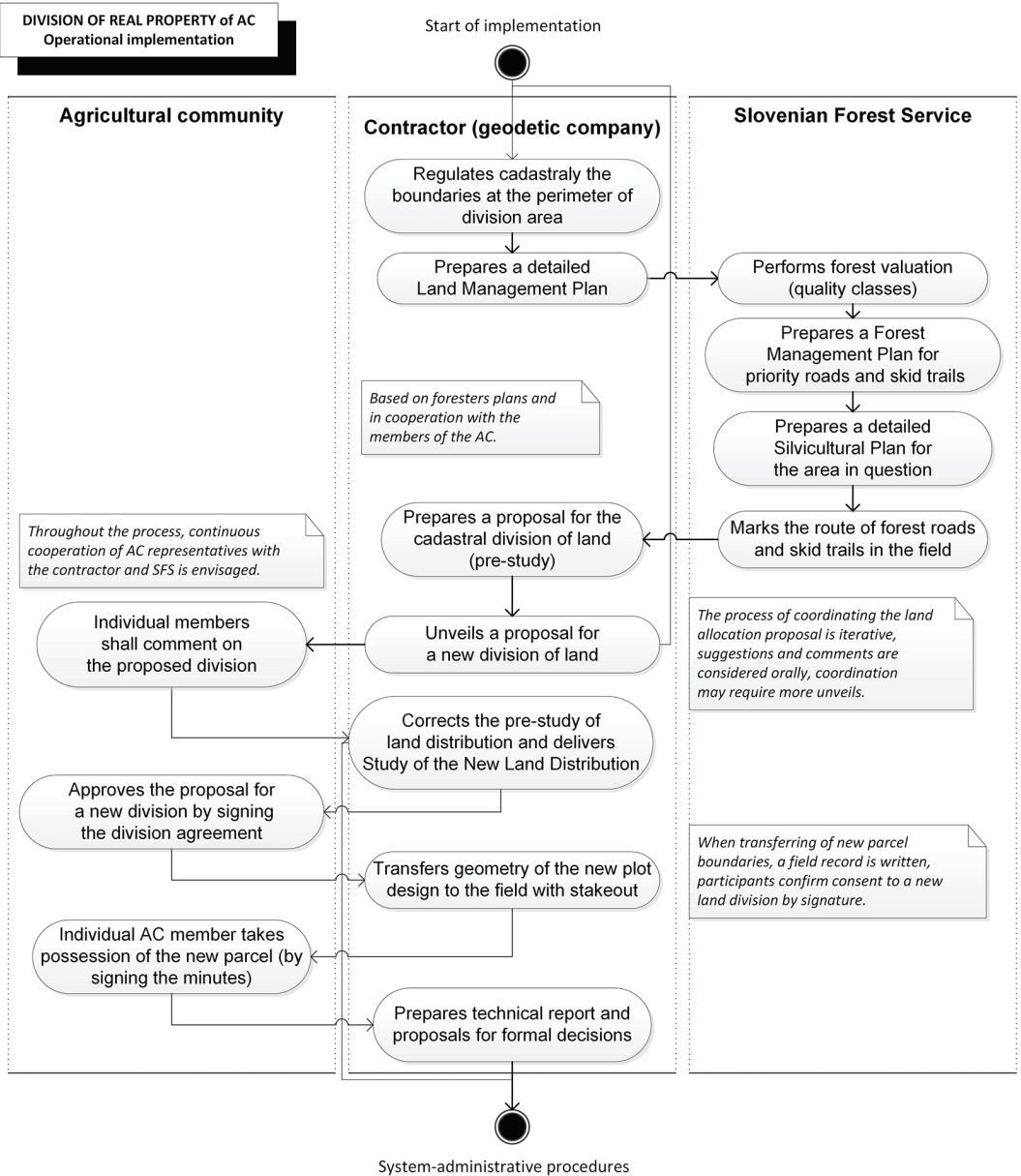


Figure 3: Implementation of the subdivision of real property of the agricultural community (UML-activity diagram).

The surveying company submits the prepared studies and the final technical report to the relevant institutions of the land administration system, which process the documents in the following order. The SMA issues a decision on the new cadastral division of land and forwards it to the State Administrative Unit, with notarised signatures of the owners. The administrative unit proposes to the Land Registry Court to register the change in the rights of landowners after the decision on the cadastral division of the area in question has become final. It shall submit copies of the land cadastral plans of the new

division of land and documents on legal transactions with land in the process of division of the land of the agricultural community. The administrative unit also forwards the final decision of the SMA to the FURS. The SMA, after the finality of its own decision, records the new cadastral condition of the land in the information system of the land cadastre. Until the registration of the ownership right in the land registry information system, the temporary owners are entered in the cadastre as data on the owners of the lands of the newly created cadastral parcels.

After receiving a final decision on the entry of new property rights from the Land Registry Court, the Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia records a new division of land with new parcels and owners in the land cadastre system, and the land boundaries receive the status of cadastral boundaries.

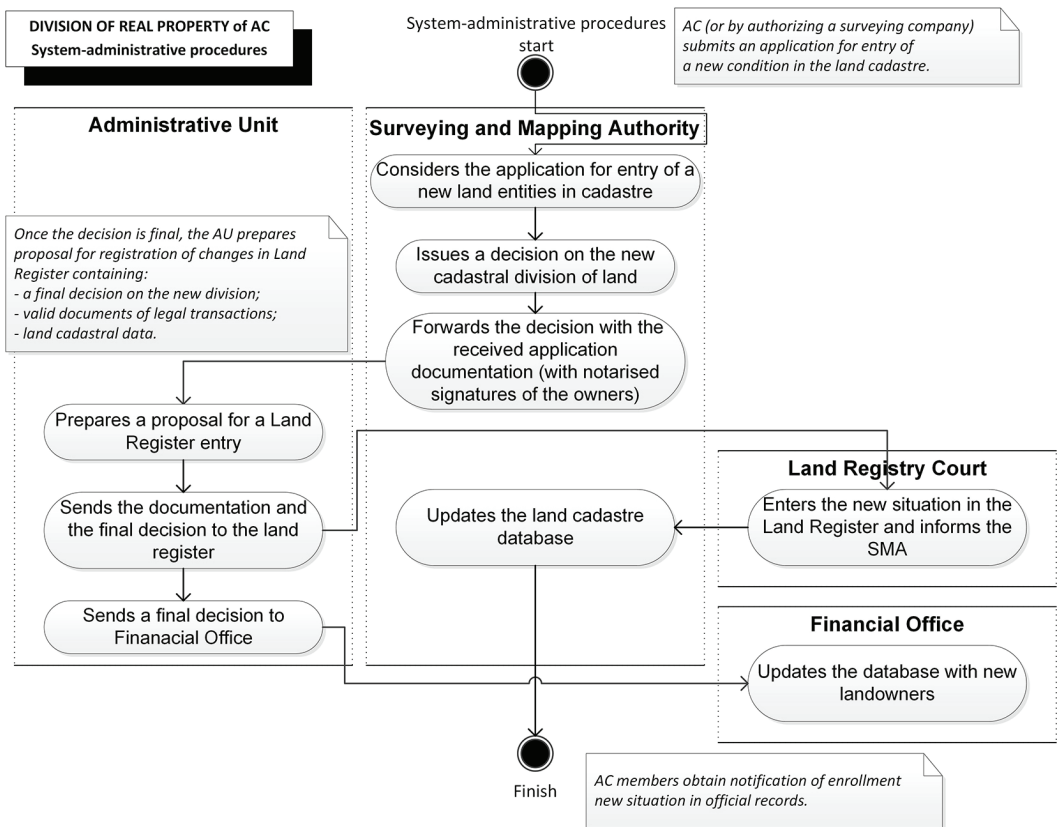


Figure 4: Involvement of the land administration system in the real estate division of AS (UML-activity diagram).

With the UML activity diagram of subdivision of real estate of AC from the point of view of the land administration system (Figure 4), we conclude the presentation of the results of the system analysis performed with models of activities in UML.

When a combined interactive approach of division in a geoinformation environment is practically implemented, an attempt is made to optimise the course of boundaries between plots so that the boundaries

are straight lines or fractures with as few breakpoints as possible. Long, straight boundaries ensure the cost-effectiveness of marking new boundaries in the field by reducing the number of boundary markers. The amount of preparatory work for marking the boundaries in the forest is thus reduced.

Modelling the locations of future new plots involves process coordination, mediation, and negotiation that takes place under the leadership of the surveyor. The process is influenced by external factors, such as terrain diversity and land-use restrictions. Non-permanent residency in the neighbourhood of some members might also be a problem. Participants can contribute constructively in the distribution process, especially in meetings organised to present information on modelling a new division of joint property, with the coordinator carefully monitoring the course of events and trying to prevent conflicts.

5 DISCUSSION AND CONCLUSION

In this paper, we have discussed in detail the land management operation, i.e., the mass cadastral procedure that rearranges the common lands of the AC by dividing the joint property or co-ownership among individual members. The common land of an AC is usually an area of lower quality compared to the surrounding land, located near village settlements, which is shared by the members of the AC; as a rule, these are common pastures or forests. Within the framework of the applicable legislation, an AC represents an association of individuals connected by the same land or real estate rights attached to it. Agricultural communities have existed for several centuries. More than 500 ACs have been preserved in Slovenia to this day, despite land reforms in previous centuries. Communities differ from each other in the type of property (joint ownership, co-ownership), the number of members, the size of the property and the legislation under which they are established and managed. In the field of AC, two laws apply: the Act on the Re-establishment of Agricultural Communities (ZPVAS, 1994) and the Agricultural Communities Act (ZAgrS, 2015). The two laws are the basis for determining the level of consent regarding the disposable shares of members required for decision-making in transactions that go beyond the regularly managed assets of the agricultural community, including the separation of immovable property of the agricultural community.

The main reason for the division of the land of AC is not only the lack of interest in participating in the AC but the legal possibility for each member to acquire land in a size proportional to his share. Thus, each individual has the possibility of independent land management, assuming better land use, and above all, a one-time capitalisation of property through the individual sale of the property after the division of common property. Sales of separated land units reach a much higher price than selling shares do.

Of course, it should be noted that the operation of unbundling the common property of the AC introduces essential changes in the management of formerly common lands. Such a solution is not always appropriate for common pastures and forests if we maintain traditional land management and cost-effective land management as offered by forms of joint ownership of property.

In Scandinavia, as we presented at the beginning of this paper, small forest plots have further proved to be a massive problem from the point of view of economics and technical implementation of forest management; therefore, additional instruments are chosen to establish larger forest owner communities for more sustainable management.

If members of the AC show interest in the division of property, extensive preparatory work begins, which relates primarily to the preparation or acquisition of the necessary documentation for the issuance of a decision on the introduction and acquisition of funds. Members of the AC who are interested in the division are attempting to secure a fair share, as they want to become independent owners of the land that they can freely dispose of and not continue to depend on the community. The members have various ideas about improving the efficiency of property exploitation, with the concept of independent ownership and thus independent management of the property with the possibility of selling it at market prices prevailing in Slovenia today, which is the primary motive for unbundling.

The process of the land division was described in this article as a land management operation. We have analysed the process from the perspective of surveyor and land administration system. The performed system analysis was presented with UML activity diagrams and used to illustrate the causal and temporal sequence of individual steps of the operation, as well as the role of individual stakeholders in such a process. In the process, the surveying company first forms two groups of land: dividing the land into those that remain part of the AC and the rest that are subject to division. Then the members of the AC and forest planners from ZGS determine the areas of the forest skid trails.

The contractor with all stakeholders is diligent, looking for a solution for the fair distribution of the land of the agricultural community. When all members of the community agree with the distribution statement of the new land, the surveyor transfers the geometric data of the new state of the land into reality. The procedure is completed when the provider of geodetic services forwards all documentation of the performed procedures to the institutions of the land administration system in order to make appropriate decisions and update the databases within their competence.

The duration of the subdivision process is significantly influenced by quantity, areas, and a number of its stakeholders. In the case study of the Agricultural community of Zgornja Sorica, we observed the phenomenon of diminishing or ceasing of the importance of group action and the transition to individualisation as a result of economic transition, increased mobility of the population, changes in mentality, especially self-sufficiency and changed social values, once held by agricultural and grazing communities.

The importance of the role of a certified surveying engineer in the operation of a cadastral reorganisation of the AC should be emphasised. The surveying company selected by the AC as the contractor for the distribution of a real estate is involved in all phases of the procedure, specifically checking the interest of members, detailed presentation of the procedure to members, various surveying works, preparation of necessary documentation, and other tasks. Additionally, the surveyor cooperates with everyone who deals with or manages the space in the area in question. Authorised geodetic engineers are the key organisers of project activities, solution designers, and a connecting, coordinating link between all stakeholders involved. The main stakeholders in the unbundling of AC land property are community members, ZGS experts, the district forester and three institutions of the land administration system (Surveying and Mapping Authority, Land Registry – Supreme Court, the Financial Administration, and the State Administrative Unit of the Republic of Slovenia).

A significant challenge for surveying companies is also unadapted software for such a complex process of cadastral land redevelopment. At present, no computer program can automatically or semi-automatically

divide the land of an agricultural community, taking into account many different factors, such as the distance of the land units in question from public roads and the skid trails or the distance from land already individually owned by members of the agricultural community, distance from members' economic facilities, forest quality (a type of forest), land use (forest, agricultural, building) and, ultimately, the individual wishes of members. Systemic solutions for balanced land distribution are, therefore, very complicated, which require additional analyses that will allow the upgrade of existing simple decision support systems.

Agricultural communities are probably the most sustainable way of organising the exploitation and management of forests, pastures and other areas in territories with limited production factors, where management is not the most economically profitable. Sociological, legal, and economic-political issues on the causes of the disintegration of AC in Slovenia are not the subject of this article.

Acknowledgement

We would like to thank the surveying company Geonaris d. o. o., the agricultural community Zgornja Sorica, and GV Založba (LEXPERA, d. o. o.), which organised a Seminar on Agricultural Communities 2019.

Literature and references:

- Act on Jointly Owned Forests [Zakon o gozdovih v skupni lastnini]. Ministry of Agriculture and Forestry, Finland, 109/2003. <http://www.finlex.fi/en/laki/kaannokset/2003/en20030109.pdf>, pridobljeno 5. 5. 2020.
- Behara, B., Engel, S. (2006). Institutional analysis of evolution of joint forest management in India: A new institutional economics approach. *Forest Policy and Economics*, 8 (4), 350–362. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2005.08.006>
- Bourgeois, R., Liswanti, N., Mukasa, C., Zamora, A., Herawati, T., Monterroso, I., Mshale, B., Banjade, M. R., Mwangi, E., Larson, A. M. (2017). Guide for co-elaboration of scenarios: Building shared understanding and joint action for reform and security of forest tenure. Bogor, Indonesia: Center for International Forestry Research (CIFOR). DOI: <https://doi.org/10.17528/cifor/006749>
- Cerar, G., Premrl, T., Hafner, A. (2016). Priročnik za uporabo Zakona o agrarnih skupnostih. Program razvoja podeželja. Ljubljana: Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Direktorat za kmetijstvo. <https://www.program-podezelja.si/sl/knjiznica/104-prirocnik-za-uporabo-zakona-o-agrarnih-skupnostih/file>, pridobljeno 15. 1. 2020.
- Čampa, A. (2018). Možnosti parcelnega preurejanja zemljišč v okviru katastrskih postopkov. [Possibilities of cadastral land re-arrangement using cadastral procedures]. Master thesis. Ljubljana: University of Ljubljana. <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpis/gradiva.php?id=103845>, accessed 15. 1. 2020.
- Ekbäck, P. (2009). Private, Common, and Open Access Property Rights in Land – An Investigation of Economic Principles and Legislation. *Nordic Journal of Surveying and Real Estate Research*, 6 (2), 57–74.
- FAO (2012). Voluntary Guidelines on the Responsible Governance of Tenure of Land, Fisheries and Forests in the Context of National Food Security, Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/3/a-i2801e.pdf>, accessed 5. 5. 2020.
- Granier, L. (2010). Are local conventions effective tools for the joint management of natural resources? Mokoro Land rights in Africa, Online Knowledge Base Natural Resource Governance around the World. http://www.agter.org/bdf/en/corpus_chemin/fiche-chemin-105.html, accessed 5. 5. 2020.
- Grüne, N., Hübner, J., Siegl, G. (2016). Institutionen und Praktiken kollektiver Ressourcennutzung in der europäischen Agrarwirtschaft. V: N. Grüne, J. Hübner, G. Siegl (ur.) *Ländliche Gemeingüter/Rural Commons: Kollektive Ressourcennutzung in der europäischen Agrarwirtschaft [Collective Use of Resources in the European Agrarian Economy]* StudienVerlag Ges.mBH. Innsbruck. <https://www.studienverlag.at/buecher/5471/laendliche-gemeinguetter-rural-commons/>, accessed 5. 5. 2020.
- Hafner, A. (2019). Umestitev lastninske pravice agrarnih skupnosti v ustavni okvir. Posvet o agrarnih skupnostih in skupni lastnini, 10. december 2019, Ljubljana.
- Haller, T., Breu, T., De Moor, T., Rohr, C., Znoj, H. (Eds.) (2019). *The Commons in a Glocal World: Global Connections and Local Responses*. London in New York: Newgen Publishing UK.
- Kauppi, A. (2016). 100 hectares are enough for profitable Jointly Owned Forest. Finnish Forest Association. forest.fi/article/100-hectares-are-enough-for-profitable-jointly-owned-forest/, accessed 15. 1.2020.
- Kolis, K. (2016). Jointly Owned Forests and Forest Land Consolidation – Increasing the Stand Size in Fragmented Areas. *Nordic Journal of Surveying and Real Estate Research*, 11 (1), 7–17. <https://journal.fi/njs/article/view/50830>, accessed 5. 2. 2020.
- Križ, K. (2019). ZAGR – postopki na upravni enoti. Posvet o agrarnih skupnostih in skupni lastnini, 10. december 2019, Ljubljana.
- Kumm, K., Hessle, A. (2020). Economic Comparison between Pasture-Based Beef Production and Afforestation of Abandoned Land in Swedish Forest Districts.

- Land, 9 (42), 1–20. DOI: <https://doi.org/10.3390/land9020042>
- Legge provinciale sugli usi civici, 2005. <https://www.consiglio.provincia.tn.it/leggi-e-archivi/codice-provinciale/Pages/legge.aspx?uid=12402>, accessed 5. 2. 2020.
- Lisec, A., Ferlan, M., Šumrada, R. (2007). Postopek transakcije ruralnih zemljišč v zapisu UML. *Geodetski vestnik*, 51 (1) 23–34.
- Lisec, A., Ferlan, M., Lobnik, F., Šumrada, R. 2008. Modelling the rural land transaction procedure, *Land Use Policy*, 25 (2), 286–297. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2007.08.003>
- MKGP (2019). Agrarne in pašne skupnosti. Ljubljana: Minsitry of Agriculture, Forestry and Food of the Republic of Slovenia. <https://www.gov.si/teme/agrarne-in-pasne-skupnosti/>, accessed 5. 2. 2020.
- Joralemon, V. (1983). Collective Land Tenure and Agricultural Development: A Polynesian Case. *Human Organization*, 42 (2), 95–105. DOI: <https://doi.org/10.17730/humo.42.2.p8x72q8897720740>
- Miribung, G. (2020). The Agricultural Cooperative in the Framework of the European Cooperative. Discussing and Comparing Issues of Cooperative Governance and Finance in Italy and Austria. <https://www.springer.com/gp/book/9783030441531>, accessed 15. 1. 2020.
- Nequirito, M. (2010). The shared mountain. The collective use of woods and pastures in Trentino from the eighteenth-century reforms to the early twentieth century. V: A. Giuffrè (ur.) *Scialoja-Bolla Archive. Annals of studies on collective property* (2). Milano: Centro Studi e Documentazione sui Demani civici e le Proprietà collettive.
- Ostrom, E. (1990). *Governing the commons*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Petek, F., Urbanc, M. (2007). Skupna zemljišča v Sloveniji. *Geografski vestnik*, 79 (2), 41–62.
- Prah, J. (2012). Gozdne vlake. *Glas dežele. Domžale*. <http://www.glasdezele.si/articles/2012/gozdne-vlake>, accessed 15. 1. 2020.
- Premrl, T. (2013). Analiza stanja agrarnih skupnosti v Sloveniji na podlagi podatkov upravnih enot: ekspertiza. Ljubljana: Gozdarski inštitut Slovenije. <https://dirros.openscience.si/lzpisGradiva.php?id=6877&lang=slv>, accessed 15. 5. 2020.
- Real Estate Formation Act [Zakon o vzpostavljanju nepremičnin]. Ministry of Agriculture and Forestry, Finland, 554/1995. https://www.finlex.fi/fi/laki/kaannokset/1995/en19950554_20030111.pdf, accessed 5. 5. 2020.
- Ribnikar, P. (1991). Komisija za agrarne operacije v Ljubljani in njeno arhivsko gradivo. *Arhivi*, 14 (1-2), 10–16.
- Ripatti, P. (1996). Factors affecting partitioning of private forest holdings in Finland. *Acta Forestalia Fennica*, 252, 1–84. DOI: <https://doi.org/10.14214/aff.7514>
- Sarker, D. (2009). Joint Forest Management: Critical Issues. *Economic & Political Weekly*, 44 (4).
- SPZ (2002). Stvarnopravni zakonik [Law of Property Code]. Official Gazette of the Republic of Slovenia No 87/2002.
- Sevatdal, H. (2006). Institutions and innovations: Property and land use in Norwegian outfields. *Norsk Geografisk Tidsskrift – Norwegian Journal of Geography*, 60 (1), 77–88. DOI: <https://doi.org/10.1080/00291950600548899>
- Uršič Zupan, M. (2019). Posvet o agrarnih skupnostih in skupni lastnini. Zdrženje predstavnikov agrarnih skupnosti Slovenije, 21. maj 2019, Ljubljana, Slovenija. <https://agrarne.si/posvet-o-agrarnih-skupnostih-in-skupni-lastnini/>, accessed 15. 1. 2020
- Vilfan, S. (1996). *Zgodovinska pravotvornost in Slovenci. Zbirka pravna obzorja* 5. Ljubljana: Cankarjeva založba.
- Waldteilungsgesetz [Austrian Forest Land Division Law]. LGBl.Nr. 28/1978. https://www.jusline.at/gesetz/ooe_wtg, accessed 5. 5. 2020.
- Weiss, G., Aggestam, F., Hogl, K., Jandl, R., Živojinović, I., Ludvig, A., Wolfslehner, B. (2015). Forest Land Ownership Change in Austria. COST Action FP1201 FACESMAP Country Report, European Forest Institute Central-East and South-East European Regional Office, Vienna. https://www.researchgate.net/publication/280528960_Forest_Land_Ownership_Change_in_Europe_COST_Action_FP1201_FACESMAP_Country_Reports_Joint_Volume, accessed 15. 1. 2020.
- ZagrS (2015). Zakon o agrarnih skupnostih [Agricultural Communities Act]. Official Gazette of the Republic of Slovenia No 74/2015.
- ZEN (2006). Zakon o evidentiranju nepremičnin [Real Estate Records Act]. Official Gazette of the Republic of Slovenia No 47/2006 with amendments.
- ZPVAS (1994). Zakon o ponovni vzpostavitvi agrarnih skupnosti ter vrnitvi njihovega premoženja in pravic [Act on reestablishment of agricultural communities and restitution of their property and rights]. Official Gazette of the Republic of Slovenia No. 5/1994 with amendments.
- Zupan, M., Lisec, A., Ferlan, M., Čeh, M. (2014). Razvojne usmeritve na področju zemljiškega katastra in zemljiške administracije [Development guidelines in the field of land cadastre and land administration]. *Geodetski vestnik*, 58 (4), 710–723. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2014.04.710-723>

Čeh M., Žužel H., Mansutti S. (2020). Subdivision of joint tenure in agricultural communities: customary land rights management in Slovenia. *Geodetski vestnik*, 64 (4), 508–544.

DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2020.04.508-544>

RAZDELITEV NEPREMIČNIN AGRARNIH SKUPNOSTI: MNOŽIČNA KATASTRSKA PREUREDITEV V UPRAVLJANJU ZEMLJIŠČ V SLOVENIJI

OSNOVNE INFORMACIJE O ČLANKU:
GLEJ STRAN 508

1 UVOD

Katastrske preureditve zemljišč so poseben koncept in uporabno orodje v sistemu zemljiške administracije. Pri tem sistem zemljiške administracije obravnavamo kot obsežen sistem za najpodrobnejše pravno-administrativno strukturiranje prostora ter upravljanje mej pravic, omejitev in odgovornosti na zemljiščih (Zupan et al., 2014). Razdružitvev zemljišč agrarne skupnosti (AS) uvrščamo med množične katastrske postopke upravljanja zemljišč, s katerimi preurejamo večja območja zemljišč. V obravnavani zemljiški operaciji gre za delitev premoženja agrarne skupnosti ob predpostavki o oteženi skupnostni izrabi gozdnih in kmetijskih zemljišč ter o večji učinkovitosti individualnega gospodarjenja z zemljišči, pri čemer lahko posamezniki svobodno razpolagajo s svojo lastnino. Agrarne skupnosti so sicer tradicionalna oblika organiziranja in upravljanja skupne rabe zemljišč v kmetijstvu v hribovitem svetu, kjer ni obsežnih kmetijskih površin, v Sloveniji so še posebej povezane z živinorejo ter gozdarstvom na širšem območju Alp, pa tudi širše (glej tudi Cerar, Premrl in Hafner, 2016). V ozkih alpskih dolinah in na gorskih pobočjih so bile že v preteklosti površine orne zemlje omejenega obsega in pridelek izjemno skromen, tako sta se kot posebni obliki gospodarjenja razvila gorska pašna živinoreja in izkoriščanje gozda.

Zgodovinsko gledano je katastrsko preurejanje zemljišč v smislu operacije združevanja zemljišč v večje enote in razdeljevanja zemljišč v manjše enote stalen proces, ki se s spremembami ekonomskih in političnih sistemov prilagaja vsakokratnim prevladujočim interesom. Katastrske postopke kot del upravljanja zemljišč lahko glede na obseg območja obravnave in število obravnavanih entitet delimo na posamične ali množične, vsebinsko pa na katastrske ureditve in preureditve (Preglednica 1: Katastrski postopki glede na vsebino in obseg izvedbe (prirejeno po Čampa, 2018)). Razdružitvev zemljišč agrarnih skupnosti uvrščamo med množične postopke katastrskega preurejanja, saj zemljiška operacija poleg večjega obsega območja in večjega števila solastnikov ter hkratne ureditve množice podatkov (parcel) zagotavlja tudi homogeno točnost položajnih podatkov (koordinat) novih in obstoječih mejnikov na lomih mej zemljiških parcel, določenih z geodetsko izmero na širšem območju obravnave (Čampa, 2018).

Preglednica 1: Katastrski postopki glede na vsebino in obseg izvedbe (prirejeno po Čampa, 2018)

Katastrski postopki	Katastrsko urejanje	Katastrsko preurejanje
Množični postopek	množično urejanje mej (nova izmera)	nastavitev katastra, komasacija, razdružitvev zemljišč AS
Posamični postopek	ureditev posameznih mej (mejna obravnava)	izravnava meje, parcelacija

Namen raziskave je procesno in vsebinsko analizirati postopek razdruževanja lastnine agrarnih skupnosti v Sloveniji. Postopek operacije razdeljevanja zemljišč agrarnih skupnosti je obravnavan kot množični katastrski postopek preurejanja zemljišč, in sicer od ugotavljanja obstoječega katastrskega stanja do nove parcelne strukture zemljišč. Ob tem je proučena katastrska in organizatorska vloga pooblaščenega inženirja geodetske stroke in geodetskega podjetja v Sloveniji. Glavni cilj je bil oblikovati konceptualni procesni model, ki je lahko podlaga za optimizacijo razdeljevanja premoženja agrarne skupnosti v Sloveniji, kjer je seveda to smotno, med člane skupnosti.

2 AGRARNA SKUPNOST V MEDNARODNEM OKOLJU IN SLOVENIJI

V povezavi s pristopi upravljanja zemljišč je v različnih evropskih državah in drugih delih sveta v istem časovnem obdobju opaziti raznolike interese med deležniki, ki so lahko nosilci raznovrstnih nepremičninskih pravic, investitorji in upravljavci sistemov zemljiške administracije na različnih ravneh javne uprave. S tematiko združevanja in razdeljevanja nepremičnega premoženja v domeni upravljanja zemljišč se ukvarja relativno malo mednarodnih raziskovalcev, ki pa s svojimi objavami omogočajo vpogled v stalnost sprememb interesov na kmetijskih in gozdnih zemljiščih.

2.1 Mednarodni pogled na institut agrarne skupnosti

Avstrijski koncept »skupne podeželske lastnine« (nem. *das gemeinsame ländliche Eigentum*, angl. *common rural property*) se je po več stoletjih, odkar je nastal, transformiral v kategorije rimskega prava kot »agrarna skupnost«. Gre za skupno lastnino skupnosti lokalnih kmetij, pri čemer je lastništvo vezano na kmetijsko gospodarstvo in ne na fizično osebo. V goratih območjih Avstrije se organizacijske oblike skupne lastnine imenujejo »agrarna skupnost« (nem. *die Agrargemeinschaft*) ter obsegajo gorske pašnike in gozdove. V vzhodnih delih Avstrije se take skupnosti imenujejo urbarialne skupnosti (nem. *die Urbargemeinschaft*), kar nakazuje na čas njihovega nastanka, to je na fevdalno obdobje. V Avstriji je 10 % gozdnih površin v skupni lasti skupnosti lokalnih kmetij, to je agrarnih skupnosti (Weiss et al., 2015). Tam velja za vse gorske kmetije, da se pri dedovanju, to je prenosu lastninske pravice kmetije, vključno z gozdom, kmetija ne sme deliti na več dedičev, niti vrednotiti po tržni vrednosti, ampak po proizvodni sposobnosti za dohodek od zemljišč, zato da je izbrani dedič sposoben izplačati druge dedne upravičence. Od petdesetih let prejšnjega stoletja so se v Avstriji začele uveljavljati tudi kooperative lastnikov gozdov oziroma gozdarske zadruge, namenjene skupnemu delu v gozdu, skupnim nakupom gozdarske strojne opreme ter skupnemu trženju lesa (Miribung, 2020). V Zgornji Avstriji je danes v veljavi Zakon o delitvi gozdnih zemljišč (nem. *Gesetz vom über die Teilung von Waldgrundstücken – Waldteilungsgesetz*, 1978), ki opredeljuje, da preostali del deljenega zemljišča ne sme biti manjši od enega hektara in ne ožji od 40 metrov (glej tudi Grüne, Hübner in Siegl, 2016).

Na Južnem Tirolskem v Italiji se je podobno kot drugod po srednji Evropi kolektivno lastništvo zemljišč razmahnilo v 19. stoletju z zemljiško odvezo. Leta 1927 je bil tam sprejet sodobnejši zakon o javnih rabah zemljišč (Nequirito, 2010). V deželi Trentino so kolektivno izkoriščali velika območja gozdov in pašnikov, ki so pripadali skupnosti. Leta 2019 so sprejeli amandmaje k Provincialnemu zakonu o javnih rabah (it. *Legge provinciale sugli usi civici*, 2005), vključno s kolektivnimi pravicami agrarnih skupnosti.

Skandinavske dežele imajo bogato tradicijo upravljanja zemljišč na področju skupnega lastništva ter upravljanja skupnih kmetijskih in gozdnih zemljišč. Sevattal (2006) obravnava skupna zemljišča kot tradicionalna z vidika institucionalne stvarnosti in njenega vpliva na rabo zemljišč na Norveškem. Na Norveškem je namreč skupna raba predvsem pašnikov in gozdov zelo pogosta oblika lastništva, ki se je razvijala in ohranjala več stoletij. Podobno kot na Norveškem so skupna zemljišča poznana na Švedskem. Ekbäck (2009) analizira različne ureditve nepremičninskih pravic na Švedskem. Skupno lastništvo nepremičnin utemeljuje kot upravičeno obliko gospodarjenja zaradi zmanjševanja stroškov upravljanja, ko posamezna raba zemljišč (na primer gozdna raba) pomeni ekonomijo obsega, ki je pogojena s fizičnimi in tehničnimi vidiki obravnavane rabe. Na Finskem so gozdna zemljišča lastniško razdrobljena med dediče velike populacije, rojene po drugi svetovni vojni, in jim preti še nadaljnja fragmentacija pod dvajset hektarov na kmetijsko gospodarstvo (Ripatti, 1996; Kauppi, 2016). Povprečna velikost gozdnih nepremičnin kmetijskega gospodarstva znaša le trideset hektarov. Majhna povprečna velikost neindustrijskih gozdov v zasebni lasti je z logistično regresijo dokazana kot spremenljivka z najpomembnejšim negativnim vplivom na ekonomiko gozdarstva. Na Finskem obstaja 334 agrarnih skupnosti in njihovo upravljanje opredeljuje Zakon o skupnem lastništvu gozdov (angl. *Act on Jointly Owned Forests*, 2003). Zakon opredeljuje postopek ustanovitve skupne lastnine gozdnih zemljišč, ki se lahko izvede v procesu komasacije ali v posebnem katastrskem postopku, oblikovanem za ta namen. Katastrski postopek ustanavljanja skupnega lastništva gozdov kakor tudi njihovega razdeljevanja opredeljuje Zakon o vzpostavljanju nepremičnin (angl. *Real Estate Formation Act*, 1995). V državi zaznavajo pozitivne učinke katastrskih operacij združevanja zemljišč v skupno lastništvo gozdov v okviru skupnosti (Kolis, 2016), ki je veliko učinkovitejša od instrumenta komasacije gozdnih zemljišč. Skupno lastništvo gozdov zagotavlja tudi boljše učinke z vidika hektarskih donosov in upravljaljskih stroškov kot individualno lastništvo.

Zapletenost individualnega in skupnega lastništva ter upravljanja gozdnih zemljišč na drugih celinah obravnavajo še Joralemon (1983), Behera (2006), Sarker (2009), Granier (2010), FAO (2012), Bourgeois et al. (2017) ter drugi. O izzivih upravljanja skupnih zemljišč in ohranjanja tradicionalnih pravic tako v razvitih državah kot v državah tretjega sveta razpravljajo tudi avtorji obsežne monografije (Haller et al., 2019), vključno z že omejenimi skandinavskimi državami in državami na območju Alp. Izredno pomembno teoretično raziskovalno delo na področju upravljanja skupnih zemljišč oziroma skupnega premoženja pa je zagotovo na svetovni ravni opravila leta 2009 nagrajena Nobelova nagrajenka Elinor Ostrom, ki je »upravljanje skupnih zemljišč« med drugim predstavila v znanstveni monografiji (Ostrom, 1990).

2.2 Skupna zemljišča in agrarne skupnosti v Sloveniji

Skupna območja oziroma tako imenovan nerazdeljeni, skupni »svet«, ki pripada naseljem, so zemljišča v skupni lasti soseške ali solastnini sovaščanov, ki jo opredeljuje predvsem skupna uporaba tega skupnega sveta. V preteklosti je bil poudarjen pomen skupnosti, ki je prinašala **ekonomsko soodvisnost družin in vasi, sodelovanje pri delovnih obremenitvah in tudi druženje članov na skupnem prostoru**. Hafner (2019) navaja dodatne izraze za skupna, nerazdeljena zemljišča, kot so *gmajna, podobčina, srenja, soseška, korporacija, interesna skupnost, urbarialna skupnost, zemljiška zajednica, jus, konzorcij*. Iz njih se je razvilo danes veljavno poimenovanje agrarna skupnost, ki ima tudi družbeno vlogo, saj gre za skupino sobivajočih krajanov, ki so skupaj, v soodvisnosti uporabljali skupne površine, kot so pašniki za pašo,

gozd za nabiranje dračja in sečnjo lesa, vodni viri za skupna napajališča, ter kot skupnost ustanovljali skupne služnostne pravice (Križ, 2019).

Uršič Zupan (2019) poudarja, da so agrarne skupnosti ena najbolj trdnih in trajnih identitet nekega prostora, pri čemer je skupno uživanje nerazdeljenih zemljišč vezalo vas v gospodarsko celoto. Na rabo in gospodarjenje skupnega sveta so vplivali tudi krajevni običaji (Vilfan, 1996). Petek in Urbanc (2007) poudarjata, da naj bi se v sodobnem času gospodarski pomen rabe skupnih zemljišč izgubljal veljavo zaradi ekološkega, okoljevarstvenega, kulturnega in drugih vidikov. V ospredje naj bi prihajal pomen ohranjanja in vzdrževanja ekološkega ravnovesja, biotske raznovrstnosti, odprte kmetijske pokrajine ter kulturne krajine in podeželja nasploh. Kot pa s kaže, tem načelom nasprotuje povečano povpraševanje po zaraščenih površinah za gradnjo. Razlog za obravnavani postopek delitve zemljišč agrarne skupnosti so tako marsikdaj ravno ekonomski interesi tržne odprodaje zemljišč, še posebej zaraščenih zemljišč v bližini vitalnih naselij.

Nekatere agrarne skupnosti v svoj naziv vključujejo besedo »pašna«, na primer »Agrarna pašna skupnost Kriška planina« in »Pašna skupnost Velika planina«, kar nakazuje, da imajo močan interes za pašo. Obstajajo tudi izključno pašne skupnosti, ki so formalno interesna združenja za namen skupne paše, medtem ko je agrarna skupnost lastniška. Marsikdaj se obe obliki skupnosti na istem ozemlju dopolnjujeta. Agrarne skupnosti v Sloveniji, ki imajo v lasti pretežno gozdna zemljišča ali zemljišča v zaraščanju in imajo tudi pašni interes, se srečujejo s težavo, da v gozdu paša ni dovoljena, kar je bilo v preteklosti dovoljeno in opredeljeno s tako imenovanimi služnostnimi pravicami (Kumm in Hesse, 2020).

Uršič Zupan (2019) poudarja, da bi člani v nekaterih agrarnih skupnostih skupno premoženje radi razdelili in agrarno skupnost tudi formalno ukinili. Ni pa nujno, da se med člane razdeli vse premoženje agrarne skupnosti. Ker gre za pretežno gozdna zemljišča, si agrarne skupnosti prizadevajo v skupni lasti ohraniti območja za odlaganje lesne mase, vodnih zajetij, kamnolomov in podobno. Tudi pri operaciji delitve skupnega premoženja agrarne skupnosti se pojavljajo težave, povezane s pripravljenostjo članov na sodelovanje. Nekaterih članov delovanje v skupnosti ne zanima, kar se kaže v slabši udeležbi na občnih zbiorih, kamor prihaja približno polovica vseh članov. Neredna udeležba na občnih zbiorih skupnosti pa se kaže kot težava, ko je treba za sprejemanje odločitev zagotoviti zakonsko predpisano sklepčnost v večjem ali manjšem deležu, v odvisnosti od vsebine odločanja. Eden od razlogov za slabo udeležbo je lahko tudi, da člani marsikdaj niso več del skupin sobivajočih krajanov iz iste ali sosednje vasi, ampak so nekateri odtujeni od skupnosti ali celo tujci, ki skupnosti niso poznani, na primer dediči iz oddaljenih krajev.

Pomisleki o ekonomičnosti izkoriščanja gozdnih zemljišč in pašnikov sicer lahko izvirajo iz soodvisnosti članov od skupnosti, ki ga pogojujeta solastništvo in skupno upravljanje premoženja skupnosti, vendar so neupravičeni, saj **uspešni primeri skupnega lastništva in gospodarjenja v drugih evropskih državah dokazujejo nasprotno.**

Pri tem se kot težava pogosto omenja pomanjkanje finančnih sredstev skupnosti za razdružitev premoženja, saj mora agrarna skupnost sama zagotoviti sredstva za plačilo geodetskih storitev geodetskemu podjetju, kot tudi za plačilo strokovnih del, ki jih pri razdruževanju gozdov opravi Zavod za gozdove Slovenije (ZGS). Strokovnjaki ZGS namreč na podlagi tehnoloških gozdnogospodarskih načrtov usmerjajo pripravo in gradnjo gozdnih poti in vlak, prometnic v gozdu ali zunaj gozda, potreba po katerih nastane zaradi nove strukture parcel po razdružitvi in ki so namenjene predvsem gospodarjenju z gozdom. K

temu spada tudi vzdrževanje gozdnih prometnic (Prah, 2012). Postopek razdružitve zemljišč agrarne skupnosti je za geodete zapleten izziv, saj je treba poiskati posebno rešitev za vsako agrarno skupnost, ki se odloči za razdeljevanje posesti, pri čemer se skuša zagotoviti čim bolj optimalna in pravična razdelitev zemljišč med člane glede na njihove deleže.

Razdružitev skupnih zemljišč je bila prvič zakonsko opredeljena v avstrijskem državnem zakoniku leta 1883 (Ribnikar, 1991). Zakon je postal veljaven šele s potrditvijo v vsaki deželi posebej, na Kranjskem se je imenoval Zakon o razdelbi skupnih zemljišč in uredbi dotičnih skupnih pravic do njih uživanja in oskrbovanja. S potrditvijo deželnih zakonikov so se ustanovile tudi komisije za agrarne operacije, in sicer za Koroško leta 1885, za Kranjsko leta 1887 in za Štajersko leta 1909. Istega leta je bil sprejet Zakon o varstvu planin in pospeševanju planinskega gospodarstva, kar kaže tesno povezanost obeh dejavnosti. Vse premoženje agrarnih skupnosti, ne glede na zemljiškoknjižni vpis, je bilo poddržavljeno na podlagi Zakona o agrarnih skupnostih iz leta 1947, s katerim je bila ukinjena tudi tedanja že enotna komisija za agrarne operacije s sedežem v Ljubljani.

V nadaljevanju podajamo nekaj statističnih podatkov o agrarnih skupnostih v Sloveniji. Število agrarnih skupnosti je na ozemlju današnje Slovenije bistveno manjše, kot je bilo pred podržavljanjem leta 1947. Takrat naj bi jih po dostopnih virih obstajalo okrog tisoč. Agrarna skupnost je bila lahko prvič po nacionalizaciji spet pravno opredeljena z vpisom v register agrarnih skupnosti, in sicer na podlagi Zakona o ponovni vzpostavitvi agrarnih skupnosti (ZPVAS, 1994) v dveh oblikah lastništva: kot posebna *skupna* lastnina *brez navedbe lastniških deležev* članov ali kot posebna *solastnina z navedbo lastniških deležev* članov. Leta 1994 je bilo v Sloveniji registriranih 638 agrarnih skupnosti s približno 40.000 člani, ki gospodarijo s približno štirimi odstotki zemljišč celotne površine države. Od teh je 547 skupnosti v svoje lastništvo povrnilo vsaj del nacionaliziranega premoženja (Premrl, 2013).

Leta 2015 je bil zaradi neskladij, ki so jih odkrili v prejšnjem zakonu, sprejet Zakon o agrarnih skupnostih (ZAgrS, 2015). Tudi ta zakon, podobno kot pred tem ZPVAS (1994), predpisuje vzpostavitev Registra agrarnih skupnosti (RAS), vendar se je vanj do leta 2019 vpisalo le 24 skupnosti. Z zakonom so želeli ponovno uveljaviti pomembnost skupnosti in sobivanja ter skupnega upravljanja naravnih virov. Po tem zakonu agrarna skupnost ni pravna oseba, ima pa procesno sposobnost. V nadaljevanju navajamo še druge statistične podatke in značilnosti agrarnih skupnostih v Sloveniji – podatki se nanašajo na stanje v letu 2015 (Križ, 2019):

- Število članov posamezne agrarne skupnosti je od 5 do 513. V povprečju ima agrarna skupnost 34 članov.
- Večina agrarnih skupnosti ima v lasti od 15 do 300 hektarov zemljišč. Nekatere so velike tudi nekaj tisoč hektarov.
- V 61,8 % agrarnih skupnosti je bilo premoženje z denacionalizacijo vrnjeno v obliki *solastnine*, v 24,5 % v obliki *skupne lastnine*, preostalo pa v obliki *solastnine* in *skupne lastnine*. Občina je kot *solastnik* oziroma *skupni lastnik* prisotna v več kot 40 % vseh agrarnih skupnosti.
- Okrog deset agrarnih skupnosti je še vedno v postopkih urejanja/pridobivanja premoženja.

Razdružitev premoženja agrarne skupnosti s katastrskega vidika v Sloveniji še ni bila podrobno preučena, zato bomo v tem prispevku prvič predstavili upravne postopke in geodetsko prakso, ki se je oblikovala na tem poslovnem področju geodetske stroke. Sledi opis metod in analiza postopka razdružitve nepre-

mičnega premoženja agrarne skupnosti, v kateri bomo predstavili vse pomembnejše korake upravljanja zemljišč, ki jih je treba izvesti za njeno operativno izvedbo.

3 METODOLOŠKI OKVIR

V tem razdelku obravnavamo metode in pristope za analize razdružitve zemljišč agrarnih skupnosti. V predhodni študiji tematike so bile uporabljene raziskovalne metode, kot so sodelovanje pri katastrsko-geodetskih terenskih delih ureditve meje oboda, zbiranje informacij na občnem zboru študijskega primera agrarne skupnosti, intervjuji s člani operativnega odbora, strokovnjaki upravne in pravne stroke, sistemska analiza in metoda modeliranja procesov z diagrami aktivnosti v jeziku UML (angl. *unified modelling language*) ter preučevanje zakonodaje. Z metodo intervjuja s pripadniki različnih strok, ki so posredno ali neposredno vpleteni v postopek razdružitve premoženja agrarne skupnosti, smo prišli do začetnih informacij, ki so potrebne za sistemska analizo in modeliranje procesov.

Najprej smo intervjuvali strokovnjaka geodetske stroke, zaposlenega v izvajalskem geodetskem podjetju, ki vodi postopke katastrskih preureditev ter koordinira vse faze, od načrtovanja in izvedbe do projektiranja. Informacije glede finančnih podpor za gradnjo gozdnih prometnic smo pridobili z intervjuji s strokovnjaki z ministrstva, pristojnega za kmetijstvo, natančneje iz sektorja za urejanje kmetijskega prostora in zemljiške operacije pri Ministrstvu za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano Republike Slovenije. Udeležili smo se občnega zbora agrarne skupnosti študijskega primera, kjer smo v vodenem intervjuju postavljali vprašanja članom operativnega odbora in predsedniku agrarne skupnosti. Razkrili so nam dejstva o poteku postopka razdružitve premoženja ter o vlogi in storitvah geodetskega podjetja, kot jih vidijo sami. Za dodatne informacije o agrarnih skupnostih ter njihovem delovanju smo vodeno intervjuvali generalnega sekretarja Združenja predstavnikov agrarnih skupnosti Slovenije (ZPASS). Ustrezne pravne informacije smo pridobili s študijem področne zakonodaje.

Analiza postopka razdružitve zemljišč agrarnih skupnosti se nadaljuje z uveljavljeno metodologijo poenotene jezika za modeliranje UML. Prvo različico standarda UML je leta 1997 izdalo podjetje Object Management Group (OMG). UML pripomore k boljšemu razumevanju sistemov z različnimi diagrami, kar je bilo že uporabljeno za modeliranje postopkov transakcij zemljišč (Lisec, Ferlan in Šumrada, 2007). Vsak diagram zagotavlja raznolike informacije o sistemu, saj vsebuje strukturne in vedenjske vidike. UML se v obliki diagramov uporablja za modeliranje poslovnih procesov, različnih struktur in programskih rešitev (Lisec et al., 2008). Ker je namen vsakega diagrama drugačen, je tudi pogostost uporabe posameznega diagrama in njegovih konstruktorov različna. Postopek razdružitve zemljišč je v članku ponazorjen z diagrami aktivnosti UML, s katerimi je prikazano tudi časovno sosledje posameznih korakov.

Rezultate sistemske analize opredeljujemo kot procesne modele v poenotenem jeziku za modeliranje – UML, pri čemer je najprej obravnavana priprava članov na delitev nepremičnega premoženja ter odločanje skupnosti, v drugem delu rezultati z vidika pooblaščenega inženirja geodetske stroke, izvajalca in koordinatorja aktivnosti upravljanja zemljišč katastrske razdružitve nepremičnin. V tretjem delu je pojasnjena relacija operativnih aktivnosti med geodetskim podjetjem, Zavodom za gozdove Slovenije in agrarno skupnostjo. V zadnjem delu so rezultati sistemske analize postopka z vidika sistema zemljiške administracije, ki vključuje štiri glavne deležnike, in sicer Geodetsko upravo Republike Slovenije (GURS), zemljiškoknjižno sodišče, Finančni urad Republike Slovenije (FURS) in upravno enoto. Kot študijo primera smo obravnavali agrarno skupnost Zgornja Sorica.

4 REZULTATI

Rezultat analitičnega raziskovalnega dela je podrobna predstavitev vseh korakov razdelitve skupnega premoženja agrarnih skupnosti. Postopek, ki smo ga modelirali na podlagi preučene zakonodaje, intervjujev in analize študijskega primera, je podrobno predstavljen z diagrami aktivnosti UML.

4.1 Priprava članov in odločanje skupnosti o razdružitvi nepremičnin agrarne skupnosti

Preden uvedemo postopek razdružitve premoženja agrarne skupnosti, se med njenimi člani preveri interes glede delitve premoženja med upravičene deležnike. Uvedbo postopka razdružitve lahko predlagajo člani agrarne skupnosti, vendar morajo pri tem upoštevati področno zakonodajo. Deleži glasov upravičencev, ki so potrebni za potrditev sklepa o delitvi agrarne skupnosti, se glede na oba zakona, ki sta še v veljavi na področju agrarne skupnosti (ZAgrS, 2015, in ZPVAS, 1994), razlikujejo. Zaradi različnih opredelitev deležev lahko težave s sklepčnostjo nastopijo že v začetku postopka – a tako zgolj v prehodnem obdobju pred uveljavitvijo nove zakonodaje. Upravljanje premoženja agrarne skupnosti delimo na posle rednega upravljanja in posle, ki presegajo okvire rednega upravljanja. Med slednje štejemo vsako razpolaganje z nepremičnino kot celoto, kar vključuje tudi delitev premoženja. Pomembne informacije o upravljanju premoženja agrarne skupnosti, ki presegajo redno upravljanje z nepremičninami (na primer o delitvi premoženja), lahko pridobimo v Priročniku za uporabo Zakona o agrarnih skupnostih (Cerar, Premrl in Hafner, 2016), in sicer:

- za agrarno skupnost, ki je vzpostavljena po ZPVAS (1994), veljajo pravila Stvarnopravnega zakonika (SPZ, 2002), kar pomeni, da je treba pridobiti soglasje vseh solastnikov (100 %);
- v agrarni skupnosti, ki je vzpostavljena po ZAgrS (2015), člani sprejemajo odločitve na občnem zboru agrarne skupnosti, pri čemer se upošteva nižja stopnja soglasja glede na idealni delež; odločitev o delitvi premoženja se sprejme s tričetrtinsko večino vseh glasov (75 %; peti odstavek 21. člena ZAgrS).

Agrarna skupnost študijskega primera, ki ga obravnavamo v prispevku, je bila vzpostavljena po ZPVAS iz leta 1994, torej je potrebno soglasje vseh solastnikov. Ko je soglasni delež članov glede na predpisane deleže soglasja ustrezen, agrarna skupnost sprejme sklep o delitvi premoženja.

4.2 Splošni opis katastrsko-geodetskih in gozdarskih del v postopku delitve premoženja agrarne skupnosti

Sklep agrarne skupnosti o delitvi premoženja je podlaga za uvedbo postopka delitve agrarne skupnosti v sistemu zemljiškega katastra, kar pomeni, da GURS izda *odločbo za začetek postopka delitve* ter da se v zemljiško knjigo vnese zaznamba o tem. V informacijskem sistemu zemljiškega katastra se označijo obravnavane parcele agrarne skupnosti, na katerih se bo izvedla delitev. Z označitvijo parcel v zemljiškem katastru geodetska uprava izda odločbo za začetek postopka razdružitve zemljišč agrarne skupnosti. Operativna geodetska dela v zvezi z razdružitvijo izvaja geodetsko podjetje, ki ima dovoljenje za opravljanje geodetskih storitev. Zemljiškokatastrski del elaborata mora potrditi pooblaščen inženir s področja geodezije, potrjeni elaborat je podlaga za prenos novega parcelnega stanja katastra na zemljišča v stvarnosti. Novi lomi mej zemljišč se prenesejo s parcelacijskega katastrskega načrta v stvarnost na podlagi geometričnih podatkov, ki so določeni v zemljiškokatastrskem delu *elaborata nove razdelitve zemljišč*. Na strokovnem področju gospodarjenja z gozdom operativna dela za razdelitev, kot je na primer vrednotenje gozda, izvede

Zavod za gozdove Slovenije ter revirni gozdar, ki deluje na obravnavanem območju agrarne skupnosti. Glavni informacijski podlagi za vrednotenje gozda sta gozdnogospodarski in gozdnogojitveni načrt. Pri tem so pomembne tudi informacije o možnostih za financiranje operacije razdelitve s strani ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, s čimer se razbremenijo prihodnji lastniki na novo opredeljenih zemljišč. V nadaljevanju podrobneje predstavljamo operativni postopek združitve premoženja agrarne skupnosti, in sicer v treh vsebinsko zaokroženih delih.

4.2.1 Pripravljalna dela za uvedbo postopka delitve premoženja agrarne skupnosti

Ko v agrarni skupnosti pomemben delež članov izkaže interes za delitev skupnega premoženja, se začnejo obsežna pripravljala dela, ki se nanašajo predvsem na izdelavo oziroma pridobitev ustrezne dokumentacije za izdajo *odločbe za začetek uvedbe množične razdružitve* pri geodetski upravi in internega načrta agrarne skupnosti za pridobitev sredstev za financiranje operacije. Na občnem zboru agrarne skupnosti izvajalec geodetskih storitev predstavi množični postopek delitve nepremičnega premoženja.

Izvajalec pridobi geometrične in pisne podatke iz sistema zemljiškega katastra pri geodetski upravi, podatke o solastnikih agrarne skupnosti, o njihovih nepremičninskih pravicah v agrarni skupnosti, vključno z bremenom pri zemljiški knjigi ter podatki prostorskih aktov, pri občinski upravi.

Agrarna skupnost vzpostavi ožji operativni odbor, ki med postopkom operativno sodeluje z izvajalcem katastrskega upravljanja zemljišč. Člani se dogovorijo o načinu delitve zemljišč in operativni odbor z izvajalcem oblikuje smernice za izdelavo predloga množične parcelacije za razdelitev zemljišč. Pri predlogu se upoštevajo lastniški deleži, boniteta zemljišč, rastiščni koeficient in dostopnost zemljišč – potek gozdnih poti in vlak.

Nato izvajalec geodetskih storitev pripravi obširno analizo stanja, s projektantsko zasnovo posebnih delov postopka ter novega stanja, kar predstavi v *elaboratu idejne zasnove*. Ta je sestavljen iz besedilnega in grafičnega dela. Besedilni del vsebuje pogoje za obravnavo zemljišč, ki se nanašajo na naravne posebnosti in tradicionalne rabe obravnavanih zemljišč, kriterije za urejanje prostora po predpisih lokalne skupnosti, predviden načrt gospodarjenja in rabe (za kmetijska in gozdna zemljišča), predvidene ukrepe za tehnično ureditev zemljišč ter ukrepe za varovanje naravne in kulturne dediščine. Grafični del idejne zasnove se izdela na podlagi geometričnih podatkov sistema zemljiškega katastra in vsebuje stanje pred izvedbo postopka ter predvideno novo stanje. Predstavijo se ocenjeni stroški za predvideni obseg dela, čas, ki bi bil potreben za izvedbo posameznih del, ter načrt financiranja operacije (viri, dinamika izplačil).

Območje delitve premoženja agrarne skupnosti sestavlja izbor zemljišč, ki so v solastnini – obravnavane parcele; ni nujno, da so predmet postopka delitve vse parcele agrarne skupnosti. Običajno meje oboda obravnavanega območja zemljišč niso katastrsko urejene, zato se po uradni uvedbi postopka združitve z odločbo o začetku postopka razdelitve te najprej katastrsko uredijo s postopkom ureditve meje.

Z začetkom postopka urejanja mej oboda izvajalec geodetskih storitev organizira tudi postopek prodaj oziroma nakupov deležev solastnine oziroma skupne lastnine obravnavanih parcel med solastniki agrarne skupnosti ter odkup katastrsko neurejenih (neodmerjenih) občinskih cest. Po dosedanjih izkušnjah obstaja med člani agrarne skupnosti zelo veliko zanimanje za prodajo oziroma nakup deležev lastnine drugih članov agrarne skupnosti. Zaradi transakcij teoretičnih deležev skupne lastnine oziroma solastnine se

zmanjša število solastnikov, torej je treba dejansko vzpostaviti manj novih parcel, kakor bi jih morali, če ne bi bilo medsebojnih kupoprodaj premoženja. S tem se zmanjšajo tudi geodetski stroški delitve zemljišč, kolikor manjše je namreč število novih parcel, toliko lažja je izvedba katastrskih postopkov. Torej se v tej fazi projekta izvede prva optimizacija postopka delitve. Če kateri od članov agrarne skupnosti med obravnavo umre, se pred izvedbo postopka razdelitve poiščejo nujni dediči. Za to poskrbi upravna enota.

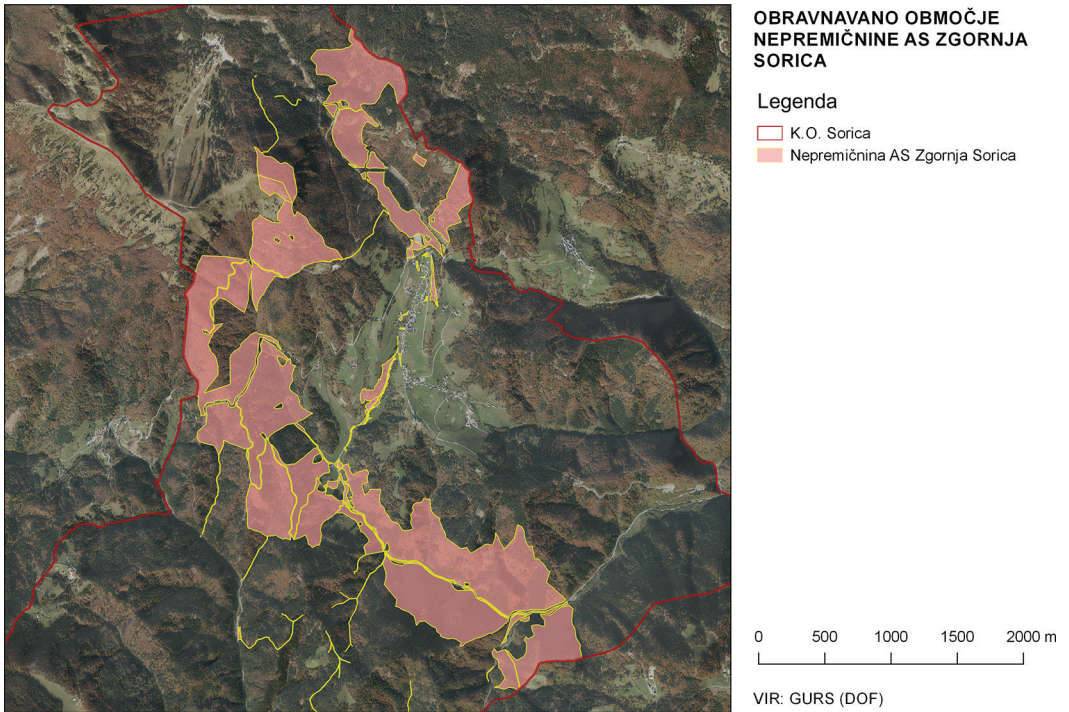
Izvajalec katastrsko uredi meje oboda zemljišč agrarne skupnosti po Zakonu o evidentiranju nepremičnin (ZEN, 2006), in sicer v postopku geodetske storitve ureditve meja ter ob navzočnosti članov operativnega odbora agrarne skupnosti, in izmeri gradbeno-inženirske objekte na obravnavanem območju, vključno z dolžinskimi objekti, kot so daljnovodi, poti in vlake, pa tudi vodotoki. Z navedenim postopkom se ugotovi dejanska velikost obravnavanega območja agrarne skupnosti. Nato se geodetsko izmerijo še zemljišča, ki niso v rabi z vidika kmetijstva, gozdarstva in infrastrukture (nerodovitno, skalovje), in zemljišča, ki bodo še naprej v skupni lastnini (na primer začasna odlagališča ter prostor za dolgotrajnejše skladiščenje lesa, poti, napajališča). Iz območja združitve se tako izločijo zemljišča, ki niso primerna za individualno uporabo, ali pa imajo člani še naprej interes za skupno izkoriščanje teh zemljišč. Člani agrarne skupnosti na skupnem in posameznih sestankih s pooblaščenim inženirjem geodetske stroke pregledajo predlog množične parcelacije, temu sledita razprava in dopolnitev predloga. Če je bila agrarna skupnost vzpostavljena po starem zakonu ZPVAS (1994), morajo končni predlog množične parcelacije vsi člani skupnosti potrditi s podpisi in tako nastane *elaborat nove razdelitve zemljišč* (končni idejni predlog parcelacije).

Ko agrarna skupnost potrdi končni predlog razdelitve, se običajno prijavi na razpis za evropska sredstva za sofinanciranje izgradnje gozdnih prometnic, natančneje gozdnih vlak. Agrarna skupnost, ki želi investicijo v ureditev gozdne infrastrukture, se najprej obrne na krajevno pristojno enoto Zavoda za gozdove Slovenije. Tam pridobi vse ustrezne informacije in obrazce, po katerih se pripravi projektna dokumentacija vloge za sofinanciranje. Pripravljena vloga se vloži na Agencijo za kmetijske trge in razvoj podeželja (AKTRP). Če je vloga popolna, ustrezna in je izbrana na podlagi meril za izbor, AKTRP izda *odločbo o odobritvi sredstev* za sofinanciranje ureditve gozdne infrastrukture, ki se financira v okviru Programa razvoja podeželja 2014–2020 (podukrep 8.4).

Geodetsko podjetje o predvideni uvedbi postopka množične parcelacije kot katastrske preureditve obvesti zemljiškoknjižno sodišče in GURS. Geodetska uprava na podlagi sklepa agrarne skupnosti evidentira uvedbo postopka v sistemu zemljiškega katastra in izda *odločbo o uvedbi postopka razdelitve* (Slika 2).

4.2.2 Operativno katastrsko in gozdarsko upravljanje

V operativnem delu katastrskega in gozdarskega upravljanja zemljišč v okviru razdelitve premoženja agrarne skupnosti, tako imenovanem katastrskem in gozdarskem managementu, se katastrsko uredijo parcelne meje obodov obravnavanih območij ter v naravi označijo meje tistih zemljišč, ki bodo še naprej ostala v skupni lasti agrarne skupnosti. Območje skupnih zemljišč agrarne skupnosti, ki so predmet delitve, je lahko geometrično zaokrožena celota ali pa je teh območij več in so topološko ločeni deli, razpršeni po bližnjem geografskem prostoru, kot v obravnavanem študijskem primeru (Slika 1). S tem se ustvari geometrični okvir, v katerem se v nadaljevanju postopka izvaja razdeljevanje glede na izbrane parametre odločanja, med katerimi je najpomembnejša vrednost gozda, saj gre v obravnavanem primeru delitve za gozdna zemljišča.



Slika 1: Topološko ločeni deli obravnavanega območja, razpršeni po bližnjem geografskem prostoru.

Gozdni načrtovalci na Zavodu za gozdove Slovenije ocenijo vrednost gozda na podlagi gozdne mase, vrste podrasti ter vrste dreves, ki rastejo na obravnavanem območju. Ocenjene vrednosti so poleg geometričnega okvira podlaga za uravnoteženo in pravično razdružitev premoženja. Hkrati z začetkom ocenjevanja vrednosti gozda lahko člani agrarne skupnosti, na podlagi izdane odločbe o odobritvi sredstev za izgradnjo gozdnih prometnic, začnejo izvajati ustrezna pripravljala dela za gradnjo gozdnih prometnic, na primer sečnjo označenih dreves na predvidenih trasah gozdnih vlak.

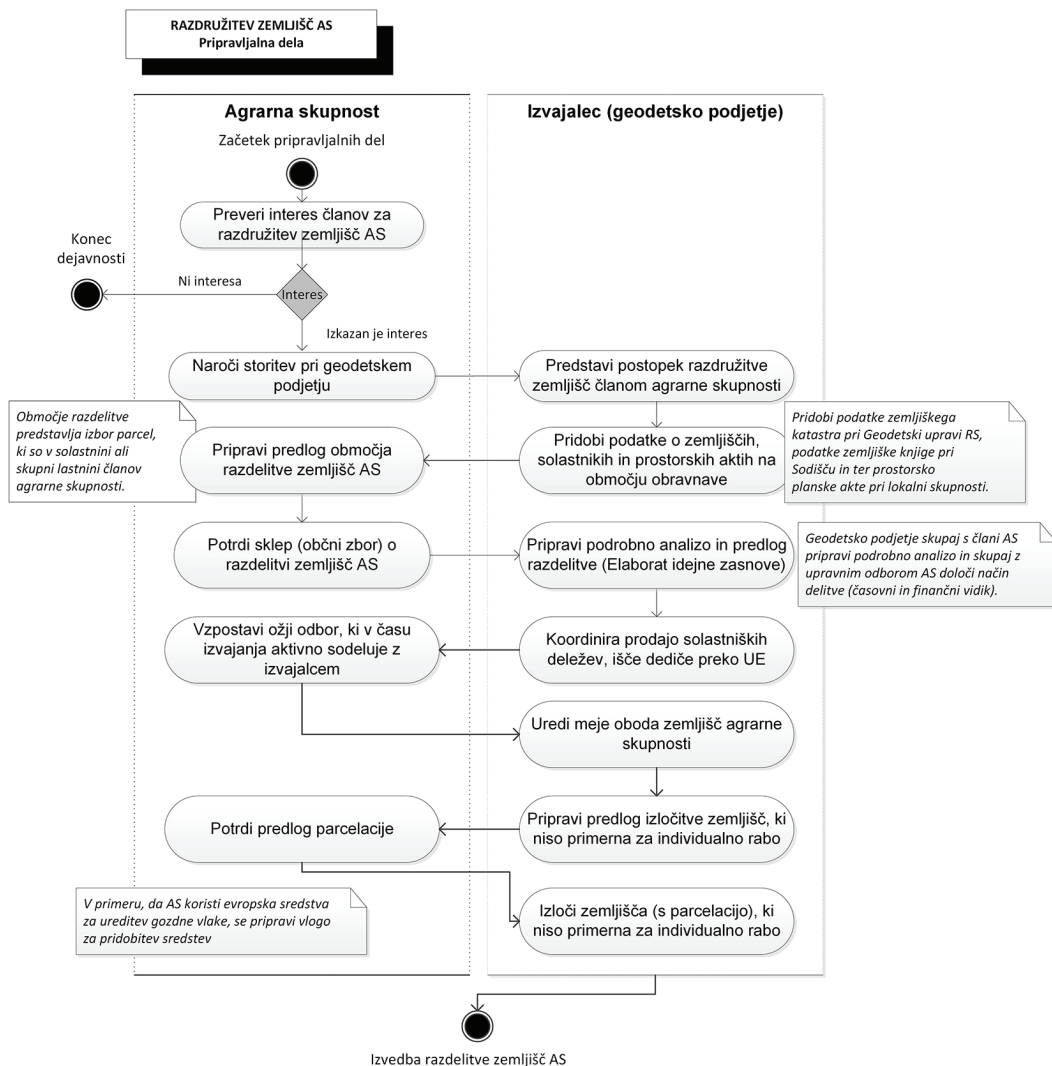
Upravni odbor agrarne skupnosti, revirni gozdar in strokovnjaki Zavoda za gozdove Slovenije so deležniki, ki skupaj načrtujejo potek gozdnih prometnic (cest in vlak). Vzporedno se določijo območja odlagališč lesa. Načrtovalci iz pristojnega zavoda za gozdove pripravijo *gozdnogospodarski načrt*, v katerem določijo prednostna območja za pripravo in gradnjo gozdnih vlak. Vlako natančneje določijo v tehnološkem delu gozdnogojitvenega načrta in izdelajo *elaborat vlak*. Gozdarji na terenu označijo traso vlake in drevje, ki ga je treba posekati. Pri tem izdajo *odločbo za posek* označenih dreves. Ko je vlaka narejena, jo gozdarski načrtovalci pregledajo in prevzamejo v upravljanje (vzdrževanje gozdnih prometnic), nanje se vpiše služnost tistih deležnikov, ki jo bodo uporabljali. Agrarna skupnost iz svojih sredstev plača vse račune za gradnjo gozdnih prometnic. Po končani izgradnji gozdnih vlak odda zahtevek za povračilo sredstev na AKTRP (če je bilo odobreno sofinanciranje v okviru Programa razvoja podeželja 2014–2020), pri čemer predloži račune, ki jih je plačala izvajalcu gradnje vlake. Če zahtevek ustreza pogojem zakonskih določil in razpisa AKTRP, se agrarni skupnosti povrnejo sredstva v deležu 50 % upravičenih stroškov investicije.

V obstoječem postopku katastrske razdelitve zemljišč gozdne vlake niso opredeljene kot parcele. Zato tudi sodišče, pristojno za zemljiško knjigo, vpiše služnost gozdne vlake kar na zemljišča, identificirana s parcelami, po katerih presečno potekajo vlake, in sicer hkrati z vpisom lastnikov posameznih zemljišč novih parcel v zemljiškoknjžni informacijski sistem. Za vpis pravice služnosti se v praksi služnostni pogodbi priloži skica poteka vlak s katastrskim stanjem parcel in preglednica koordinat točk na osi vlak, tako da je jasno in nedvoumno dokumentiran geodetsko opredeljen potek vlak. Parcelni način evidentiranja vlak ni smiseln, ker so vlake preveč »živa«, pogosto spreminjajoča se struktura, ki kaj kmalu ne bi več položajno ustrezala prej izmerjenemu koridorju. Opredelitev vlak na parcelni način bi pomenila tudi dodatno razdrobitev parcel. Rezultat tega bi bilo veliko večje število parcel in večina bi bila manjša od petih hektarov, kar bi pomenilo, da takih parcel v prihodnosti ne bi bilo več mogoče deliti zaradi omejitve, predpisane v Zakonu o gozdovih (ZG, 1993).

V skladu s predlogom Zakona o katastru nepremičnin (2019), ki v 19. členu opredeljuje katastrsko določanje območij stvarne služnosti oziroma služnostne pravice, ki se nanaša na del nepremičnine oziroma njene sestavine, ter povezavo med evidentirano geolokacijo in vpisano pravico v zemljiški knjigi, se bo v prihodnje ponudila zakonska možnost, da se katastrsko določijo meje zemljišč vlak in odlagališč lesa ter se jim geometrično določi poligon s parcelno številko ali identifikator za del parcele, ki bi bila lahko geometrična podlaga za vpis služnosti v zemljiško knjigo.

Pri tem bi lahko uporabili sestavine katastrske opredelitve, kot so poligonska geometrija območja služnosti, geolokacija ter površina tako nastale služnostne parcele oziroma dela služne parcele. Vendar uporaba te možnosti ni v skladu s cilji optimizacije operacij upravljanja zemljišč ter izboljšanja ekonomike izkoriščanja obravnavanih zemljišč, saj bi se s tem nesmotrno povečalo število novo nastalih parcel, precej podaljšala skupna dolžina mej za katastrsko urejanje, s čimer bi se tudi močno povečali stroški operacije.

Medtem ko gozdarski strokovnjaki in člani agrarne skupnosti opravljajo naloge gozdarskega upravljanja, geodetski izvajalec išče projektantsko rešitev za uravnoteženo razdelitev zemljišč med obravnavane člane agrarne skupnosti. Ko je operativna rešitev znana, geodet pripravi predlog katastrske delitve zemljišč (načrt množične parcelacije), ga predstavi članom odbora agrarne skupnosti in se z njimi posvetuje. Ko se odbor s predlaganim načrtom za razdelitev zemljišč strinja, se na njegovo uradno razgrnitve z vabilom pozovejo tudi preostali člani agrarne skupnosti. Udeleženci, ki se ne udeležijo razgrnitve, so vabljeni ponovno. Visok delež udeležbe upravičencev na razgrnitvah pripomore k enostavnejši in hitrejši operativni izvedbi postopka razdeljevanja zemljišč. Seveda bi se morali, za doseganje veljavnosti predloga nove razdelitve zemljišč, z njim strinjati vsi člani, kar je po prvi predstavitvi zasnove razdelitve neobičajno. Pričakuje se, da člani agrarne skupnosti na predlog podajo pripombe v pisni ali ustni obliki. Največ pripomb se običajno navaja ustno in niso predmet zapisov oziroma morebitnih zapisnikov, ki jih v postopku razgrnitve sicer vodi izvajalec geodetskih storitev. Udeleženci razgrnitve *želijo predvsem povedati svoje mnenje* in uresničiti svoje želje, ne želijo pa se formalno izpostavljati s pisnimi pripombami. Razgrnitve in podajanje pripomb se lahko ponovita večkrat. Izvajalec po zbranih pripombah razgrne popravljen predlog, čemur pogosto sledi ponovna ustna obravnavna. Ko se z novo rešitvijo strinjajo vsi solastniki, izvajalec popravi tudi *že* predhodno pripravljeno idejno zasnovo, tako imenovan *elaborat nove razdelitve zemljišč*. To je dokument, naveden v opisu faze priprave, ki je bil podlaga za pridobitev sredstev za gradnjo vlak in vpis plomb na parcele v sistemu zemljiškega katastra ter za obveščanje zemljiškoknjžnega sodišča o uvedbi postopka delitve. Izvajalec seznanj agrarno skupnost z zadnjo različico zasnove katastrske razdelitve zemljišč v formalni obliki *razdelitvenega izkaza*.

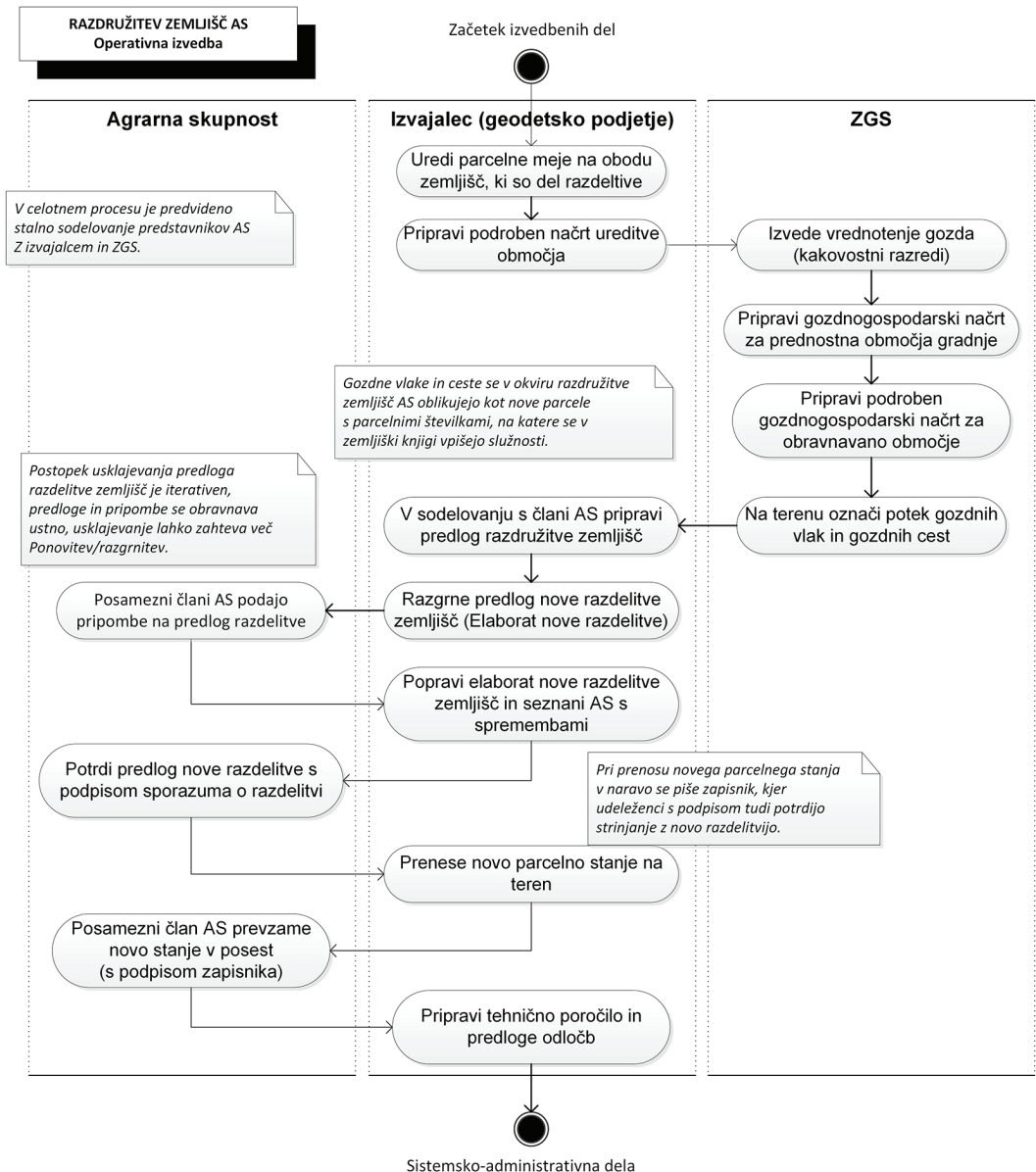


Slika 2: Pripravljalna dela (diagram aktivnosti UML).

Člani skupnosti podpišejo *razdelitveni sporazum*, da se strinjajo s podatki na *razdelitvenem izkazu*. Pripombe in predloge je mogoče podati celo na končno različico *elaborata nove razdelitve zemljišč*. Na podlagi *elaborata nove razdelitve zemljišč* se geometrično in numerično opredeljene parcelne meje skladno z Zakonom o evidentiranju nepremičnin (ZEN) prenesejo v stvarnost, torej na zemljišča. Z mejniki se označijo lomi mej zemljišč, ki dobijo katastrski status urejene meje. Člani agrarne skupnosti so pisno objavljani na seznanitev z na novo dodeljenimi zemljišči v naravi. Ob seznanitvi se vodi zapisnik, v katerem posamezni udeleženci podpišejo izjave, da so seznanjeni s potekom mej zemljišč v naravi. S tem dejanjem prevzamejo novo razdeljeno stanje zemljišč v začasno posest. Začasna posest traja, dokler ni njihov podpis z zapisnika o seznanitvi notarsko overjen. Upravna enota izda *odločbo* zemljiškokatastrskega dela *elaborata nove razdelitve zemljišč*. Na odločbo se lahko stranke pritožijo. Odločba je podlaga za vpis

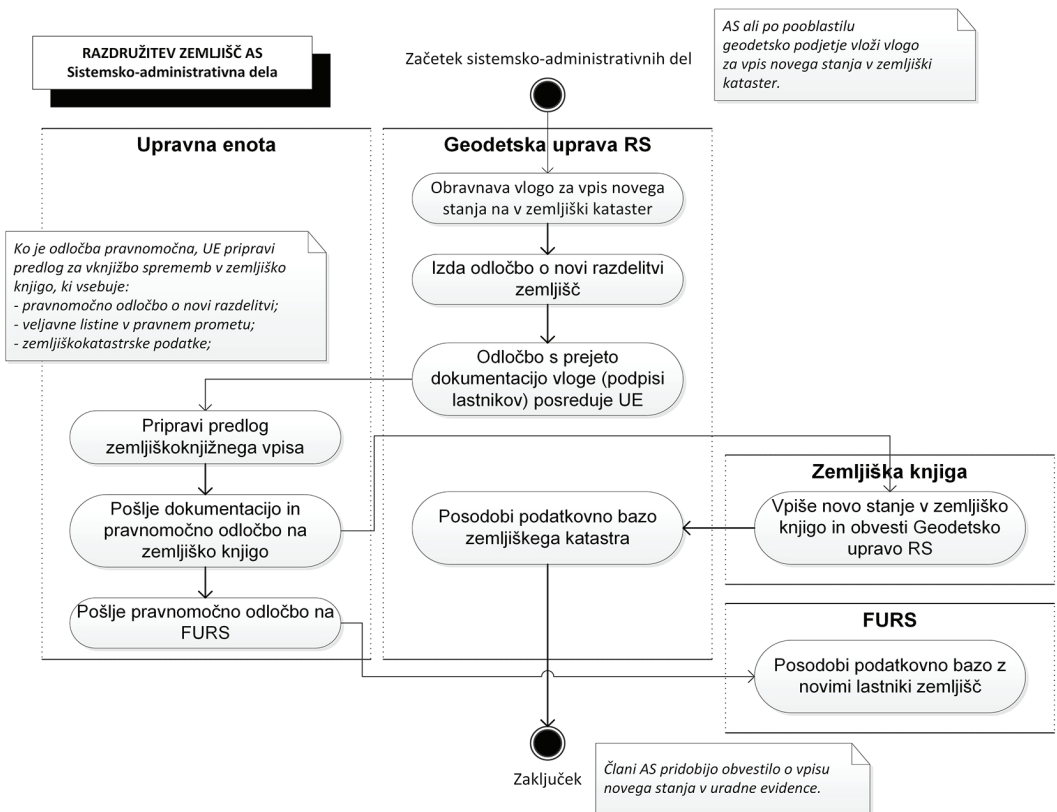
v katastrske evidence. To je mogoče z izkazovanjem končnega stanja razdelitve šele po vnosu sprememb, ki so nastale kot posledica reševanja pritožb na odločbo o novi razdelitvi. Ob izdaji odločbe geodetsko podjetje pripravi *tehnično poročilo*, ki vsebuje stanje pred razdružitvijo zemljišč in po njej, časovni pregled poteka postopka in morebitne posebnosti, ki so se pojavile med izvajanjem katastrsko-geodetskih del.

4.2.3 Sistemsko-administrativni postopki razdružitve nepremičnega premoženja agrarne skupnosti



Slika 3: Operativni prikaz razdružitve nepremičnega premoženja agrarne skupnosti (diagram aktivnosti UML).

Razdruževanje nepremičnin agrarne skupnosti z vidika sistema zemljiške administracije vključuje štiri glavne deležnike, in sicer Geodetsko upravo Republike Slovenije (GURS), zemljiškoknjžno sodišče, Finančni urad Republike Slovenije (FURS) ter upravno enoto. Njihove postopkovne povezave bomo opredelili v tem razdelku. Geodetsko podjetje odda izdelane elaborate ter končno tehnično poročilo na ustrezne institucije sistema zemljiške administracije, ki dokumente obravnavajo v naslednjem vrstnem redu. GURS izda *odločbo o novi katastrski razdelitvi zemljišč* in jo z notarsko overjenimi podpisi lastnikov posreduje upravni enoti. Upravna enota predlaga zemljiškoknjžnemu sodišču vknjižbo spremembe pravic lastnikov na zemljiščih po pravomočnosti *odločbe o katastrski razdelitvi* obravnavanega območja. Pri tem predloži kopije zemljiško-katastrskih načrtov nove razdelitve zemljišč ter listine o pravnem prometu z zemljišči v postopku razdelitve zemljišč agrarne skupnosti. Pravomočno odločbo GURS posreduje upravna enota tudi na FURS. Geodetska uprava, po pravomočnosti lastne odločbe, evidentira novo katastrsko stanje zemljišč v informacijskem sistemu zemljiškega katastra. Pri tem se, do vpisa lastninske pravice v informacijski sistem zemljiške knjige, kot podatek o lastnikih zemljišč novo nastalih katastrskih parcel v kataster vpišejo začasni lastniki (slika 2). Na geodetski upravi po prejemu pravomočnega sklepa o vpisu novih lastninskih pravic z zemljiškoknjžnega sodišča v sistemu zemljiškega katastra evidentirajo novo razdelitev zemljišč z novimi parcelami in lastniki, meje zemljišč pa dobijo status katastrsko urejenih mej (Slika 4).



Slika 4: Vloga sistema zemljiške administracije v delitvi nepremičnin agrarne skupnosti (diagram aktivnosti UML).

Predstavitev rezultatov sistemske analize, izvedene z modeli aktivnosti v UML, zaključujemo z diagramom aktivnosti razdruževanja nepremičnin agrarne skupnosti z vidika sistema zemljiške administracije. Ko se praktično izvaja kombiniran interaktivni pristop razdeljevanja v geoinformacijskem okolju, se poskuša optimizirati potek meja med parcelami tudi tako, da so meje ravne linije ali lomljenke s čim manj lomnimi točkami. S tem se zagotovi ekonomičnost označevanja novih meja v naravi, in sicer z manjšim številom mejnikov. S tem se zmanjša tudi količina pripravljanih del za označitev mej v gozdu, ki jih mora na terenu opraviti geodet izvajalec zakoličbe mejnikov.

V postopku razdelitve premoženja agrarne skupnosti geodet usmerja postopek koordinacije, mediacije in delno tudi pogajanj, predvsem pri odločanju o lokacijah prihodnjih novih parcel, na kar pa vplivajo tudi zunanji dejavniki, kot so terenska raznolikost območja in omejitve rabe prostora ter stalnost prebivanja deležnikov v naselju obravnavane agrarne skupnosti. Udeleženci lahko konstruktivno sodelujejo v procesu razdeljevanja predvsem na sestankih, organiziranih za razgrnitev informacij o modeliranju nove razdelitve skupnega premoženja, pri čemer koordinator skrbno spremlja potek dogajanja in poskuša preprečiti nastanek konfliktov.

5 RAZPRAVA IN SKLEP

V prispevku smo podrobno obravnavali operacijo upravljanja zemljišč, to je množični katastrski postopek, s katerim se skupna zemljišča agrarne skupnosti preuredijo z razdelitvijo skupne lastnine ali solastnine med posamezne člane. Skupno zemljišče agrarne skupnosti je običajno območje nižje kakovosti od zemljišč v okolici, locirano v bližini vaških naselij, ki ga člani agrarne skupnosti skupno izkoriščajo – praviloma so to skupni pašniki ali gozdovi. Agrarne skupnosti so v okviru veljavne zakonodaje združenja posameznikov, ki jih povezuje isto zemljišče oziroma nanj vezane nepremičninske pravice. Agrarne skupnosti obstajajo že več stoletij, v Sloveniji se jih je kljub številnim zemljiškim reformam v preteklih stoletjih ohranilo več kot petsto. Skupnosti se med seboj razlikujejo po vrsti lastnine (skupna lastnina, solastnina), številu članov, obsegu premoženja ter zakonodaji, po kateri se ustanavljajo in upravljajo. Na področju agrarnih skupnosti veljata dva zakona: Zakon o ponovni vzpostavitvi agrarnih skupnosti (ZPVAS, 1994) in Zakon o agrarnih skupnostih (ZAgrS, 2015). Zakona sta podlaga pri določanju stopnje soglasja glede razpolagalnih deležev članov, potrebnih za odločanje v poslih, ki presegajo okvire rednega upravljanja premoženja agrarne skupnosti in med katere spada tudi razdružitev nepremičnega premoženja agrarne skupnosti.

Glavni razlog za razdružitev zemljišč agrarnih skupnosti ni samo nezainteresiranost za sodelovanje v skupnosti, temveč predvsem zakonska možnost, da lahko vsak član pridobi v last in posest zemljišče v velikosti, ki je sorazmerna njegovemu deležu v solastnini. Tako ima vsak posameznik možnost neodvisnega gospodarjenja z zemljišči, pri čemer se predpostavlja boljši izkoristek zemljišč, predvsem pa enkratna kapitalizacija premoženja z individualno odprodajo lastnine po razdružitvi skupnega premoženja. Seveda je treba opozoriti, da se **z operacijo razdruževanja** skupnega premoženja agrarne skupnosti vnašajo pomembne spremembe na področje upravljanja nekdanjih skupnih zemljišč, kot so skupni pašniki in skupni gozdovi, in da **takšna rešitev ni vedno primerna, če želimo ohraniti tradicionalne oblike upravljanja zemljišč in stroškovno učinkovito gospodarjenje z zemljišči, kot ga zagotavljajo oblike skupnega lastništva premoženja**. V Skandinaviji, kot smo predstavili v začetku prispevka, so ugotovili še, *da se*

majhne gozdne parcele kažejo kot izjemno težavne z vidika ekonomike in tehničnih zahtev gospodarjenja z gozdovi, zaradi česar se odločajo za dodatne instrumente za vzpostavljanje večjih skupnosti lastnikov gozdov, ki omogočajo vzdržnejše upravljanje gozdov.

Če člani agrarne skupnosti vendarle izkažejo interes za delitev premoženja, se začnejo obsežna pripravljala dela, povezana predvsem z izdelavo oziroma pridobitvijo ustrezne dokumentacije za izdajo sklepa o uvedbi in zagotovitvijo finančnih sredstev. Člani agrarne skupnosti, ki so zainteresirani za razdelitev, poskušajo zagotoviti ustrezen razpolagalni delež, saj želijo postati samostojni lastniki zemljišč, s katerimi bi lahko svobodno razpolagali in ne bi bili še naprej odvisni od skupnosti. Člani skupnosti imajo raznolike zamisli o izboljšanju učinkovitosti izkoriščanja premoženja, pri čemer danes v Sloveniji nekako prevladuje koncept samostojnega lastništva in s tem neodvisnega upravljanja pripadajočega premoženja z možnostjo njegove odprodaje po tržnih cenah, kar je po naših ugotovitvah glavni motiv za razdruževanje. Prodajne cene razdeljenih zemljišč so precej višje od cene nerazdeljenih deležev na skupni lastnini.

Postopek razdružitve zemljišč smo v članku opisali kot operacijo upravljanja zemljišč z vidika geodeta izvajalca in koordinatorja aktivnosti ter **projektanta razdružitve agrarne skupnosti** ter z vidika sistema zemljiške administracije. Izvedeno sistemsko analizo smo prikazali z diagrami aktivnosti ter z njimi ponazorili vzročno in časovno sosledje posameznih korakov operacije kot tudi vlogo posameznega deležnika v takem procesu. Geodetsko podjetje v postopku najprej oblikuje dve skupini zemljišč, in sicer jih loči na tista, ki še naprej ostanejo del agrarne skupnosti, in preostala, ki so predmet delitve. Nato člani agrarne skupnosti in gozdni načrtovalci iz ZGS določijo območja gozdnih vlak. Izvajalec intenzivno, z vsemi deležniki, išče rešitev za pravično razdelitev zemljišč agrarne skupnosti. Ko se z razdelitvenim izkazom novih zemljišč strinjajo vsi člani skupnosti, geodet prenese geometrične podatke novega stanja zemljišč v stvarnost. Postopek se zaključi, ko izvajalec geodetskih storitev posreduje vso dokumentacijo izvedenih postopkov institucijam sistema zemljiške administracije, da sprejmejo ustrezne odločitve ter posodobijo baze podatkov v njihovi pristojnosti.

Na trajanje postopka za razdelitev premoženja agrarne skupnosti pomembno vplivajo količina in velikost območij skupnih zemljišč (katastrskih parcel), pa tudi število njenih deležnikov. V obravnavi študijskega primera agrarne skupnosti Zgornja Sorica smo opazili pojav zmanjševanja ali prenehanja pomembnosti skupinskega delovanja in prehajanje v individualizacijo kot posledico ekonomske tranzicije, povečane mobilnosti prebivalstva, sprememb v miselnosti, predvsem samozadostnosti ter spremenjenih družbenih vrednot, ki pomembno vplivajo na spremembo ali celo izgubo nekdanjega pomena agrarnih in pašnih skupnosti.

Poudariti je treba pomembnost vloge, ki jo ima v operaciji katastrske preureditve agrarne skupnosti pooblaščen inženir geodetske stroke. Geodetsko podjetje, ki ga agrarna skupnost izbere za izvajalca razdelitve nepremičnega premoženja, je vključeno v vse faze postopka, in sicer od preverjanja zainteresiranosti članov, prek podrobne predstavitve postopka članom, različnih geodetskih del pa vse do priprave ustrezne dokumentacije in drugih del. Poleg tega geodet sodeluje z vsemi, ki na obravnavanem območju kakorkoli posegajo v prostor ali ga upravljajo. Pooblaščen inženirji geodezije so ključni organizatorji aktivnosti projekta ter povezovalni, koordinacijski člen med vsemi vpletenimi deležniki. Glavni deležniki pri razdružitvi zemljišč agrarne skupnosti so člani skupnosti, strokovnjaki ZGS, revirni gozdar ter tri institucije sistema zemljiške administracije (GURS, upravna enota, zemljiškoknjižno sodišče in FURS).

Velik izziv za geodetska podjetja je tudi programska oprema, ki ni prilagojena za tako zapleten postopek katastrskega preurejanja zemljišč, saj še ne obstaja računalniški program, s katerim bi lahko samodejno ali plosamodejno razdelili zemljišča agrarne skupnosti. Pri tem je namreč treba upoštevati mnogo različnih dejavnikov, kot so oddaljenost obravnavanih zemljišč od javnih poti in vlak ali oddaljenost od zemljišč, ki so že v posamični lasti članov agrarne skupnosti, oddaljenost od gospodarskih objektov članov, kakovost gozda (vrsta gozda), raba zemljišča (gozdna, kmetijska, stavbna) ter navsezadnje individualne želje članov. Sistemske rešitve za uravnoteženo razdeljevanje zemljišč so zato zelo zapletene, kar zahteva dodatne analize, ki bodo omogočile nadgradnjo sedanjih enostavnih sistemov za podporo odločanju.

Agrarne skupnosti so verjetno najbolj trajnostni način organizacije izkoriščanja in upravljanja gozdov, pašnikov in drugih površin na območjih z omejenimi dejavniki, kjer gospodarjenje ni ekonomsko najbolj donosno. Sociološka, pravna in ekonomsko-politična vprašanja o vzrokih za razkroj agrarnih skupnosti v Sloveniji sicer niso predmet obravnave pričujočega prispevka.

Zahvala

Za sodelovanje se zahvaljujemo geodetskemu podjetju Geonaris, d. o. o., agrarni skupnosti Zgornja Sorica ter GV Založbi (LEXPORA, d. o. o.), ki je v letu 2019 organizirala seminar o agrarnih skupnostih.

Literatura in viri

Glej literaturo na strani 526.



Čeh M., Žužel H., Mansutti S. (2020). Razdelitev nepremičnin agrarnih skupnosti: množična katastrska preureditev v upravljanju zemljišč v Sloveniji. Subdivision of joint tenure in agricultural communities: customary land rights management in Slovenia.

Geodetski vestnik, 64 (4), 508-544. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2020.04.508-544>

doc. dr. Marjan Čeh, univ. dipl. inž. geod.

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

Simon Mansutti, univ. dipl. inž. geod.

Geonaris geodetske storitve, d. o. o.
Glomarjeva ulica 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija
e-naslov: simon.mansutti@geonaris.si

Helena Žužel, mag. inž. geod. geoinf.

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija
e-naslov: helenazuzl@gmail.com

SAMODEJNO ZAJEMANJE ODTISOV STAVB IZ UAV PODOB Z UPORABO NEVRONSKIH MREŽ

AUTOMATIC BUILDING FOOTPRINT EXTRACTION FROM UAV IMAGES USING NEURAL NETWORKS

Zoran Kokeza, Miroslav Vujasinović, Miro Govedarica, Brankica Milojević, Gordana Jakovljević

UDK: UDK: 004.032.26:528.7/8
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01
Prispelo: 18. 2. 2020
Sprejeto: 26. 10. 2020

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2020.04.545-561
SCIENTIFIC ARTICLE
Received: 18. 2. 2020
Accepted: 26. 10. 2020

IZVLEČEK

Ažurni katastrski načrti so ključnega pomena za urbanistično načrtovanje, njihovo posodabljanje pa je drago in zahteva veliko časa. Razvoj daljinsko vodenih letalnikov (angl. unmanned aerial vehicles – UAV) je omogočil hiter zajem podatkov z veliko višjo stopnjo podrobnosti od klasične geodetske izmere. V raziskavi se ukvarjamo s samodejnim zajemom odtisov stavb iz ortofotov visoke ločljivosti. Cilja naše študije sta bila: (1) prekusiti možnosti uporabe različnih javno dostopnih podatkovnih nizov (Tanzania, AIRS in Inria) za učenje nevronske mreže ter nato prekusiti zmožnosti generalizacije modela območja obravnave; (2) oceniti vpliv normaliziranega digitalnega modela površja na rezultate učenja in uporabo nevronske mreže. Rezultati so pokazali, da modeli, ki smo jih učili na omenjenih podatkovnih nizih, niso zadovoljivi, saj je prekrivanje identificiranih odtisov stavb z referenčnimi podatki znašalo za podatkovni niz Tanzania 36,4%, za AIRS je bila vrednost 64,4% za Inria pa le 7,4%. Boljše rezultate smo dosegli v drugem delu raziskave, kjer je bilo učenje nevronske mreže izvedeno na delih (256 x 256 pikselov) ortofota, pridobljenega na podlagi podatkov, zajetih z UAV. Pri kombiniranju ortofota z normaliziranim digitalnim modelom površja se je še povečal delež prostorskega ujemanja z referenčnimi podatki (IoU) in znašalo 90 %.

KLJUČNE BESEDE

nevronske mreže, globoko učenje, klasifikacija, grajenje strukture iz gibanja, daljinsko vodeni letalniki, zajemanje odtisa stavbe

ABSTRACT

Up-to-date cadastral maps are crucial for urban planning. Creating those maps with the classical geodetic methods is expensive and time-consuming. Emergence of Unmanned Aerial Vehicles (UAV) made a possibility for quick acquisition of data with much more details than it was possible before. The topic of the research refers to the challenges of automatic extraction of building footprints on high-resolution orthophotos. The objectives of this study were as follows: (1) to test the possibility of using different publicly available datasets (Tanzania, AIRS and Inria) for neural network training and then test the generalisation capability of the model on the Area Of Interest (AOI); (2) to evaluate the effect of the normalised digital surface model (nDSM) on the results of neural network training and implementation. Evaluation of the results shown that the models trained on the Tanzania (IoU 36.4%), AIRS (IoU 64.4%) and Inria (IoU 7.4%) datasets doesn't satisfy the requested accuracy to update cadastral maps in study area. Much better results are achieved in the second part of the study, where the training of the neural network was done on tiles (256x256) of the orthophoto of AOI created from data acquired using UAV. A combination of RGB orthophoto with nDSM resulted in a 2% increase of IoU, achieving the final IoU of over 90%.

KEY WORDS

neural network, deep learning, classification, Structure from Motion, unmanned aerial vehicles, building footprint extraction

1 INTRODUCTION

Automatic extraction of building footprints, the outer surface of building rooftop, on high-resolution orthophoto is one of the most challenging and essential tasks. This information finds its application in urban planning, especially in detailed regulatory planning and 3D city modelling. Although it is possible to extract building footprints manually it is very time consuming and expensive, especially in the case of large urban areas. With the development of computer technology, there was a significant number of attempts to complete this process automatically. Most of those attempts can be grouped into two categories, image classification and image segmentation.

Extraction of building footprints as image classification is most simply done with only two classes assigned, building and non-building. In the basis of all image classification algorithms lies the idea of assigning each image pixel to a certain class. Image classification algorithms are commonly classified into two categories: pixel-based and object-based methods. Pixel-based classification analyses each pixel individually and assigns it to a class based on its spectral similarities with the class. Thank you for your comment. Updated accordingly

The object-based classification was first introduced and demonstrated in the 1970s but was not widely accepted until the mid-1990s due to low computing power (de Kok, Schneider, and Ammer, 1999). Object-based classification, in comparison to pixel-based, does not operate on single pixels, but segments consisting of many pixels that have been grouped using some of the image-segmentation algorithms (Guo et al., 2018). Image segmentation algorithms separate buildings from their surrounding on orthophoto. Over the past decades, a significant amount of image segmentation algorithms has been proposed, that are commonly divided into the following groups: pixel, edge, region and artificial neural networks based techniques. Segments created by an image-segmentation algorithm can then be classified in many ways, for example, by comparing mean spectral characteristics of segments with class training samples, or by using a pixel-based classification of every segment, and assigning the whole segment to the class that most pixels belong to.

Development of deep learning architectures, especially Convolutional Neural Networks (CNN) and Recurrent Neural Networks (RNN), and state-of-the-art methods, such as:

- for image classification: AlexNet (Krizhevsky, Sutskever, and Hinton, 2012), GoogleNet (Szegedy et al., 2015), Residual Network (ResNet) (He et al., 2017b);
- for image semantic segmentation: Fully Convolutional Network (FCN) (Long, Shelhamer, and Darrell, 2015), U-Net (Ronneberger, Fischer, and Brox, 2015);
- for object detection: Region Convolutional Neural Network (R-CNN) (Girshick et al., 2014), You Only Look Once (YOLO) (Redmon et al., 2016);
- for instance image segmentation: Mask R-CNN (He et al., 2017a), Fully Convolutional Instance Segmentation (FCIS) (Li et al., 2017); etc.,

inspired researchers to apply those methods for building footprint extraction.

There is a lot of research conducted to determine the best neural network model for the extraction of building footprints. Wu et al. (2018) perform extraction of building footprints using the multi-constraint fully convolutional network (MC-FCN) and compare its performance with the U-Net model. Although the proposed model achieves better results than with U-Net, this difference is not significant in comparison to the longer time period needed to train the network.

Maltezos et al. (2018) attempted to detect changes between two different epochs of data acquisition by using CNN, Linear Supported Vector Machine (SVM) and Radial Base Function kernel SVM. Results indicated that CNN (average quality: 65% (new buildings) and 77% (unchanged buildings)) provides higher classification accuracy compared to the results provided by SVM (average quality: 57% (new buildings) and 74% (unchanged buildings)).

Ševo and Avramović (2016) attempted to automatically detect buildings on UAV images using CNN based approach on GoogleNet architecture, initialised with weights trained to convergence on the ImageNet (Deng et al., 2009) database. ImageNet database is probably the largest dataset for neural network training containing over 1.2 million high-resolution images, classified into the 1000 different classes (Krizhevsky, Sutskever, and Hinton, 2012). They achieved an accuracy of 98.61%, with training on UC Merced dataset (UAV images 256 x 256 pixels) and USGS national map (high-resolution image 5000 x 5000 pixels).

The objectives of this study are:

1. to determine the suitability of presented Res-U-Net-4 approach for automatic extraction of building footprints on high-resolution orthophotos,
2. to determine the possibility of using transfer learning and open datasets for automatic extraction of building footprints in different urban areas,
3. to evaluate the influence of heights (nDSM and Digital Terrain Model (DTM)) on the accuracy of building footprints extraction.

2 STUDY AREA

The AOI for building footprint extraction for urban planning is part of the city Banja Luka, Republic of Srpska, cadastral municipality Česma 2, which overview is illustrated in Figure 1. AOI is a suburban area on the right side of river Vrbas with small detached houses that consists of slope and flat, mainly red colour, roof surfaces. A detailed regulatory plan aimed to redesign the present settlement with single-family housing, planning new residential buildings, plots, and supporting facilities, new roads, and public spaces by using a comprehensive, integrated planning approach (Milojević, 2018). In the initial stage of the plan, it was necessary to perform an update of cadastral maps and mapping of buildings, among which some were not mapped.



Figure 1: Overview of AOI. The right image shows the orthophoto of the AOI, zone 1 is a testing area, zone 2 is a training area, and zone 3 is a validation area.

3 METHODOLOGY

In this paper, a pixel classification method to extract building footprints from UAV images based on a deep learning algorithm is proposed. We propose the workflow showed in Figure 2, which summarises the approach followed in this paper and consists of three main steps: pre-processing, image segmentation, and accuracy assessment.

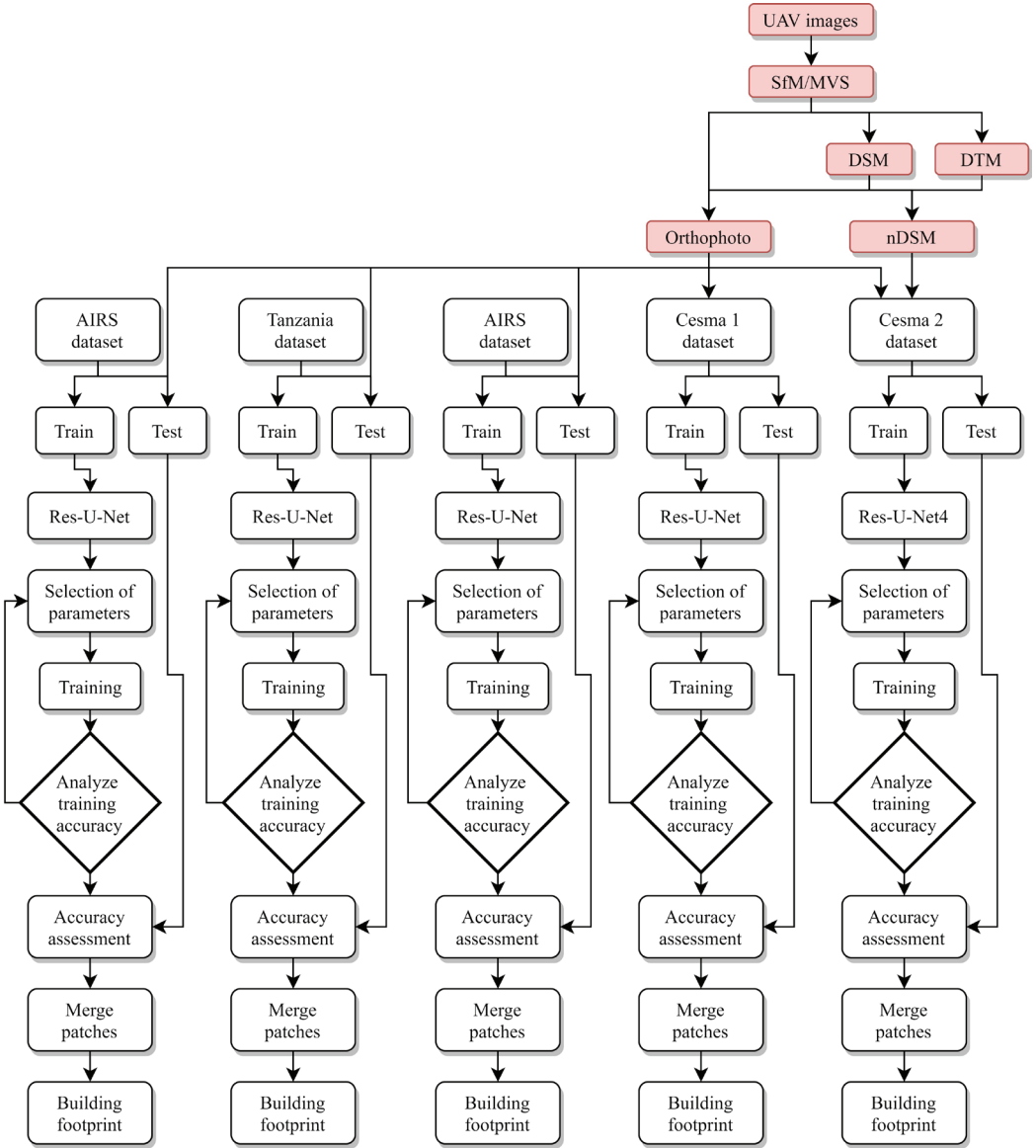


Figure 2: Workflow used in this research.

3.1 Pre-processing

UAV images of AOI are acquired using the small quadcopter DJI Mavic PRO (DJI Mavic Pro User Manual, 2017), in November 2018. The period of the year for image acquisition was determined by project requirements and natural conditions, to complete the process while the trees are without leaves but before the snow. The flight altitude was set to 87 m above the ground level, which provided images with a spatial resolution of 2.84 cm/pixel. We used the double grid flight pattern, which is suitable for 3D modelling (Martinez et al., 2019). The forward overlap and side overlap between images was 80%. A total of 4276 images was collected over the AOI. Acquired data is then processed applying the Structure from Motion (SfM) and multi-view stereo (MVS) algorithms (Figure 2), as described by Westoby et al. (2012) and Bianco, Ciocca and Marelli (2018). The result of processing is a dense point cloud, orthophoto, and Digital Surface Model (DSM) of AOI. In this study, the nDSM was chosen instead of DSM because it removes the terrain topography and leaves only object above the ground (Koc San and Turker, 2006). In order to create nDSM, which represents the difference between DSM and DTM, the ground points should be extracted from the created point cloud. Different approaches can be used for classification of ground points such as filtering based on geometrical features (Axelsson, 2000) or automatic raw point cloud classification by using Artificial Neural Networks (ANN) (Jakovljevic et al., 2019). In this paper, the Agisoft Metashape was used for processing of UAV images and point cloud classification (Agisoft Metashape User Manual, 2019).

Labelling of the buildings was done manually in QGIS. The Cesma A and Cesma B training dataset consist of only 82 buildings footprint (Figure 1, Zone 1), while the validation part (Figure 1, Zona 3) consists of 40 buildings. Based on the data collected in the AOI, two datasets were created. Cesma A dataset (consists of orthophoto) and Cesma B dataset (consists of orthophoto and nDSM) (Figure 2).

In order to test the generalisation possibilities of already trained neural network in a different part of the world, some publicly available datasets are used. Due to the rise of open source and interest in the automatic mapping of buildings, more and more high-quality UAV imagery datasets are available. Some of them are presented in Table 1. The comparison (Table 1) indicates that there are significant differences between datasets in terms of spatial resolution and coverage area. When using transfer learning the basic idea is to reduce the need for large datasets (Soekhoe, van der Putten, and Plaat, 2016), which indicates that the area covered by the dataset is not as crucial as other parameters, although all datasets feature relatively broad coverage. The more significant difference is a spatial resolution which should not be a limitation when it comes to object-level recognition, but when it comes to the automatic high-precision mapping of buildings, it will significantly affect the final result, especially for smaller buildings (Chena et al., 2019).

Table 1: Comparison of publicly available datasets that can be used for building footprint extraction.

	Data type	Target classes	Area covered (km ²)	Spatial resolution (cm)	Location
AIRS (Chena et al., 2019)	RGB	building	457	7.5	Christchurch, New Zeland
Inria (Maggiori et al., 2017)	RGB	building	810	30	Ten regions in the USA and Austria
Tanzania	RGB	building	100	7.7	Zanzibar

Besides the datasets presented in Table 1, there are many more of which important to mention are

SpaceNet Challenge datasets (Etten, Lindenbaum, and Bacastow, 2018) and Massachusetts Buildings Dataset (Mnih, 2013). SpaceNet Challenge datasets are the largest dataset available for satellite image segmentation, featuring high-resolution images for four cities (Etten, Lindenbaum, and Bacastow, 2018). Massachusetts Buildings Dataset is one of the first aerial image datasets, used for training of CNNs, that is made publicly available. SpaceNet was not used because it provides off-nadir while the labels are provided using nadir images, which makes precise mapping practically impossible. At the same time, Massachusetts dataset adopts the OpenStreetMap data for ground truths (Mnih, 2013), which may bring significant noise into the data, such as missing or incorrect labelling, caused by crowdsourcing.




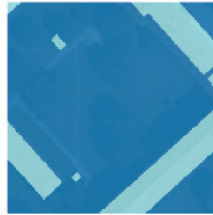












Dataset	Without labels		With labels	
Inria				
AIRS				
Tanzania				
Cesma A and Cesma B				

Figure 3: Examples of images in datasets used for training of each model.

On the other hand, the analysis of datasets mentioned in Table 1 detected several problems, such as:

- Ground truths in Inria dataset are not aligned with building footprints, but with ground part of the building, which brings considerable noise in data when there are buildings that are not projected perfectly orthogonal.
- Tanzania dataset features the buildings that are not finished or that are demolished, which

brings a significant noise in data. Those buildings are featured because the dataset is created mainly for the classification of buildings in different categories such as complete, incomplete and foundation.

Examples of input images for Inria, AIRS, Tanzania and Cesma dataset are given in Figure 3.

For the training of models, five datasets were used:

1. Inria dataset (RGB images – 3 bands), Inria model,
2. AIRS dataset (RGB images – 3 bands), AIRS model,
3. Tanzania dataset (RGB images – 3 bands), Tanzania model,
4. Cesma dataset A (RGB images – 3 bands), Cesma model A, and
5. Cesma dataset B (RGB + nDSM images – 4 bands), Cesma model B.

The final step of the pre-processing stage was splitting all datasets into training, validation and testing datasets. Inria, AIRS, and Tanzania dataset consists of training (initial training set) and test datasets (initial test dataset). The initial training dataset was split into 80% of the data for training and 20% for the validation, while the test dataset was used during the testing phase. For Cesma A and Cesma B dataset, Zone 2 (Figure 1) was used for training, while Zone 3 (Figure 1) was used for validation. In order to provide insight into the generalisation ability of algorithms trained on the initial dataset (Inria, AIRS, and Tanzania), Cesma A Zona 1 was used as a final test dataset. Due to the processing power available on Colab, it was necessary to convert all input images to 256 x 256 pixel patches. Also, during this stage, each dataset was normalised so that all values are in the range [0, 1], as described by Sane and Agrawal (2017).

3.2 Image segmentation

Image segmentation is the main stage in the extraction of the buildings' footprints from UAV images. In this stage, the architecture of the proposed model is defined. After defining the model architecture, data augmentation is performed on all images to avoid overfitting by increasing the number of training images. The appropriate metrics and loss function are chosen as described in the following sections. After the definition of all parameters needed for model training, the implementation of the network is performed.

3.2.1 Res-U-Net and Res-U-Net-4

In the first part of the study, a combination of original ResNet34 (He et al., 2017b) and U-Net (Figure 4) (Ronneberger, Fischer, and Brox, 2015) architectures, called Res-U-Net (Figure 5) is used. The U-Net network consists of two parts: downsampling (left) and upsampling part (right). In the Res-U-Net the downsampling part is ResNet34 which is used for extraction of the features from the input data. In this part of the study, the network architecture is used without any modifications.

In the second part of the study, the combination of modified and extended architectures, ResNet34 and U-Net, called Res-U-Net-4 is used (Figure 5 (a)). The downsampling part of Res-U-Net-4 is ResNet34 architecture, which is modified to accept 4-channels of the input data.

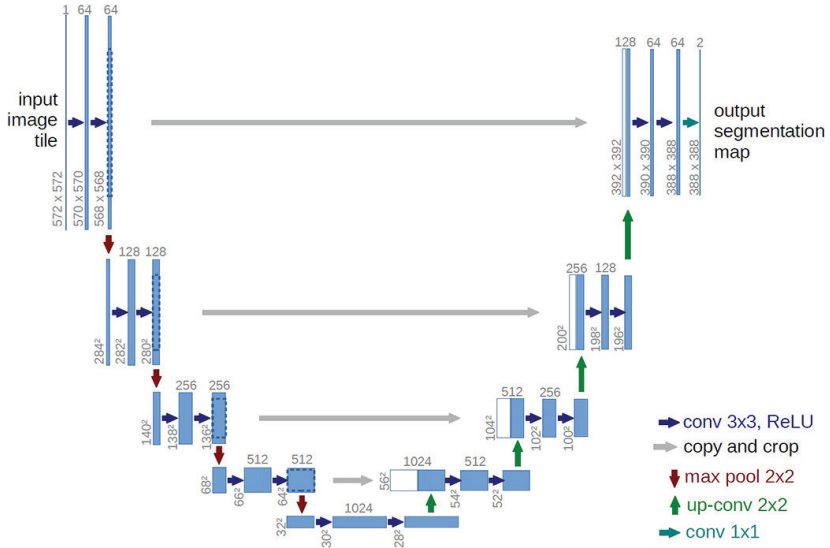


Figure 4: Original U-Net architecture (Ronneberger, Fischer, and Brox, 2015).

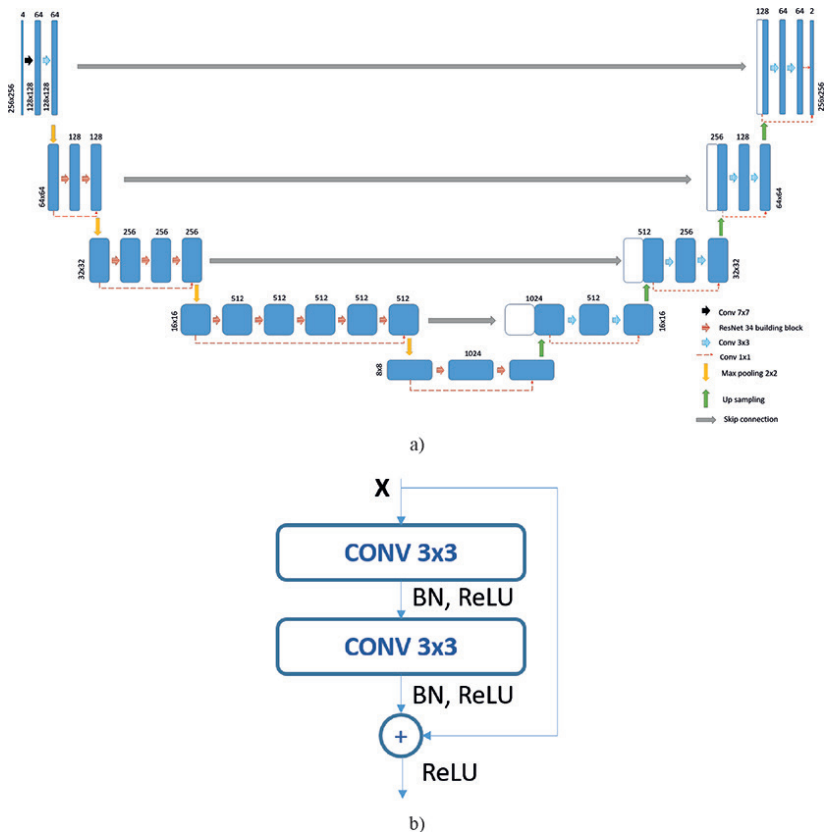


Figure 5: (a) The architecture of the Res-U-Net-4 used in this work, (b) the building block of ResNet 34.

The input layer is followed by a convolution block that performs convolution with a 7×7 kernel and stride 2 (Figure 5(a)). This block is followed by normalisation, activation, and max-pooling layer. The activation layer consists of a ReLU. The following part of the downsampling consists of four encoder blocks, and every encoder block includes several repetitive residual blocks (Figure 5 (b)). In every residual block, repetitive convolution and normalisation are applied to provide downsampling. The upsampling part aims to extract the buildings using the feature maps and consists of several decoder blocks which are connected with the corresponding encoder block using skip connections. Each decoder blocks consists of convolution layer, batch normalisation and transposed convolution. The number of encoder and decoder blocks are the same.

3.2.2 Data augmentation

The performance of the deep neural network is highly limited by the low number of training data. To avoid overfitting, it was necessary to perform data augmentations. Data augmentation is a technique that is often used to artificially increase the size of the training set by creating modified versions of images by performing different types of transformations (Mikołajczyk and Grochowski, 2018). This technique is applied randomly during the training stage and consisted of the following transformations horizontal- and vertical-flip, rotations and change of the brightness level.

3.2.3 Metrics

The metrics used to evaluate the results of the detection of building footprints was the *Dice* score and Intersection over Union (*IoU*). *Dice* score often referred to as F_1 score, is used during the training stage and is calculated using the equation (1):

$$Dice = F_1 = \frac{2 \cdot TP}{2 \cdot TP + FP + FN} \tag{1}$$

where TP , FP , FN denotes the true positive, false positive and false negative respectively (Powers, 2011).

The *IoU* score is standard metrics used for semantic segmentation problems. *IoU* is used due to its high correlation to geometry representation of the object, it measures the similarity between the predicted region and the ground-truth region for objects presented in the image and is defined by the equation (2):

$$IoU = \frac{|T \cap P|}{|T \cup P|} = \frac{TP}{TP + FP + FN} \tag{2}$$

In the equation (2), T and P denote ground-truth and prediction regions, respectively, while TP , FP and FN are the same as for *Dice* (Powers, 2011). The precision and recall score are explained in details by Powers (2011).

3.2.4 Loss function

For training the network, a dual loss function which combines binary cross-entropy and *Dice* loss is used. This approach showed that it slightly outperforms *IoU*-loss, and it is the main reason why two similar metric functions are used (Zhou, Zhang, and Wu, 2018). Minimisation of the loss was done using the Adam (Kingma and Ba, 2015) optimiser.

3.2.5 Implementation details and training

Due to lack of processing power available at authors end, training of network was done using publicly available cloud platform Colaboratory, hosted on Google Cloud. Google Colaboratory, often referred to as Google Colab, is based on Jupyter Notebooks and works like Google Docs object. Colab provides either Python2 and Python3 runtimes, which comes with pre-configured essential machine learning and artificial intelligence libraries, such as Pythorch, Tensorflow, Keras and Matplotlib (Carneiro et al., 2018). Colab provides access to fully configured Graphics Processing Unit (GPU)-accelerated runtime, which makes neural network training practical and comfortable. The only problem is that the specific runtime, called a virtual machine, is deactivated after a specific period of time, often said that it is 12 hours but during the testing stage, that time varied a lot, from few hours to over 20 hours. After runtime is deactivated, all user data and configuration are lost, but it is possible to connect Colab with users Google Drive account or Google Cloud Storage and resume tasks after activating the new virtual machine.

For the training stage, a separate neural network for each dataset is trained, in total, five different models. Each model gets a name according to the dataset used for its training. The training process consisted of epoch training. Iteratively feeding mini-batches to the network, computing the gradients and updating the weights, until each patch in the training data has been processed once by the network, is considered as one epoch. The number of iterations in one epoch varies depending on the batch size. Limitation of the graphic card memory available on Colab, limited the batch size, which was chosen as big as possible for each network. To avoid overfitting, the early stopping is used. Early stopping is a commonly used form of regularisation which interrupts the training process when there is not the improvement of validation loss for a predefined number of epochs. Initial training hyperparameters are obtained empirically and are presented in Table 2. The learning rate was multiplied by 0.1 every few epochs to ensure the quality of the results.

Table 2: Initial values of hyperparameters used for training. All parameters are obtained empirically, during the testing of the training process on the validation set.

Initial learning rate	Weight decay	Momentum
0.001	0.004	0.9

The number of epochs and batch size for the training of each neural network is given in Table 3.

Table 3: Batch size and number of epochs in the training stage by the model.

Model name	Batch size	Res-U-Net	Res-U-Net-4	Time per epochs [min]
Inria model (Inria dataset)	8	45	-	04:50
AIRS model (AIRS dataset)	8	42	-	08:50
Tanzania model (Tanzania dataset)	8	47	-	07:50
Cesma model A (Cesma dataset A)	4	40	-	01:20
Cesma model B (Cesma dataset B)	4	-	40	03:20

All weights are initialised with the weights from ResNet34 pre-trained on ImageNet dataset. In the ResUNet, all weights are set to be the same as the ones in ResNet34. The same way, in the Res-U-Net-4 for the first three channels weights, are the same as in the ResNet34, while the weights for the fourth channel are set to be same as the weights from the first channel of ResNet34.

Workflow for the training of all five models is presented in Figure 2. For the first four models, Cesma A, AIRS, Inria and Tanzania, in the first step of the training stage input dataset consisting of training and validation imagery data is fed to the Res-U-Net network, which is initialised with hyperparameters as shown in Table 2. After that, the training process is started, during which fine-tuning of hyperparameters is performed, according to the analysis of training and validation loss function.

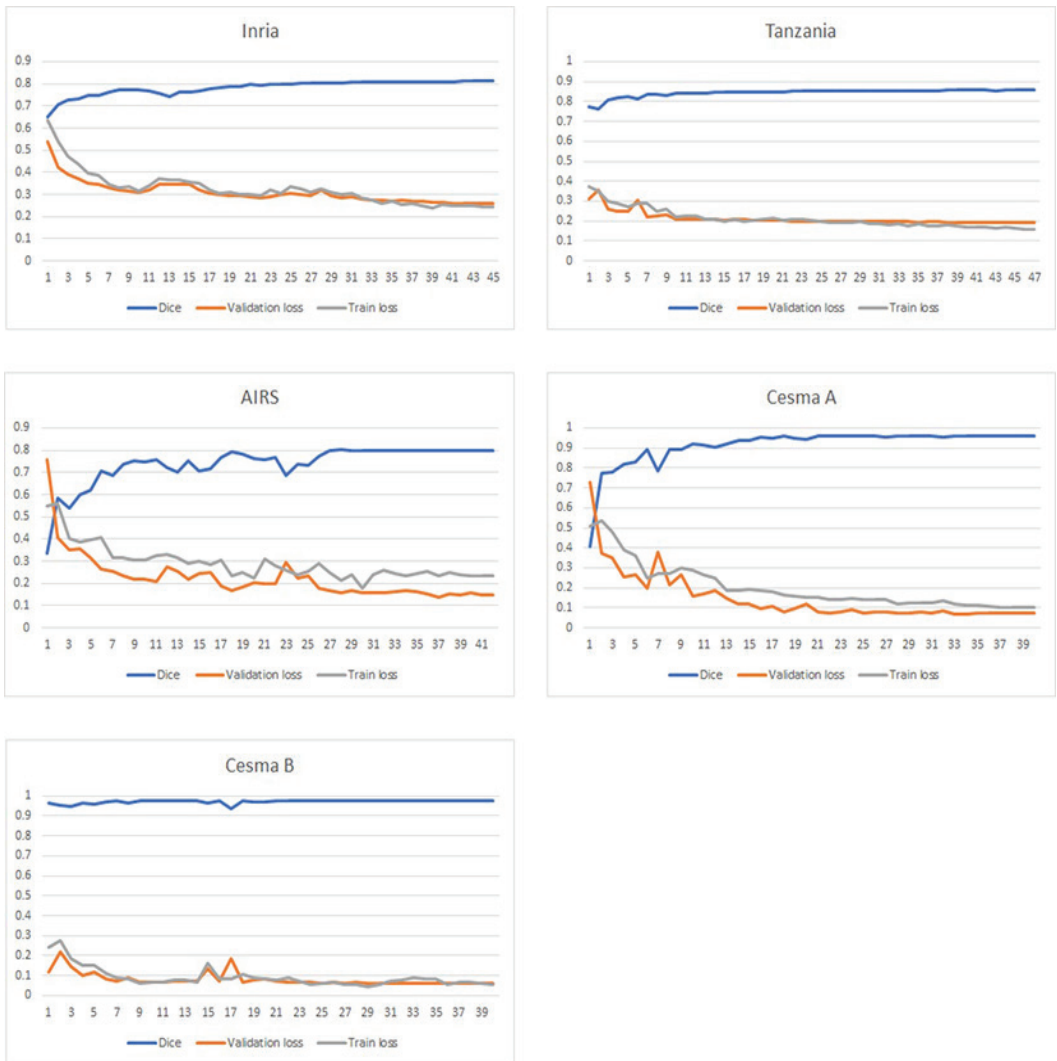


Figure 6: Training and validation loss and accuracy for the five models and dataset.

After the training stage is finished, testing and evaluation of the results are performed. The trained model is applied to predict building footprints firstly on the original test set, and then on the orthophoto (Cesma A) test set. Predictions are then compared to the ground truth labels, and values of the statistics are calculated. More details on statistics calculation are given in section 4. All models are evaluated on the same area of the orthophoto to provide consistency of results.

The training stage for the Cesma model B only differs in the segment of the input data fed to the network. For the Cesma model B training, validation and test sets are created by combining orthophoto and nDSM data as presented in Figure 2. The rest of the details regarding the workflow are the same as for the training of the first four models, as already described. In the testing stage, the trained model is applied to predict building footprints on the orthophoto test set combined with nDSM. In Figure 6, the loss and accuracy results are shown for the training and validation of the five different models.

As it can be seen, both training and validation loss decrease to the point of stable performance with the minimal gap between them indicating the good fit of the models (Figure 6). From the training and validation loss curves, it can be concluded that Inria, Cesma A and Cesma B model shows optimal fit, providing the best accuracy (Figure 6). The Tanzania model's losses highlight that overfitting is still observed, but it has a minimal impact on accuracy. For the AIRS model, slight underfitting is noticed; however, both curves show stable performance over the last ten epochs. As we explained earlier, the number of epochs was determined by early stopping to avoid overfitting and increase generalisation ability. A low number of epochs were expected, taking into account the size of the network and the size of the training dataset. However, the graphs and high accuracy indicated that the number of epochs was enough for fine-tuning of the pre-trained network for this specific task. The shape of curves doesn't suggest that the increase in the number of epochs would increase accuracy. Additionally, the accuracy of building footprint detection can be increased by increasing the training dataset's size and network depth. Tanzania, Inria, and AIRS models are tested using two different test sets (initial test set and Cesma A test set) to evaluate the approach used in this paper, while Cesma A and Cesma B models are tested using only one test set (Cesma A and Cesma B test set respectively), as described in the previous section. For each model, several metrics are used to evaluate models on the Cesma test data (Figure 1). As the primary evaluation metric, the IoU was used, due to its high correlation to geometry representation of the object, and it is the only metric presented for evaluation on the original test set. On the other hand, for evaluation on the orthophoto measures for Overall Accuracy (OA), Precision, Recall, F_1 and IoU metric are presents. The results of the accuracy assessment are presented in Table 4. The visual inspection of merged classified patches is presented on Figure 7.

As for the comparison among the freely available datasets, Inria model provided the highest accuracy in the test phase (test phase based on original test dataset). The work done by Khalel and El-Saban (2018) produced the IoU of 74.6% by using 2-levels U-Net and Inria dataset while Pan et al. (2019) used the generative adversarial network with spatial and channel attention mechanisms on the same dataset achieving the IoU of 74.92%. The reported results of IoU prove that the proposed approach achieved the state-of-the-art performance on the Inria dataset.

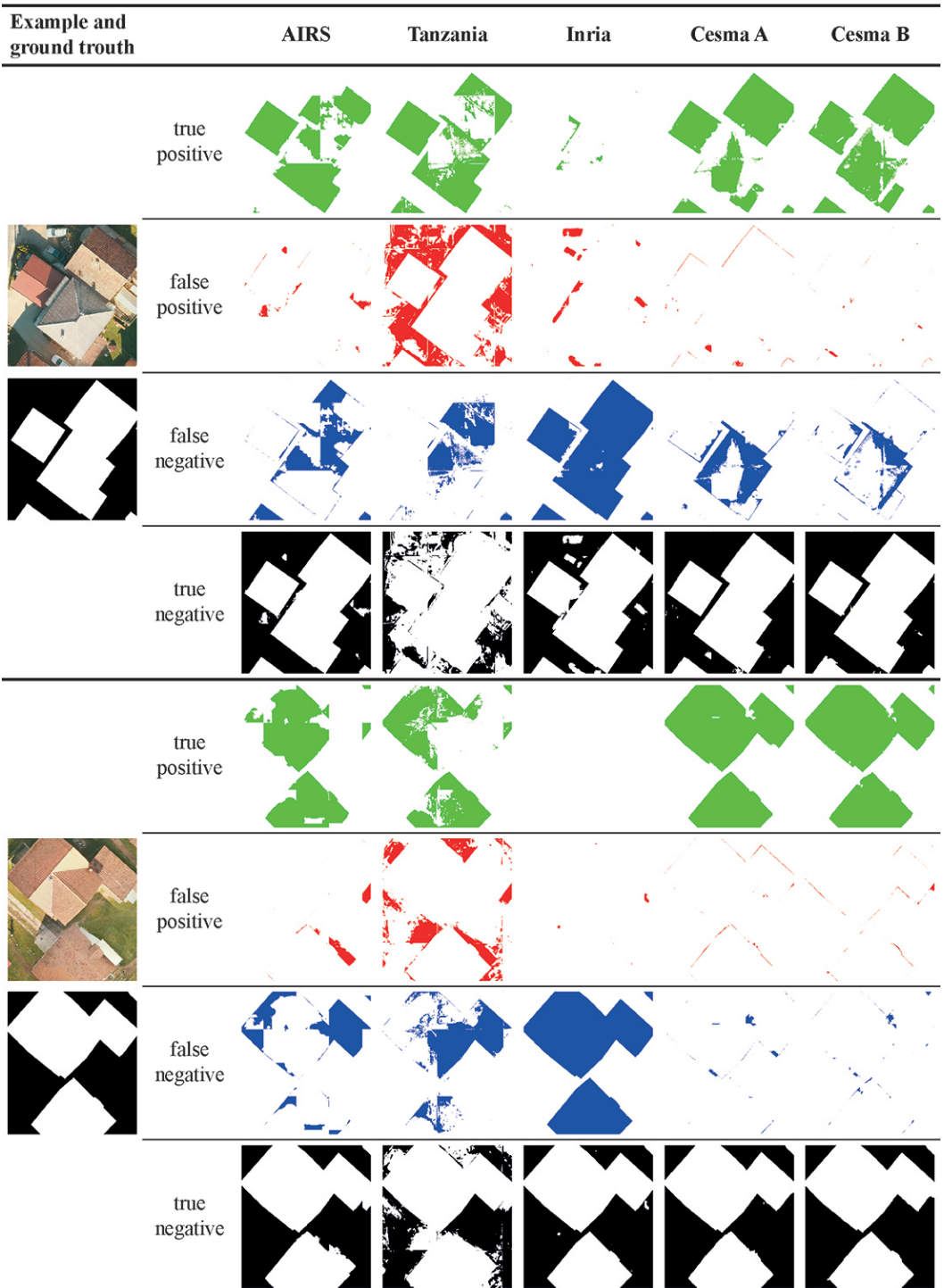


Figure 7: Examples of prediction results.

Table 4: Evaluation of the segmentation results. Measures of the Intersection over Union (IoU), overall accuracy (OA), precision and F_1 score for different models using original test data and test data created from orthophoto of the study area.

Model	Original test set		Orthophoto			
	IoU	OA	Precision	Recall	F_1	IoU
Tanzania model	70%	0.7986	0.6565	0.4495	0.5336	0.3639
Inria model	81%	0.7883	0.0966	0.2420	0.1381	0.0742
AIRS model	80%	0.9302	0.7204	0.8589	0.7836	0.6442
Cesma model A	Same as orthophoto	0.9793	0.9151	0.9652	0.9394	0.8858
Cesma model B	Same as orthophoto	0.9795	0.9233	0.9793	0.9505	0.9056

In the test phase based on Cesma A test dataset, the Inria model almost wholly omits the buildings producing low accuracy (Table 4). The low accuracy of Inria model is expected due to lower spatial resolution (30 cm vs 2.5 cm) and differences in ground truth data. Bad quality of the ground truth can make testing difficult, influence the results and cause uncertainty on incorrectly labelled features (Chena et al., 2019; Schuegraf and Bittner, 2019) and low precision (Table 4) indicating the significant underestimation of the area covered by buildings (7).

The values of precision and recall (Table 4) show that the model trained on Tanzania dataset cannot extract the building footprints well. The Tanzania model produces a high false-positive rate and low recall (0.45) value due to the misclassification of low albedo surfaces and shadows. Khalel and El-Saban (2018) reported a similar problem. The roofs in Tanzania dataset has more structural complexities (Figure 3) which cause more classification errors (Boonpook et al., 2018). Besides that, the dataset contains the significant number of not finished or demolished buildings producing high noise level and confusion of algorithm.

In addition, AIRS model is capable of extracting building footprints with high accuracy (0.86) however it also tends to misclassify the ground point as buildings (0.72) producing the moderate F_1 value (0.78).

Visual inspection shows that Cesma dataset is much more affected by illumination variance compared to the open datasets (Figure 3). Part of the rooftop oriented opposite of the sun was in the shadow and had a low reflection while the opposite side is bright and shows a high reflection in all bands. Different reflection confused the algorithm and caused false-negative pixels at rooftops. Also, the shadows caused by rooftop infrastructure such as antennas, chimney were misclassified.

Visual inspection shows the AIRS, and Cesma has similar characteristics regarding the rooftop shape and materials. On the other hand, the Inria and Tanzania have flat concrete or more complex rooftops made mostly from metal which is significantly different compared to Cesma datasets (Figure 3). Since the AIRS provided significantly higher IoU (0.64) comparing with Inria and Tanzania dataset (0.07 and 0.36), it is essential to note that rooftop geometry and roughness has a significant influence to the algorithm performance.

In addition, the visible structural organisation in different urban morphologies also causes models performance loss (Demir et al., 2018). The Cesma A and Cesma B produce significantly larger accuracy compared to publicly available datasets.

Comparison of the Cesma A and Cesma B evaluation results shows that the IoU has been improved by 1.98% when nDSM was used. Xu et al. (2018) obtained the accuracy improvement of 1.64% by using DSM. Usage of nDSM improves building segmentation on pixels that belong to the rooftop but have different

spectral values. Although the pixels that belong to the rooftop exposed to the sun and rooftop out of the sun have different spectral values, they have same nDSM values, so it will improve accuracy in those cases. Some pixels belonging to roads have similar spectral values to the building rooftops (Xu et al., 2018), but they have small nDSM values and will not be classified as buildings. As a result, usage of nDSM improves the capabilities and accuracy of the model in building segmentation. The results can be observed in 7.

4 CONCLUSION

Modern society requires accurately mapping of the buildings in the shortest time period possible, with the least amount of resources used. Although new technologies have made the quick acquisition of data possible, a considerable gap still exists in mapping this data. To overpass this gap and automate the process, the possibility of applying the transfer learning approach, using the U-Net model based on ResNet-34 architecture on different datasets and then applying this model to map buildings in Cesma was tested.

The usage of existing datasets increases the time efficiency of extraction of building footprints, but it is not proven that such datasets can efficiently be used to generalise in different parts of the world. The training and evaluation of the neural network proved that the Tanzania dataset contains a significant amount of noise with an *IoU* of 70%. Better results are achieved with AIRS and Inria datasets, with nearly identical *IoUs* of 80% and 81% respectively.

The application of neural networks trained on Tanzania, Inria and AIRS datasets showed low generalisation capability for the city of Banja Luka. Among the tested datasets, the poorest generalisation capability was shown by Inria model (*IoU*, 7.42%) although it had the best *IoU* on the original validation set. On the other hand, the best generalisation was achieved with AIRS model, with an *IoU* value of 64.42%. Although this value looks promising in comparison to that of the Inria and Tanzania models it is still not suitable to be applied for extraction of building footprints for urban planning because to perform quality urban planning; it is necessary to have an accurate location for each existing object. The former shows that it is not possible to efficiently apply the existing publicly available datasets for the training of neural networks that will be used for detection of building footprints in Banja Luka. The analysis of detected footprints provides deeper insight into the level of cadastral maps update, which is vital information to determine the usability of cadastral maps for urban planning. Based on accuracy assessment and visual comparison of results, it can be concluded that the difference in material, colour, and structure of rooftop significantly limits the generalisation ability of the proposed model. Much better results were achieved with a neural network trained on datasets created from the AOI orthophoto *IoU* 88.58%. A Combination of RGB orthophoto with nDSM resulted in a 2% increase in *IoU* due to the resolution of images and errors that could not be avoided during the creation of the orthophoto, which then caused errors in extraction of building footprints. In the future, the possibility of integration of building 3D models, created from point clouds, and detected building footprints for updating of cadastral maps need to be examined.

Literature and references:

- Agisoft Metashape User Manual. (2019). Retrieved from Agisoft: https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_1_5_en.pdf, accessed 25. 3. 2019.
- Axelsson, P. (2000). DEM generation from laser scanner data using adaptive TIN models. ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 33, 110–117.
- Bianco, S., Ciocca, G., Marelli, D. (2018). Evaluating the Performance of Structure from Motion Pipelines. *Journal of Imaging*, 4(8), 98. DOI: <https://doi.org/10.3390/jimaging4080098>

- Boonpook, W., Tan, Y., Ye, Y., Torsteeka, P., Torsri, K., Dong, S. (2018). A Deep Learning Approach on Building Detection from Unmanned Aerial Vehicle-Based Images in Riverbank Monitoring. *Sensors*, 18 (11), 3921. DOI: <https://doi.org/10.3390/s18113921>
- Carneiro, T., Medeiros Da Nóbrega, R. V., Nepomuceno, T., Bian, G.-B., De Albuquerque, V. H. C., Filho, P. P. R. (2018). Performance Analysis of Google Colaboratory as a Tool for Accelerating Deep Learning Applications. *IEEE Access*, 6, 61677-61685. DOI: <https://doi.org/10.1109/access.2018.2874767>
- Chen, Q., Wang, L., Wu, Y., Wu, G., Guo, Z., Waslander, S. L. (2019). Aerial Imagery for Roof Segmentation: A Large-Scale Dataset towards Automatic Mapping of Buildings. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 147, 42-55. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2018.11.011>
- de Kok, R., Schneider, T., Ammer, U. (1999). Object-Based Classification And Applications In The Alpine Forest Environment. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 32.
- Demir, I., Koperski, K., Lindenbaum, D., Pang, G., Huang, J., Basu, S., ... Raska, R. (2018). DeepGlobe 2018: A Challenge to Parse the Earth through Satellite Images. 2018 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW). DOI: <https://doi.org/10.1109/cvprw.2018.00031>
- Deng, J., Dong, W., Socher, R., Li, L.-J., Li, K., Fei-Fei, L. (2009). ImageNet: A large-scale hierarchical image database. 2009 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (pp. 248-255), 20-25 June 2009, Miami, FL. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICCV.2009.5206848>
- DJI Mavic Pro User Manual. (2017). <https://dl.djicdn.com/downloads/mavic/Mavic%20Pro%20User%20Manual%20V2.0-.pdf>, accessed 3. 11. 2018.
- Etten, A. V., Lindenbaum, D., Bacastow, T. M. (2018). SpaceNet: A Remote Sensing Dataset and Challenge Series. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/1807.01232>, accessed 25. 3. 2019.
- Girshick, R., Donahue, J., Darrell, T., Malik, J. (2014). Rich Feature Hierarchies for Accurate Object Detection and Semantic Segmentation. 2014 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 23-28 June 2014, Columbus, OH, USA. DOI: <https://doi.org/10.1109/cvpr.2014.81>
- Guo, Y., Shi, H., Kumar, A., Grauman, K., Rosing, T., Feris, R. S. (2018). SpotTune: Transfer Learning through Adaptive Fine-tuning. *CoRR*, abs/1811.08737. <https://arxiv.org/abs/1811.08737>, accessed 25. 3. 2019.
- He, K., Gkioxari, G., Dollár, P., Girshick, R. B. (2017). Mask R-CNN. 2017 IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), 2980-2988. DOI: <https://doi.org/10.1109/iccv.2017.322>
- He, K., Zhang, X., Ren, S., Sun, J. (2017). Deep residual learning for image recognition. 2017 IEEE Conference on Computer Vision (ICCV). Venice, Italy. DOI: <https://doi.org/10.1109/iccv.2017.322>
- Jakovljević, G., Govedarica, M., Alvarez-Taboada, F., Pajic, V. (2019). Accuracy Assessment of Deep Learning Based Classification of LiDAR and UAV Points Clouds for DTM Creation and Flood Risk Mapping. *Geosciences*, 9 (7), 323. DOI: <https://doi.org/10.3390/geosciences9070323>
- Khalel, A., El-Saban, M. (2018). Automatic Pixelwise Object Labeling for Aerial Imagery Using Stacked U-Nets. *ArXiv*, abs/1803.04953. <https://arxiv.org/abs/1803.04953>, accessed 25. 3. 2019.
- Kingma, D. P., Ba, J. (2015). Adam: A Method for Stochastic Optimisation. *CoRR*, abs/1412.6980. <https://arxiv.org/abs/1412.6980>, accessed 25. 3. 2019.
- Koc San, D., Turker, M. (2006). Automatic building detection and delineation from high resolution space images using model-based approach. *ISPRS Workshop on Topographic Mapping from Space*.
- Krizhevsky, A., Sutskever, I., Hinton, G. E. (2012). ImageNet classification with deep convolutional neural networks. *Neural Information Processing Systems*. <https://papers.nips.cc/paper/4824-imagenet-classification-with-deep-convolutional-neural-networks.pdf>, accessed 25. 3. 2019.
- Li, Y., Qi, H., Dai, J., Ji, X., Wei, Y. (2017). Fully Convolutional Instance-Aware Semantic Segmentation. 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) (pp. 4438-4446), 21-26 July 2017, Honolulu, HI, USA. DOI: <https://doi.org/10.1109/cvpr.2017.472>
- Long, J., Shelhamer, E., Darrell, T. (2015). Fully convolutional networks for semantic segmentation. 2015 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 7-12 June 2015, Boston, MA, USA. DOI: <https://doi.org/10.1109/cvpr.2015.7298965>
- Maggiori, E., Tarabalka, Y., Charpiat, G., Alliez, P. (2017). Can semantic labeling methods generalise to any city? the inria aerial image labeling benchmark. 2017 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 23-28 July 2017, Fort Worth, TX, USA. DOI: <https://doi.org/10.1109/igarss.2017.8127684>
- Maltezos, E., Ioannidis, C., Doulamis, A., Doulamis, N. (2018). Building Change Detection Using Semantic Segmentation on Analogue Aerial Photos. *FIG Congress 2018*, 6-11 May 2018, Istanbul, Turkey. https://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/fig2018/papers/ts11c/TS11C_maltezos_ioannidis_et_al_9252.pdf
- Martinez, L. I., Santos-Berbel, C. D., Pascual, V., Castro, M. (2019). Using Small Unmanned Aerial Vehicle in 3D Modeling of Highways with Tree-Covered Roadsides to Estimate Sight Distance. *Remote Sensing*. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs11222625>
- Mikołajczyk, A., Grochowski, M. (2018). Data augmentation for improving deep learning in image classification problem. 2018 International Interdisciplinary PhD Workshop (IIPHDW), 9-12 May 2018, Swinoujście, Poland. DOI: <https://doi.org/10.1109/iiphdw.2018.8388338>
- Milojević, B. (2018). Integrated urban planning in theory and practice. *Contemporary theory and practice in construction XIII*, (pp. 318-337), 24-25 May 2018, Banja Luka, B&H. DOI: <http://dx.doi.org/10.7251/STP1813323M>
- Mnih, V. (2013). Machine Learning for Aerial Image Labeling. PhD Thesis, Toronto: University of Toronto. https://www.cs.toronto.edu/~vmnih/docs/Mnih_Volodymyr_PhD_Thesis.pdf, accessed 5. 5. 2019.
- Pan, X., Yang, F., Gao, L., Chen, Z., Zhang, B., Fan, H., Ren, J. (2019). Building Extraction from High-Resolution Aerial Imagery Using a Generative Adversarial Network with Spatial and Channel Attention Mechanisms. *Remote Sensing*, 11 (8), 917. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs11080917>
- Powers, D. M. (2011). Evaluation: from Precision, Recall and F-measure to ROC, Informedness, Markedness and Correlation. *Journal of Machine Learning Technologies*, 2(1), 37-63. https://bioinfopublication.org/files/articles/2_1_1_JMLT.pdf

- Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., Farhadi, A. (2016). You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 27–30 June 2016, Las Vegas, NV, USA. DOI: <https://doi.org/10.1109/cvpr.2016.91>
- Ronneberger, O., Fischer, P., Brox, T. (2015). U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention - MICCAI 2015, (pp. 234–241), 5–9 October 2015, Munich, Germany. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-24574-4_28
- Sane, P., Agrawal, R. (2017). Pixel normalisation from numeric data as input to neural networks: For machine learning and image processing. 2017 International Conference on Wireless Communications, Signal Processing and Networking (WISPNET) (pp. 2221–2225), 22–24 March 2017, Chennai, India. DOI: <https://doi.org/10.1109/wispnet.2017.8300154>
- Schuegraf, P., Bittner, K. (2019). Automatic Building Footprint Extraction from Multi-Resolution Remote Sensing Images Using a Hybrid FCN. ISPRS International Journal of Geo-Information, 8 (4), 191. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijgi8040191>
- Ševo, I., Avramović, A. (2016). Convolutional Neural Network Based Automatic Object Detection on Aerial Images. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 13 (5), 740–744. DOI: <https://doi.org/10.1109/lgrs.2016.2542358>
- Soekhoe, D., van der Putten, P., Plaata, A. (2016). On the Impact of Data Set Size in Transfer Learning Using Deep Neural Networks. Advances in Intelligent Data Analysis XV, 50–60. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-46349-0_5
- Szegedy, C., Liu, W., Jia, Y., Sermanet, P., Reed, S., Anguelov, D., . . . Rabinovich, A. (2015). Going deeper with convolutions. 2015 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 7–12 June 2015, Boston, MA, USA. DOI: <https://doi.org/10.1109/cvpr.2015.7298594>
- Westoby, M. J., Brasington, J., Glasser, N. F., Hambrey, M. J., Reynolds, J. M. (2012). “Structure-from-Motion” photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications. Geomorphology, 179, 300–314. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.08.021>
- Wu, G., Shao, X., Guo, Z., Chen, Q., Yuan, W., Shi, X., . . . Shibasaki, R. (2018). Automatic Building Segmentation of Aerial Imagery Using Multi-Constraint Fully Convolutional Networks. Remote Sensing, 10 (3), 407. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs10030407>
- Xu, Y., Wu, L., Xie, Z., Chen, Z. (2018). Building Extraction in Very High Resolution Remote Sensing Imagery Using Deep Learning and Guided Filters. Remote Sensing, 10 (1), 144. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs10010144>
- Zhou, L., Zhang, C., Wu, M. (2018). D-LinkNet: LinkNet with Pretrained Encoder and Dilated Convolution for High Resolution Satellite Imagery Road Extraction. 2018 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW), 18–22 June 2018, Salt Lake City, UT, USA. DOI: <https://doi.org/10.1109/cvprw.2018.00034>



Kokeza Z., Vujasinović M., Govedarica M., Milojević B., Jakovljević G. (2020). Automatic building footprint extraction from UAV images using neural networks. Geodetski vestnik, 64 (4), 545–561.
DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2020.04.545-561>

Zoran Kokeza, MSc student

University of Banja Luka, Faculty of Architecture,
Civil Engineering and Geodesy
Bulevar vojvode Stepe Stepanovića 77/3
BiH-78000 Banja Luka, Bosnia and Herzegovina
e-mail: zorankokeza95@gmail.com

Miroslav Vujasinović, MSc student a

University of Banja Luka, Faculty of Architecture,
Civil Engineering and Geodesy
Bulevar vojvode Stepe Stepanovića 77/3
BiH-78000 Banja Luka, Bosnia and Herzegovina
e-mail: miroslav.vujasinovic@aggf.unibl.org

prof. Miro Govedarica, Ph.D.

University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences
Trg Dositeja Obradovića 6
SRB-21000 Novi Sad, Serbia
e-mail: miro@uns.ac.rs

assoc. prof. Brankica Milojević, Ph.D.

University of Banja Luka, Faculty of Architecture,
Civil Engineering and Geodesy
Bulevar vojvode Stepe Stepanovića 77/3
BiH-78000 Banja Luka, Bosnia and Herzegovina
e-mail: brankica.milojevic@aggf.unibl.org

assist. Gordana Jakovljević

University of Banja Luka, Faculty of Architecture,
Civil Engineering and Geodesy
Bulevar vojvode Stepe Stepanovića 77/3
BiH-78000 Banja Luka, Bosnia and Herzegovina
e-mail: gordana.jakovljevic@aggf.unibl.org

PRIMERJAVA VSEBNOSTI VODNE PARE V STOLPCU ZRAKA NA PODLAGI RADIOSONDAŽE TER OPAZOVANJ GPS IN FOTOMETRA

INTERCOMPARISONS OF PRECIPITABLE WATER VAPOUR DERIVED FROM RADIOSONDE, GPS AND SUNPHOTOMETER OBSERVATIONS

Shaoqi Gong, Wenqin Chen, Cunjie Zhang, Ping Wu, Jing Han

UDK: UDK: 528.28
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01
Prispelo: 8. 5. 2020
Sprejeto: 1. 10. 2020

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2020.04.562-577
SCIENTIFIC ARTICLE
Received: 8. 5. 2020
Accepted: 1. 10. 2020

IZVLEČEK

Atmosferska vsebnost vodne pare v stolpcu zraka PWV (angl. precipitable water vapor) je globalno izrednega pomena tako z vidika hidriološkega kroženja kot prenosa energije. Radiosonde, sončni fotometer in sprejemniki GPS (pa tudi širše GNSS) so postali temeljni instrumenti za terestrično opazovanje PVV. Pri študiji smo imeli na voljo vse tri instrumente, ki so bili hkrati nameščeni na opazovalnih postajah, ki so geografsko pokrivala tri tipične podnebne pasove. Podatke PWV z vseh instrumentov smo združili glede na čas opazovanj. Po tem, ko smo odstranili izstopajoča opazovanja, smo izvedli primerjavo vrednosti PWV za vsak par opazovanj različnih instrumentov. Ugotavljamo, da geografska širina in podnebje ne vplivata pomembneje na vrednosti PWV, pridobljene z radiosondažo, z opazovanji GPS ali opazovanji s fotometrom. Odstopanja v vrednostih PWV za katerikoli par instrumentov so normalno porazdeljena, kar pomeni, da v podatkih PWV ni sistematičnih pogreškov. Relativne razlike med vrednostmi PWV, pridobljenimi z radiosondažo in opazovanji GPS, so najmanjše, nekoliko večje so razlike med vrednostmi, pridobljenimi z radiosondažo in fotometrijo, največje razlike pa so med vrednostmi, pridobljenimi z opazovanji GPS in radiosondažo. Študija je zanimiva za spodbujanje uporabe sprejemnikov GPS (GNSS) in fotometrov za določanje vrednosti PWV namesto radiosondaže, saj takšna opazovanja omogočajo tudi visoko časovno ločljivost.

ABSTRACT

The atmospheric precipitable water vapour (PWV) plays a crucial role in the hydrological cycle and energy transfer on a global scale. Radiosonde (RS), sunphotometer (SP) and GPS (as well as broader GNSS) receivers have gradually been the principal instruments for ground-based PWV observation. This study first co-locates the observation stations configured the three instruments in the globe and in three typical latitudinal climatic regions respectively, then the PWV data from the three instruments are matched each other according to the observing times. After the outliers are removed from the matched data pairs, the PWV intercomparisons for any two instruments are performed. The results show that the PWV estimates from any two instruments have a good agreement with very high correlation coefficients. The latitude and climate have no significant influence on the PWV measurements from the three instruments, indicating that the instruments are very stable and depend on their performance. The PWV differences of any two instruments display the normal distribution, indicating non-systematic biases among the two PWV datasets. The relative differences between SP and GPS are the smallest, the middle between SP and RS, and those between GPS and RS are the largest. This study will be useful to promote GPS (GNSS) and SP PWV to be a substitute for RS PWV as a benchmark because of their high temporal resolutions.

KLJUČNE BESEDE

primerjava, vsebnost vodne pare v stolpcu zraka, fotometer, GPS, radiosondaža

KEY WORDS

Intercomparison, precipitable water vapour, sunphotometer, GPS, radiosonde

1 INTRODUCTION

The precipitable water vapour (PWV) is an important constituent in the atmosphere and plays a crucial role in the hydrological cycle and energy transfer on the global scale (Wang et al., 2007). With the atmospheric circulation, vertical transport, evaporation and condensation, the PWV can be formed clouds and precipitation to affect the evolution of the weather. Since the PWV absorbs solar and atmospheric infrared radiation and then releases latent heat, it is the most abundant and principal greenhouse gas in the atmosphere, which has a fundamental influence on the global climate change (Chou and Arking, 1981). Although the proportion of PWV in the atmosphere is very small, it shows a large spatial and temporal variability with values varying from less than 5 mm at the poles to about 50 mm near the equator (Mockler, 1995); thus accurate observation of water vapour is very significant to study hydrologic cycle, forecast regional weather and understand global climate because atmospheric PWV is one of the most important parameters in the numerical weather forecasting models and climate models (Gulstad and Isaksen, 2007).

As for the PWV measurement, there are three kinds of data sources: (1) the reanalysis PWV data by the grid-based numerical forecasting model, such as European Center for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF), National Centers for Environmental Prediction (NCEP) and National Center for Atmospheric Research (NCAR) (Dee et al., 2011; Robert et al., 2001); (2) space-based PWV data retrieved from satellite near-infrared and thermal infrared images, and GNSS radio occultation; (3) the ground-based measurements by portable instruments, such as radiosonde (Zhai and Eskridge, 1997), Sunphotometer (Halthore et al., 1997), Global Navigation Satellite Systems (GNSS) (Lu et al., 2016), microwave radiometer (Liu et al., 2009) and Raman lidar (Wang et al., 2015). The reanalysis data can provide global water vapour data, but the spatial resolution is rather low. The space-based water vapour data have high spatial resolutions and are used widely in the weather and climate research. However, the accuracies of remotely sensed water vapour data still need to be validated by ground observation data.

A radiosonde is the earliest instrument for observing atmospheric profile parameters, and the radiosonde data have been regarded as a benchmark to evaluate and calibrate satellite remotely sensed observations (Kuo et al., 2005). Liu et al. used radiosonde PWV data from 83 sites in China to validate MODIS PWV products in the near-infrared and thermal infrared channels (Liu et al., 2015). Zeng et al. assessed the accuracy of AIRS water vapour mixing ratio and PWV products against radiosonde soundings from 113 sites across China (Zeng et al., 2019). As GPS meteorology was established to determine information on the state of the atmosphere, Bevis et al. first presented an approach to retrieve atmospheric PWV from the ground-based GPS (Bevis et al., 1992). Ground-based GPS is independent of meteorological events and is able to provide PWV estimates with high accuracy and temporal resolution (a 5-min sampling frequency). At present the International GNSS Service (IGS) can provide the GNSS product data such as zenith hydrostatic delay (ZPD) at about 400 stations worldwide (UCSD, 2002), then ZPD can be calculated to PWV content by combining with the surface pressure and temperature data. Vaquero-Martinez et al. validated the water vapour products from multi-sensors including MODIS, GOME-2, OMI, SEVIRI and SCIAMACHY using ground-based GPS PWV data in the Iberian Peninsula as a benchmark (Vaquero-Martínez et al., 2017, 2018). Alraddawi et al. assessed the quality of three satellite PWV datasets from MODIS, AIRS and SCIAMACHY against ground-based GNSS water vapour data at three reference Arctic observation sites (Alraddawi et al., 2018). Sunphotometer is

easily deployed in the field campaigns to estimate aerosol optical depth (AOD) and column abundance of water vapour from direct sun measurements in the visible and near-infrared channels; they have been increasingly used in the validation of satellite retrievals and radiometric calibration of the satellite remote sensor (Zibordi et al., 2009; Soe et al., 2014). Sun photometer CE-318, which is made by the CIMEL Electronique company in France, has become the principal instrument on the Aerosol Robotic Network (AERONET). AERONET provides a continuous, long term and readily accessible datasets of spectral AOD and precipitable water vapour at more than 1000 stations in the globe (Holben et al., 1998). Shi et al. used sunphotometer PWV data from AERONET as a benchmark to validate the PWV products from TERRA/MODIS, FY-3C/VIRR and MERSI over the typical regions in China (Shi et al., 2018). Vijayakumar et al. validated the AOD and PWV data from MODIS images and ECMWF model during 2005-2015 with ground-based sunphotometer observations from AERONET over Pune, India (Vijayakumar et al., 2018). Nowadays, radiosonde, GPS receiver and sunphotometer have become the principal ground-based instruments and are used widely in the meteorological observation and climatological research, however, their relative accuracies of three instruments are rarely compared on a global scale. The main purpose of this research is to conduct a comprehensive intercomparison of PWV data derived from the measurements of the three instruments, which will be useful to promote ground-based GNSS and sunphotometer PWV to be a substitute for radiosonde PWV as a benchmark because of their high temporal resolutions.

The remainder of this paper is organized as follows: Section 2 presents the descriptions of PWV data from radiosonde, GPS and sunphotometer and the preprocessing methods; Section 3 discusses the relative differences of three instruments by the PWV intercomparisons in the globe and in the different latitudes respectively; Section 4 offers the summary and conclusions.

2 DATA AND METHODS

2.1 PWV data retrieved from the three instruments measurements

2.1.1 Radiosonde PWV data

Since the global radiosonde network was established in the early 1940s, radiosondes have been the principal instruments used for observing the upper atmosphere. There are over 1000 radiosonde sites distributed worldwide (Ware et al., 1996; Wang et al., 2005). The radiosonde balloons are launched twice a day at zero and twelve o'clock GMT to observe the atmospheric profiles at these stations. The observations include geopotential height, air temperature, air pressure, relative humidity, wind direction and wind speed at standard levels, including the surface and the atmospheric levels of 1000, 925, 850, 700, 500, 400, 300, 250, 200, 150 and 100 hPa. The column integrated amount of atmospheric PWV is calculated by the integral of average specific humidity from the ground to the upper atmosphere at 300 hPa. It is expressed as the following equation (Wang and Liu, 1993):

$$PWV = \frac{1}{g\rho} \int_{p_0}^p q(p) dp = \frac{1}{g\rho} \sum_{i=1}^n q_i \Delta p \quad (1)$$

where g is the acceleration due to gravity for 980 cm/s^2 ; the water density ρ is given as 1 g/cm^3 ; p_0 and p are the respective air pressures in the surface and top of the atmosphere, and Δp is the pressure differ-

ence between the upper and lower atmospheric layers; n is the number of atmospheric layers from the ground to the top of atmosphere; q_i is the mean specific humidity corresponding to atmospheric layer i , and it is given as equation (2):

$$q = \frac{662e}{p - 0.378e} \tag{2}$$

here e is the water vapour partial pressure in the unit of hPa, which is computed by the dew point temperature using the saturation vapour pressure (e_w) formulation. The formulation is proposed by the World Meteorological Organization, as shown in equation (3):

$$e_w = 6.11 \exp\left(\frac{17.62T}{T + 243.12}\right) \tag{3}$$

Here T is air temperature or dew point temperature in Celsius degree ($^{\circ}\text{C}$) (WMO, 2008). The radiosonde data are available from the Meteorological Observatory at Nanjing University of Information Science and Technology (NUIST), China.

2.1.2 GPS PWV data

The American GPS is the earliest and most widely used Global Navigation Satellite System, and it has good accuracy for positioning, navigation and timing (Natraš et al., 2019). The GPS system is composed of a constellation of 30 operational satellites at 20200 km above the Earth, and these satellites are distributed evenly in 6 orbital planes with 55° inclination, and the travelling period of each satellite is 12 sidereal hours (Wang et al., 2007), which makes sure the radio signals from more than four satellites to be transmitted at anywhere on the globe at any time. Due to the refraction of atmospheric molecules and water vapour, the radio signals from the GPS satellites to ground receivers will propagate through the troposphere and are always delayed. The total tropospheric delay along the zenith path (called as zenith path delay, ZPD) can be divided into two parts: a hydrostatic term (ZHD) affected by dry gases and a wet term (ZWD) caused by water vapour (Shi et al., 2015). The ZPD can be calculated from GPS measurements using mapping functions, and the ZHD is computed as a function of the elevation H , latitude ϕ , and surface pressure P_s the by a model as Equation (4) (Elgered et al., 1991),

$$ZHD = \frac{(2.2779 \pm 0.0024)P_s}{1 - 0.00266(2\phi) - 0.00028H} \tag{4}$$

Then the ZWD is obtained by the subtraction of ZHD from ZPD. The PWV amount is calculated by a proportional constant Π as Equation (5) and (6) (Bevis et al., 1992),

$$PWV = \Pi \cdot ZWD \tag{5}$$

$$\Pi = \frac{10^5}{(k_2' + \frac{k_3}{T_m})\rho R_v} \tag{6}$$

where $k_2' = (17 \pm 10)$ K/hPa and $k_3 = 3.776 \times 10^5$ K²/hPa are the constants for the refractive index of the atmosphere (Bevis et al., 1994; Iwabuchi, Naito and Mannoji, 2000; Jade et al., 2005; Senica et al., 2018); ρ is the water density; R_v is the specific gas constant for water vapour; and the atmospheric

water-vapour-weighted mean temperature T_m is approximately calculated by the air temperature T_0 on the ground as $T_m = 0.72T_0 + 70.2$ (Bevis et al., 1992). The ZPD, air temperature and air pressure on the ground, including in the meteorological files of GPS Receiver Independent Exchange (RINEX), are available from the Scripps Orbit and Permanent Array Center (SOPAC) (<ftp://cddis.gsfc.nasa.gov/>).

2.1.3 Sunphotometer PWV data

Sun photometer CE-318, commercially manufactured by the CIMEL Electronique company in France, has been used quite widely in the globe and is the principal instrument on the AERONET. It can automatically track and point to the sun by a motor with two microprocessors, and the microprocessor calculates accurately solar zenith and azimuth angle from the date and time and the geographical coordinates of the instrument. The instrument has an optical header with two collimators for observing the sun and the sky respectively, so it can measure direct solar irradiance, the almucantar irradiance and the principal plane irradiance from the skylight on the ground (Campmany et al., 2010). The optical header has eight filters to measure the irradiance at 1020 nm, 936 nm, 870 nm, 675 nm, 500 nm, 440 nm, 380 nm and 340 nm. The AOD and PWV can be derived from the direct solar irradiance while irradiances from skylight are retrieved to size distribution parameters and phase function of aerosol. AERONET provides globally distributed AOD, PWV and inversion products following the standard processing algorithm. These products are classified into three data quality levels: the unscreened for level 1.0, the cloud-screened and quality controlled for level 1.5, and the quality-assured for level 2.0 (Giles et al., 2019). The sunphotometer PWV data in the research are the level 2.0 of AERONET, which are downloaded on the source website at <http://aeronet.gsfc.nasa.gov/>.

The retrieved PWV from sunphotometer is based on a couple of solar direct radiometric observations in near-infrared channels at 1020 nm and 936 nm, which the 936 nm is a strong absorption channel of water vapour, whereas the 1020 nm is only impacted by the aerosol scattering. Regarding the absorption channel at 936nm, an equation is given as the following form according to the Beer-Bouguer-Lambert law (Liou, 2002):

$$V_1/V_0 = \exp[-\tau_{a1}m - k(mW)^b] \quad (7)$$

where V_0 and V_1 are respectively the extraterrestrial value and the measurement from sunphotometer at 936nm, τ_{a1} is the aerosol scattering optical depth at 936 nm, the optical air mass m can be calculated with solar zenith angle θ_0 , W is the PWV amount, and b and k are the coefficients for the optical filter of the instrument at 936nm and are generally determined by the manufacturer depending on the instrument characteristics. When both sides of equation (7) are taken the natural logs, it is transformed into equation (8):

$$\ln(V_1) + \tau_{a1}m = \ln(V_0) - k(mW)^b \quad (8)$$

In order to calculate the water vapour amount, the scattering AOD at 936 nm (τ_{a1}) is necessary. And the AOD at 1020 nm (τ_{a2}) is derived firstly from solar direct radiometric observations of the instrument. Because of a good adjacency between the two channels at 1020 nm and 936 nm, a linear relationship between τ_{a2} and τ_{a1} can be deduced for the standard atmosphere from a radiative transfer model, that is $\tau_{a1} = 1.16\tau_{a2}$ (Morys et al., 2001). Therefore, the PWV amount W is expressed as the following equation:

$$\left[\frac{\ln(V_0) - \ln(V_1) - 1.16m}{km} \right]^{1/2} \tag{9}$$

2.2 Co-location of PWV data from three instruments

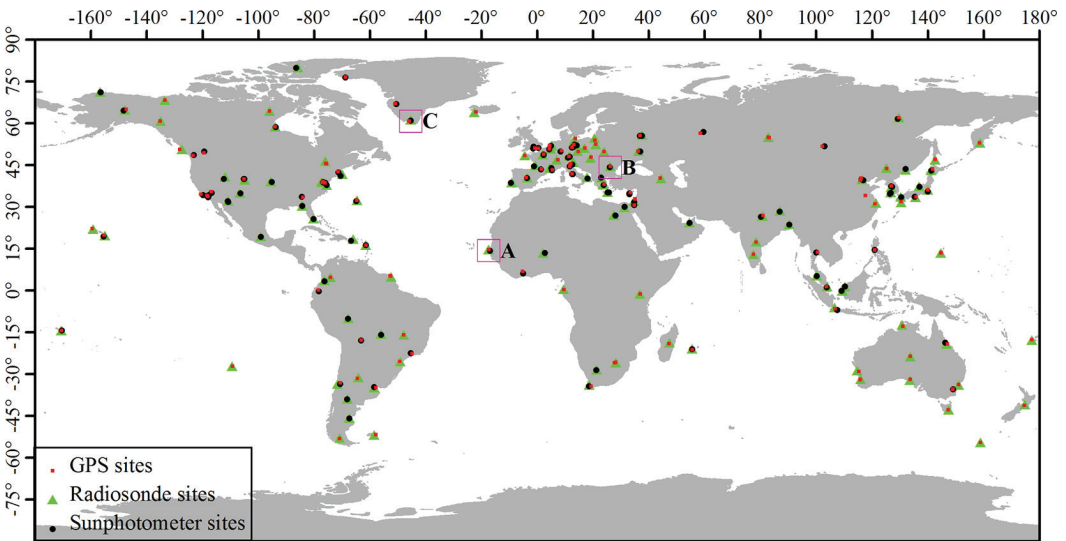


Figure 1: Co-located sites distribution map of three PWV instruments.

In order to inter-compare the relative differences of PWV data from the three ground-based instruments (radiosonde, GPS and sunphotometer), the observation positions and times for any two instruments must be matched. Since the observation station is dispersed for each instrument, the positions for any two instruments are co-located within 100 km referenced the previous studies (Dee et al., 2011; Smirnov et al., 2009; Xu, Luo, and Shi, 2009; Gong, 2018). The co-location procedure consists of the following steps and is implemented in the Geographic Information System software ArcGIS 10.5. Firstly, the station vector files for radiosonde, GPS and sunphotometer are respectively generated by the longitude and latitude data of all the stations worldwide. Secondly, all the stations of any two instruments are carried out the co-location. Taking instrument A and instrument B as an example, a circular buffer area with a radius of 100 km around each station of instrument B is created from its station vector file, and the station vector file of instrument A is clipped by the buffer file of instrument B so that the matched stations of instrument A are located in the buffer area of instrument B, then the clipped station vector file of instrument A is overlaid over the buffer file of instrument B using an intersection operation, which the spatial attributes of stations for the instrument A and B are joined and achieve the co-location of all the stations for the two instruments. Hence, the number of co-located stations is 126 for radiosonde, 128 for GPS and 124 for sunphotometer in the globe (Figure 1). Finally, the observation times of PWV data from any two instruments are matched. Since radiosonde observes the atmospheric profiles twice a day at zero and twelve o'clock GMT, GPS receiver obtains radio signal every 5 minutes, and sunphotometer points to the sun and measures the irradiances every 15 minutes, hence the time difference of the matched PWV data is ±5 minutes between radiosonde and GPS, ±15 minutes between radiosonde and sunphotometer and ±5 minutes between GPS and sunphotometer. All the PWV data from the three instruments are

collected from January to December 2017. Due to the stochastic errors in the measurements from the three instruments, there are some outliers among the matched PWV data pairs. All PWV differences between any two instruments twice higher than the standard deviation are regarded as outliers and are eliminated (Li, Muller and Cross, 2003; Birkenheuer and Gutman, 2005).

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Intercomparisons of PWV from three instruments in the globe

In order to determine the relative differences of PWV data from the three instruments, the multiple PWV comparisons for any two instruments are carried out for all co-located stations in the globe. The PWV scatter plot between two instruments is drawn, and the correlation coefficient (R), the root mean square difference (RMS), the mean bias (MB), the slope and intercept of the least-square regression line are computed. Furthermore, the frequency distribution histogram of PWV difference between two instruments is plotted, the difference statistics including frequency, mean, standard deviation (sd), skewness and kurtosis are calculated. Hence, the relative difference between any two instruments is evaluated by these statistical indices.

3.1.1 Comparisons of PWV between radiosonde and GPS in the globe

Figure 2a is the PWV scatter plot between GPS and radiosonde, the number of the matched data pairs is 13705, and the points are located near the 1:1 line in the scatter plot. This shows that GPS PWV data are in a very good agreement with the radiosonde ones, and their correlation coefficient is very high for 0.968. The mean bias of GPS PWV data relative to radiosonde ones is very large for -5.29 mm, indicating GPS PWV data are lower than radiosonde ones. And it is evident that most of the points are distributed on the right side of the 1:1 line in figure 2a. The least-square regression indicates that GPS PWV data is 0.903 times higher than radiosonde ones, with a zero-point offset of -2.669 mm. The slope (<1) and offset (<0) of the regression line implies a systematic underestimation for all the GPS PWV data. The RMS of GPS PWV data against radiosonde ones is 7.05 mm, which is much larger than the results about 1-3 mm by previous studies (Lu et al., 2016; Duan et al., 1996; Deblonde et al., 2005). For example, Tregoning et al. evaluated the absolute accuracy of GPS-derived PWV at Cape Grim, Tasmania during November and December 1995 and showed that the root mean square difference between GPS and radiosonde PWV was 1.5 mm (Tregoning et al., 1998). Ohtani and Naito investigated the accuracy of PWV obtained from the Japanese Global Positioning System network and indicated that the GPS PWV was 3.7 mm in term of root mean square difference and a mean bias of -2.7 mm compared with radiosonde observations (Ohtani and Naito, 2000). The large relative difference between GPS and radiosonde PWV data in this study is probably in connection with the comparison on a global scale, whereas the previous results are from the local regions. Since atmospheric water vapour varies quickly as space and season changed, the PWV measurements from ground-based instruments are often influenced by many factors, such as undersampling in the upper atmosphere, sensor freezing and subsequent latent heat release of atmosphere, and different time lags between wet and dry bulb temperature measurements for radiosonde (Bruegge et al., 1992; Campmany et al., 2010); GPS satellite orbits, elevation cutoff angle, mapping function, network configuration, surface air pressure and the atmospheric weighted-mean-temperature

for GPS-derived PWV (Tregoning et al., 1998; Wang et al., 2007), which results in the large difference between radiosonde and GPS worldwide. Furthermore, the observation paths of the two instruments are different. The balloon has a shift during ascent and the path of the radiosonde is declined and prolonged, whereas the path of radio signals is straight from GPS satellite to the tangent point on Earth. Hence, the column integrated amounts of PWV measured by the two instruments display rather different. Figure 2b is the frequency distribution histogram of PWV difference between radiosonde and GPS; the mean difference is -5.29 mm and the frequency is highest about 10% at this value, which approximates 1371 pairs of the matched PWV data. The standard deviation of PWV difference is 4.66 mm, meaning the most of differences within the range of -9.95 to -0.63 mm. Generally, the kurtosis and skewness of the standard normal distribution are 3 and 0, respectively. Here, the difference skewness is -0.56, indicating that the number of samples located in the left of the mean is a little larger than that of the right, but it is close to 0 for the standard normal distribution. The difference kurtosis, 2.80, approaches 3 for the normal distribution. Hence, the PWV difference histogram between GPS and radiosonde shows the normal distribution features, which suggests non-systematic bias among the two datasets.

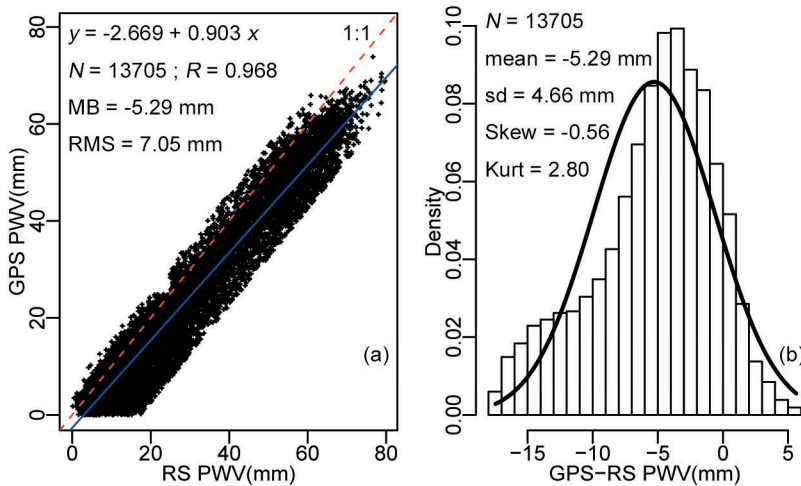


Figure 2: Comparison of the PWV from Radiosonde (RS) and GPS.

3.1.2 Comparisons of PWV between radiosonde and sunphotometer in the globe

Figure 3a is the PWV scatter plot between sunphotometer and radiosonde. Since sunphotometer works in the sunny and non-cloudy days, the number of the matched data pairs is relatively less for 3231, and the points are distributed around the 1:1 line in the scatter plot. This shows that sunphotometer PWV data agree well with the radiosonde ones, and a high correlation coefficient of 0.973 is observed between the two datasets. The least-square regression indicates that sunphotometer PWV data is 0.834 times higher than radiosonde ones, with an offset of 0.659 mm. The slope (<1) and offset (>0) of the regression line suggests a slight overestimation of sunphotometer PWV for low PWV amount and a slight underestimation for high PWV amount relative to radiosonde ones. The mean bias of sunphotometer PWV data in contrast to radiosonde ones is -2.22 mm, indicating that sunphotometer PWV data are a little lower than radiosonde ones, and the RMS of the two PWV datasets is 3.74 mm. Although the differences are

lower than those between GPS and radiosonde PWV data, they are higher than the previous results in local regions. For example, Campmany et al. compared the PWV measurements from sunphotometer and radiosonde during 2001-04 in Barcelona, Spain with the absolute difference of -2.62 mm and the RMSE of 1.76mm (Campmany et al., 2010). Halthore et al. suggested that the sunphotometer tended to underestimate an average of 10% PWV amount by the comparison with radiosonde data at Wallops Island, Virginia, in July 1993 (Halthore et al., 1997). The PWV retrieval uncertainty from sunphotometer observations is mainly attributed to the ageing effect of the filters, affecting the values of parameters k and b in equation (9). While cloud screening is incomplete, sunphotometer can underestimate the PWV amount. Similarly, the observation paths of the two instruments are also different, sunphotometer always points to the sun from ground during measuring, whereas the PWV integration from radiosonde data is never along the same line of sight as the measurement, which results in the large PWV difference between the two instruments. Figure 3b is the frequency distribution histogram of PWV difference between sunphotometer and radiosonde; the mean difference is -2.22 mm, and the highest frequency is about 15% at this value. The standard deviation of PWV difference is 3.01 mm, which implies the main differences ranging from -5.23 to 0.79 mm. The skewness and kurtosis of PWV difference are -0.39 and 2.88 respectively, approaching the thresholds of the standard normal distribution, which indicates that the PWV difference histogram between sunphotometer and radiosonde displays the normal distribution features and that there are no systematic biases among the two datasets.

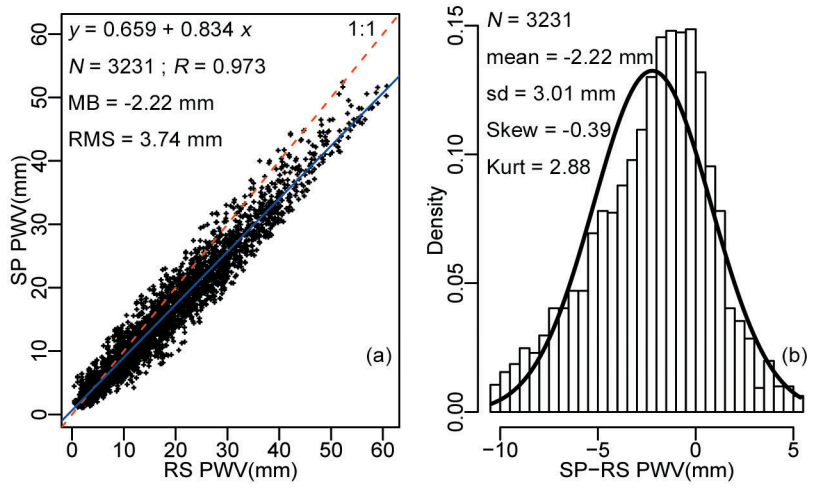


Figure 3: Comparison of PWV from Radiosonde (RS) and Sunphotometer (SP).

3.1.3 Comparisons of PWV between GPS and sunphotometer in the globe

Figure 4a is the PWV scatter plot between sunphotometer and GPS. Due to high sampling frequency of the two instruments with a 15-min period for sunphotometer and a 5-min period for GPS receiver, the number of the matched data pairs is the most for 138452 among the three comparisons, and the points are distributed on both sides of the 1:1 line in the scatter plot. This indicates that sunphotometer PWV data are very agreeable with the GPS ones, and a correlation coefficient of 0.959 is between the two datasets. The least-square regression concludes that sunphotometer PWV data is 0.879 times higher than GPS ones, with

an offset of 3.794 mm. The slope (<1) and offset (>0) of the regression line reveals a slight overestimation of sunphotometer PWV for low PWV amount and a slight underestimation for high PWV amount in contrast to GPS ones. The mean bias of sunphotometer PWV data against GPS ones is 1.84 mm, showing that sunphotometer PWV data are higher than GPS ones, and the RMS of the two PWV datasets is 3.65 mm. The mean bias and RMS are the lowest among the three comparisons, which is similar to the previous results. For example, Bokoye et al. compared sunphotometer derived PWV to GPS PWV at four Canadian sites during the period 2000-04 and showed the RMS of 1.4-4.8 mm and the mean bias of -4.1-1.2 mm (Bokoye et al., 2007). Figure 4b is the frequency distribution histogram of PWV difference between sunphotometer and GPS; the mean difference is 1.84 mm, and the highest frequency is about 14% at this value. The standard deviation of PWV difference is 3.50 mm, which suggests the main differences within the range of -1.66 to 5.34 mm. The difference skewness is 0.19, indicating that the number of samples distributed in the left of the mean is a little less than that of the right, and the difference kurtosis is 3.33. The skewness and kurtosis of PWV difference are very close to the thresholds of the standard normal distribution, indicating that the PWV difference histogram between sunphotometer and GPS displays the normal distribution features and that there are no systematic biases among the two datasets.

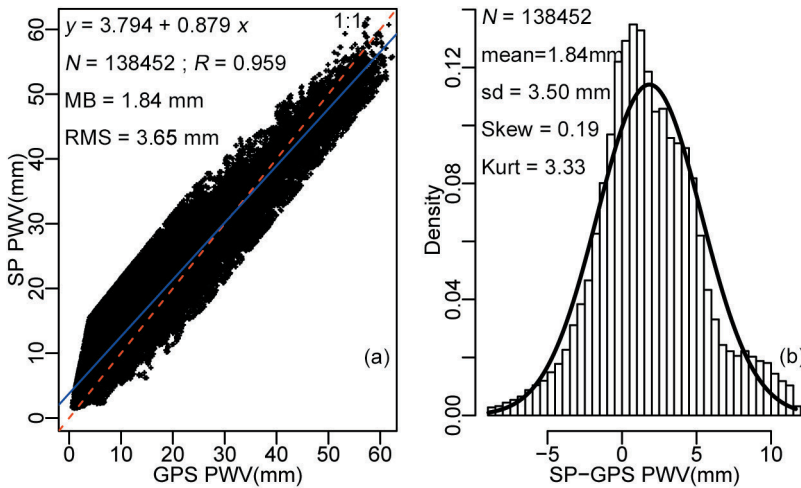


Figure 4: Comparison of the PWV from Sunphotometer (SP) and GPS.

3.2 Intercomparisons of PWV from three instruments in different latitudes

In order to determine the relative differences of PWV data from three individual instruments in different latitudes, the co-located stations in three typical climatic regions, including tropic, mid-latitude and sub-Arctic are selected in the study. The positions of the co-located stations are located respectively in area A, B and C in figure 1, and the detailed information of the co-located sites is listed Table 1. The height difference of the co-located sites is below 100 m for eliminating the influence of elevation on GPS-derived PWV. When the multiple PWV comparisons for any two instruments in different latitudes are performed, the time series charts of PWV data from any two instruments during the whole year in 2017 are drawn, and the correlation coefficient, mean bias and RMS are calculated in Table 2. Then relative differences between any two instruments in different latitudes are assessed by these statistical indices.

Table 1: Typical station of three instruments in three latitudinal regions.

	RS station				GPS station				SP station			
	No.	Lat(°)	Lon(°)	H(m)	Name	Lat(°)	Lon(°)	H(m)	Name	Lat(°)	Lon(°)	H(m)
Tropic	61641	14.73	-17.49	24	dakr	14.72	-17.44	51	Dakar	14.39	-16.96	4
Mid-Latitude	15420	44.50	26.13	91	bucu	44.46	26.13	113.2	Magurele_Inoc	44.35	26.03	19
Sub-Arctic	04270	61.18	-45.21	26	qaq1	60.72	-46.05	110.4	Narsarsuaq	61.16	-45.42	11

Table 2: Summary of intercomparison between radiosonde, GPS and sunphotometer PWV in three latitudinal regions.

	RS & GPS				RS & SP				SP & GPS			
	N	Bias	RMS	R	N	Bias	RMS	R	N	Bias	RMS	R
Tropic	278	-5.61	6.24	0.955	109	-4.43	5.45	0.937	11256	0.96	2.91	0.972
Mid-Latitude	551	-7.54	7.85	0.978	112	-3.23	4.12	0.982	12507	3.83	4.06	0.989
Sub-Arctic	452	-4.27	4.65	0.942	19	-1.41	1.56	0.986	3525	3.22	3.49	0.915

3.2.1 Comparisons of PWV between radiosonde and GPS in different latitudes

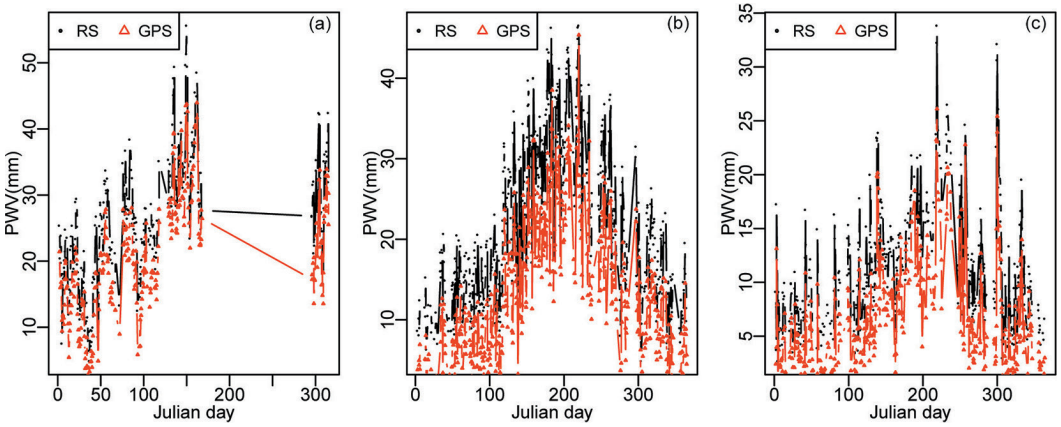


Figure 5: Time series chart of PWV from Radiosonde and GPS in three latitudinal regions: (a) Tropic, (b) Mid-Latitude and (c) Sub-Arctic.

Figure 5 is the time series charts of radiosonde and GPS PWV data at co-located stations in three latitudinal regions, the maximum PWV amount measured by the two instruments is in descending order from Tropic to Mid-latitude and then to Sub-Arctic. The individual GPS PWV point is always under the radiosonde PWV point in the chart, indicating that GPS PWV amounts are lower than radiosonde ones in different latitudes. Among the matched PWV data between radiosonde and GPS during the whole year in 2017, because the radiosonde PWV data from June 18 to October 22 are missed in the Tropic, the number of the matched data pairs is 278 from Table 2. The PWV data from the two instruments are very agreeable, with a high correlation coefficient of 0.955. The mean bias of GPS PWV relative to radiosonde PWV is -5.61 mm, and the RMS is 6.24 mm. The number of the matched data pairs in the Mid-latitude is 551, the two PWV datasets have a good relationship with a correlation coefficient of 0.978, and the mean bias and RMS are -7.54 mm and 7.85 mm respectively. The relative differences in the Mid-latitude are the largest in the three climatic regions. The number of the matched data pairs in

the Sub-Arctic is 452, the correlation coefficient of the two PWV datasets is 0.942, indicating that they agree well. The mean bias and RMS are the lowest in the three climatic regions, and they are -4.27mm and 4.65mm, respectively. In general, although GPS PWV data are in a very good agreement with the radiosonde ones in different latitudes and high correlation coefficients are between 0.942 and 0.978, the relative differences of PWV data between two individual instruments are rather higher, which the mean bias ranges from -4.27 mm to -7.54 mm and the RMS is within the range of 4.65 to 7.85 mm. This is probably due to the overestimation of radiosonde and the underestimation of GPS.

3.2.2 Comparisons of PWV between radiosonde and sunphotometer in different latitudes

Figure 6 is the time series charts of radiosonde and sunphotometer PWV data at co-located stations in three latitudinal regions; it is easy to be found that sunphotometer PWV amounts are also lower than radiosonde ones in different latitudes. Since radiosonde observes the atmospheric profiles only twice a day, the number of the matched data pairs for the individual instrument in different latitudes is few, but the PWV data from the two instruments agree well with high correlation coefficients from 0.937 to 0.986. Seen from Table 2, the number of the matched data pairs in the Tropic is 109; the mean bias is -4.43 mm and the RMS is 5.45 mm, which are largest relative differences in the three climatic regions. The number of the matched data pairs in the Mid-latitude is 112, and the relative differences are the middle with the mean bias of -3.23 mm and the RMS of 4.12 mm. The number of the matched data pairs in the Sub-Arctic is least for 19, the relative differences are the smallest, and the mean bias and the RMS are -1.41 mm and 1.56 mm respectively. The high relative differences between the two instruments probably result from the overestimation of radiosonde, especially in low and middle latitudes.

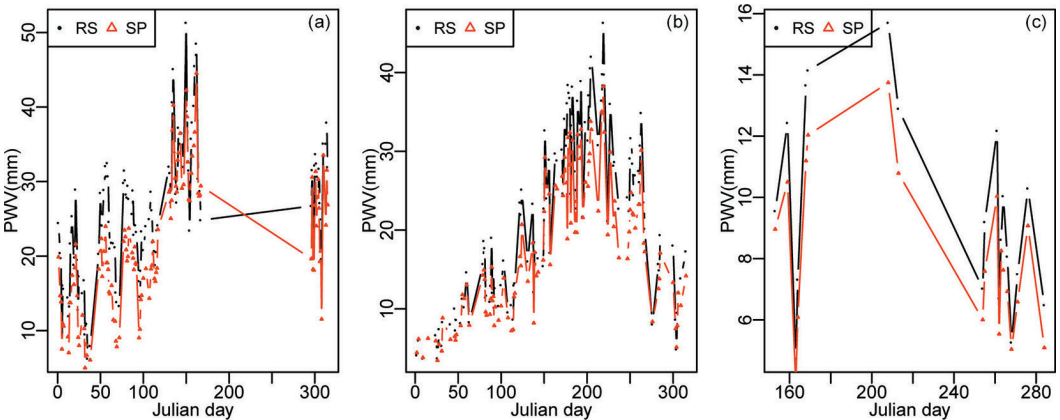


Figure 6: Time series chart of PWV from Radiosonde and Sunphotometer in three latitudinal regions: (a) Tropic, (b) Mid-Latitude and (c) Sub-Arctic.

3.2.3 Comparisons of PWV between GPS and sunphotometer in different latitudes

Figure 7 is the time series charts of sunphotometer and GPS PWV data at co-located stations in three latitudinal regions, the individual sunphotometer PWV point is always above the GPS PWV point in the chart, indicating that sunphotometer PWV amounts are higher than GPS ones in different latitudes. Since the sampling frequencies of sunphotometer and GPS receiver are very high, the numbers of the

matched data pairs in different latitudes are relatively large. The correlation coefficients of PWV data from the two individual instruments in different latitudes are very high and range from 0.915 to 0.989. This shows that the two instruments in different climatic regions have a good agreement for the measurements. Seen from Table 2, the number of the matched data pairs in the Tropic is 11256, the relative differences of the two instruments are the smallest in the three climatic regions, and the mean bias and the RMS are 0.96 mm and 2.91 mm respectively. The number of the matched data pairs in the Mid-latitude is 12507, the mean bias is 3.83 mm, and the RMS is 4.06 mm, which are the largest relative differences. Since sunphotometer, PWV data from January 1 to May 30 are missed in the Sub-Arctic, the number of the matched data pairs is least for 3525, and the relative differences are the middle with the mean bias of 3.22 mm and the RMS of 3.49 mm. The relative differences between sunphotometer and GPS are the least among the three comparisons in different latitudinal regions.

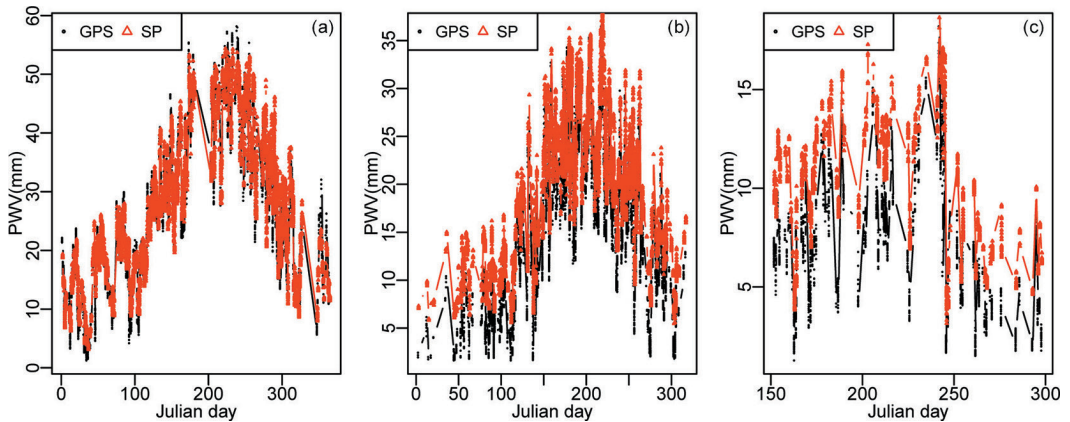


Figure 7: Time series chart of PWV from GPS and Sunphotometer in three latitudinal regions: (a) Tropic, (b) Mid-Latitude and (c) Sub-Arctic.

4 SUMMARY AND CONCLUSIONS

This study first matches the observation stations configured ground-based instruments including radiosonde, GPS receiver and sunphotometer in the globe and in three typical latitudinal climatic regions, then the PWV data from the three instruments are matched each other according to the observing times. After the outliers are removed from the matched data pairs, the multiple PWV comparisons for any two instruments are performed in the globe and in different latitudes. The following conclusions are drawn:

(1) It is found by the multiple PWV comparisons for any two instruments in the globe that the PWV estimates from each instrument show a good consistency with the correlation coefficient above 0.959. The PWV difference of any two instruments displays the normal distribution features, indicating non-systematic biases among the two PWV datasets. The relative differences between sunphotometer and GPS are the smallest, the middle for sunphotometer and radiosonde, and those between GPS and radiosonde are the largest. In general, the radiosonde PWV is overestimated, and sunphotometer PWV is medium, while GPS PWV is underestimated. Hence, the PWV amounts measured by radiosonde are the highest, the middle for sunphotometer, and GPS PWV amounts are the lowest.

(2) The PWV from any two individual instruments has a good agreement in different latitudes, and high correlation coefficients are within the range from 0.915 to 0.989. The PWV mean bias and RMS of any two instruments are always different in the three latitudinal climatic regions; this indicates that latitude and climate have no significant influence on the PWV measurements from three instruments, and that the instruments are very stable and depend on their performance characteristics. The relative differences in different latitudes are the smallest for sunphotometer and GPS, then for sunphotometer and radiosonde, the largest for GPS and radiosonde. As for individual instrument, the highest PWV amounts are still from radiosonde, then for sunphotometer, and the lowest for GPS PWV amounts. Generally, radiosonde is a conventional instrument for observing the upper atmosphere, and it has a long history and near-global coverage over land, but it is usually launched only twice a day. Sunphotometer has high observation frequency while it is limited to work in cloudless and sunny day. GPS receiver has not only high temporal resolution but also is unaffected by bad weather. Hence, GPS PWV is expected to become a promising datum after the amounts are calibrated by the radiosonde PWV.

Acknowledgements

This research was funded jointly by the National Research and Development Program of China (grant number:2020YFA0608203), the National Natural Science Foundation of China (grant number: 41801017), the construction project of weather modification in Northwest China from China Meteorological Administration (grant number: RYSY201907) and the Foundation of Key Laboratory of South China Sea Meteorological Disaster Prevention and Mitigation of Hainan Province, China (grant number: SCSF201909). The authors thank the AERONET and the SOPAC for the data support.

Literature and references:

- Alraddawi, D., Sarkissian, A., Keckhut, P., Bock, O., Noël, S., Beckki, S., Irbah, A., Meftah, M., Claud, C. (2018). Comparison of total water vapour content in the Arctic derived from GNSS, AIRS, MODIS and SCIAMACHY. *Atmospheric Measurement Techniques*, 11, 2949–2965. DOI: <https://doi.org/10.5194/amt-11-2949-2018>
- Bevis M., Businger S., Chiswell S., Herring T. A., Anthes R. A., Rocken C., Ware R. H. (1994). GPS meteorology: Mapping zenith wet delays onto precipitable water. *Journal of applied meteorology*, 33 (3), 379–386. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(1994\)033<0379:GMMZWD>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(1994)033<0379:GMMZWD>2.0.CO;2)
- Bevis, M., Businger, S., Herring, T. A., Rocken, C., Anthes, R. A., Ware, R. H. (1992). GPS meteorology: Remote sensing of atmospheric water vapor using the global positioning system. *Journal of Geophysical Research*, 97 (D14), 15787–15801. DOI: <https://doi.org/10.1029/92JD01517>
- Birkenheuer, D., Gutman, S. (2005). A comparison of GOES moisture-derived product and GPS-IPW data during IHOP-2002. *Journal of atmospheric and oceanic technology*, 22, 1838–1845. DOI: <https://doi.org/10.1175/jtech1814.1>
- Bokoye, A. I., Royer, A., Cliche, P., O'Neil, N. (2007). Calibration of sun radiometer-based atmospheric water vapor retrievals using GPS meteorology. *Journal of atmospheric and oceanic technology*, 22, 964–979. DOI: <https://doi.org/10.1175/JTECH2011.1>
- Bruegge, C. J., Conel, J. E., Green, R. O., Margolis, J. S., Holm, R. G., Toon, G. (1992). Water vapor column abundance retrievals during FIFE. *Journal of Geophysical Research*, 97 (D17), 18759–18768. DOI: <https://doi.org/10.1029/92JD01050>
- Campany, E., Bech, J., Rodríguez-Marcos, J., Sola, Y., Lorente, J. (2010). A comparison of total precipitable water measurements from radiosonde and sunphotometers. *Atmospheric Research*, 97, 385–392. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2010.04.016>
- Chou, M., Arking, A. (1981). An efficient method for computing the absorption of solar radiation by water vapor. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 38, 798–807. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0469\(1981\)038<0798:aemfct>2.0.co;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1981)038<0798:aemfct>2.0.co;2)
- Deblonde, G., Macpherson, S., Mireault, Y., Heroux, P. (2005). Evaluation of GPS precipitable water over Canada and the IGS network. *Journal of Applied Meteorology*, 44, 153–166. DOI: <https://doi.org/10.1175/jam-2201.1>
- Dee, D. P., Uppala, S. M., Simmons, A. J., Berrisford, P., Poli, P., Kobayashi, S., Andrae, U., Balmaseda, M. A., Balsamo, G., Bauer, P., Bechtold, P., Beljaars, A. C. M., van de Berg, L., Bidlot, J., Bormann, N., Delsol, C., Dragani, R., Fuentes, M., Geer, A. J., Haimberger, L., Healy, S. B., Hersbach, H., Hólm, E. V., Isaksen, I., Kållberg, P., Köhler, M., Matricardi, M., McNally, A. P., Monge-Sanz, B. M., Morcrette, J.-J., Park, B.-K., Peubey, C., de Rosnay, P., Tavolato, C., Thépaut, J.-N., Vitart, F. (2011). The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 137, 553–597. DOI: <https://doi.org/10.1002/qj.828>
- Duan, J., Bevis, M., Fang, P., Bock, Y., Chiswell, S., Businger, S., Rocken, C., Solheim,

- F., Hove, T. V., Ware, R., McClusky, S., Herring, T. A., King, R. W. (1996). GPS Meteorology: Direct estimation of the absolute value of precipitable water. *Journal of Applied Meteorology*, 35, 830–838. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0450\(1996\)035<0830:gmdoot>2.0.co;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(1996)035<0830:gmdoot>2.0.co;2)
- Elgered, G., Davis, J. L., Herring, T. A., Shapiro, I. I. (1991). Geodesy by radio interferometry: Water vapor radiometry of estimation of the wet delay. *Journal of Geophysical Research*, 96, 6541–6555. DOI: <https://doi.org/10.1029/90JB00834>
- Giles, D. M., Sinyuk, A., Sorokin, M. G., Schafer, J. S., Smirnov, A., Slutsker, I., Eck, T. F., Holben, B. N., Campbell, J. R., Welton, E. J., Korkin, S. V., Lyapustin, A. I. (2019). Advancements in the Aerosol Robotic Network (AERONET) Version 3 database – automated near-real-time quality control algorithm with improved cloud screening for Sun photometer aerosol optical depth (AOD) measurements. *Atmospheric Measurement Techniques*, 12, 169–209. DOI: <https://doi.org/10.5194/amt-12-169-2019>
- Gong, S. (2018). Evaluation of Maritime Aerosol Optical Thickness and Precipitable Water Vapor Content from the Microtops II Sun Photometer. *Optik*, 169, 1–7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2018.05.025>
- Gulstad, L., Isaksen, I. S. A. (2007). Modeling Water Vapor in the Upper Troposphere and Lower Stratosphere. *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences*, 18 (3), 415–436. DOI: [https://doi.org/10.3319/TAO.2007.18.3.415\(EA\)](https://doi.org/10.3319/TAO.2007.18.3.415(EA))
- Halthore, R., Eck, T., Holben, B., Markham, B. (1997). Sun photometric measurements of atmospheric water vapour column abundance in the 940nm band. *Journal of Geophysical Research*, 102 (D4), 4343–4352. DOI: <https://doi.org/10.1029/96jd03247>
- Holben, B., Eck, T., Slutsker, I., Tanré, D., Buis, J., Setzer, A., Vermote, E., Reagan, J., Kaufman, Y., Nakajima, T., Lavenue, F., Jankowiak, I., Smirnov, A. (1998). AERONET—a federated instrument network and data archive for aerosol characterization. *Remote Sensing of Environment*, 66, 1–16. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(98\)00031-5](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(98)00031-5)
- Iwabuchi, T., Naito, I., Mannoji, N. (2000). A comparison of global positioning system retrieved precipitable water vapor with the numerical weather prediction analysis data over the Japanese Islands. *Journal of geophysical research*, 105 (D4), 4573–4585. DOI: <https://doi.org/10.1029/1999JD901007>
- Jade, S., Vijayan M. S. M., Gaur V. K., Prabhu T. P., Sahu S. C. (2005). Estimates of precipitable water vapour from GPS data over the Indian subcontinent. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 67, 623–635. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2004.12.010>
- Kuo, Y., Schreiner, W. S., Wang, J., Rossiter, D. L., Zhang, Y. (2005). Comparison of GPS radio occultation soundings with radiosondes. *Geophysical Research Letters*, 32 (L05817). DOI: <https://doi.org/10.1029/2004GL021443>
- Li, Z., Muller J., Cross P. (2003). Comparison of precipitable water vapor derived from radiosonde, GPS, and Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer measurements. *Journal of Geophysical Research*, 108 (D204651), DOI: <https://doi.org/10.1029/2003jd003372>
- Liu, H., Tang, S., Zhang, S., Hu, J. (2015). Evaluation of MODIS water vapour products over China using radiosonde data. *International Journal of Remote Sensing*, 36 (2), 680–690. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431161.2014.999884>
- Liu, H., Wang, Y., Wang, J., Li, J., Cao, X., Xiong, B. (2009). Preliminary analysis of the characteristics of precipitable water vapor measured by the ground-based 12-channel microwave radiometer in Beijing. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences*, 33 (2), 388–396.
- Liou, K. N. (2002). *An introduction to atmospheric radiation*. Florida: Academic Press.
- Lu, C., Li, X., Ge, M., Heinkelmann, R., Nilsson, T., Soja, B., Dick, G., Schuh, H. (2016). Estimation and evaluation of real-time precipitable water vapor from GLONASS and GPS. *GPS Solution*, 20, 703–713. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10291-015-0479-8>
- Mockler, S. B. (1995). *Water vapor in the climate system*. Special report, AGU, Washington D. C.
- Morys, M., Mims III, F. M., Hagerup, S., Anderson, S. E., Baker, A., Kia, J., Walkup, T. (2001). Design, calibration, and performance of MICROTOPS II handheld ozone monitor and Sun photometer. *Journal of Geophysical Research*, 106, 14573–14582. DOI: <https://doi.org/10.1029/2001jd900103>
- Ohtani, R., Naito, I. (2000). Comparisons of GPS-derived precipitable water vapors with radiosonde observations in Japan. *Journal of Geophysical Research*, 105 (D22), 26917–26929. DOI: <https://doi.org/10.1029/2000jd900362>
- Robert, K., Kalnay, E., Collins, W., Saha, S., White, G., Woollen, J., Chelliah, M., Ebisuzaki, W., Kanamitsu, M., Kousky, V., Dool, H., Jenne, R., Fiorino, M. (2001). *The NCEP–NCAR 50-Year Reanalysis: Monthly Means CD-ROM and Documentation*. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 82 (2), 247–268. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(2001\)082<0247:tnnyrm>2.3.co;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(2001)082<0247:tnnyrm>2.3.co;2)
- Senica, A., Sterle O., Pavlovič Prešeren, P. (2018). Določitev vpliva troposfere na opazovanje GNSS iz niza radiosondaznih meritev v Ljubljani od oktobra do decembra 2017. *Geodetski vestnik*, 62 (3), 415–429. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2018.03.415-429>
- Shi, F., Xin, J., Yang, L., Cong, Z., Liu, R., Ma, Y., Wang, Y., Lu, X., Zhao, L. (2018). The first validation of the precipitable water vapor of multi-sensor satellites over the typical regions in China. *Remote Sensing of Environment*, 206, 107–122. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.12.022>
- Shi, J., Xu, C., Guo, J., Gao, Y. (2015). Real-time GPS precise point positioning-based precipitable water vapor estimation for rainfall monitoring and forecasting. *IEEE transactions on geoscience and remote sensing*, 53 (6), 3452–3459. DOI: <https://doi.org/10.1109/tgrs.2014.2377041>
- Smirnov, A., Holben, B. N., Slutsker, I., Giles, D. M., McClain, C. R., Eck, T. F., Sakerin, S. M., Macke, A., Croot, P., Zibordi, G., Quinn, P. K., Sciare, J., Kinne, S., Harvey, M., Smyth, T. J., Piketh, S., Zielinski, T., Proshutinsky, A., Goes, J. I., Nelson, N. B., Larouche, P., Radionov, V. F., Goloub, P., Moorthy, K. K., Matarrese, R., Robertson, E. J., Jourdin, F. (2009). Maritime Aerosol Network as a component of Aerosol Robotic Network. *Journal of Geophysical Research*, 114 (D06204). DOI: <https://doi.org/10.1029/2008JD011257>
- Soe, H., Gilerson, A., Foster, R., Wang, M., Arnore, R., Ahmed, S. (2014). Radiometric calibration of ocean color satellite sensors using AERONET-OC data. *Optics Express*, 22 (19), 23385–23401. DOI: <https://doi.org/10.1364/oe.22.023385>
- Tregoning, P., Reinout, B., Denis O'Brien, Martin, H. (1998). Accuracy of absolute precipitable water vapor estimates from GPS observations. *Journal of Geophysical Research*, 103 (D22), 28701–28710. DOI: <https://doi.org/10.1029/98jd02516>
- UCSD. (2002). *SOPAC/CSRC Garner GPS Archive*, <http://garner.ucsd.edu/>

- Vaquero-Martínez, J., Antón, M., Galisteo, J. P. O., Cachorro, V. E., Álvarez-Zapatero, P., Román, R., Loyola, D., Costa, M. J., Wang, H., Abad, G. G., Noël, S. (2018). Inter-comparison of integrated water vapor from satellite instruments using reference GPS data at the Iberian Peninsula. *Remote Sensing of Environment*, 204, 729–740. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.09.028>.
- Vaquero-Martínez, J., Antón, M., Galisteo, J. P. O., Cachorro, V. E., Costa, M. J., Román, R., Bennouna, Y. S. (2017). Validation of MODIS integrated water vapor product against reference GPS data at the Iberian Peninsula. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 63, 214–221. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jag.2017.07.008>
- Vijayakumar, K., Devara, P. C. S., Giles, D. M., Holben, B. N., Rao, S. V. B., Jayasankar, C. K. (2018). Validation of satellite and model aerosol optical depth and precipitable water vapour observations with AERONET data over Pune, India. *International Journal of Remote Sensing*, 39 (21), 7643–7663. DOI: <https://doi.org/10.1080/01431161.2018.1476789>
- Wang, B., Liu, G. (1993). An estimation of total atmospheric water vapor in the mainland of China. *Acta Geographica Sinica*, 48 (3), 244–253.
- Wang, J., Zhang, L., Dai, A., Hove, T. V., Baelen, J. V. (2007). A near-global, 2-hourly data set of atmospheric precipitable water from ground-based GPS measurements. *Journal of Geophysical Research*, 112(D11107). DOI: <https://doi.org/10.1029/2006JD007529>
- Wang, M., Fang, X., Hu, S., Hu, H., Li, T., Dou, X. (2015). Variation characteristics of water vapor distribution during 2000–2008 over Hefei (31.9°N, 117.2°E) observed by L625 lidar. *Atmospheric Research*, 164–165. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2015.04.003>
- Wang, J., Zhang, L., Dai, A. (2005). Global estimates of water-vapor-weighted mean temperature of the atmosphere for GPS applications. *Journal of Geophysical Research*, 110 (D21101). DOI: <https://doi.org/10.1029/2005JD006215>
- Ware, R., Exner, M., Feng, D., Gorbunov, M., Hardy, K., Herman, B., Kuo, Y., Meehan, T., Melbourne, W., Rocken, C., Schreiner, W., Sokolovskiy, S., Solheim, F., Zou, X., Anthes, R., Businger, S., Trenberth, K. (1996). GPS sounding of the atmosphere from low earth orbit: preliminary results. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 77 (1), 19–40. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1996\)077<0019:gsotaf>2.0.co;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1996)077<0019:gsotaf>2.0.co;2)
- WMO. (2008). *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation*. EOSTransactions, 8, 1–681.
- Xu, X., Luo, J., Shi, C. (2009). Comparison of COSMIC radio occultation refractivity profiles with radiosonde measurements. *Advances in Atmospheric Sciences*, 26 (6), 1137–1145. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00376-009-8066-y>
- Zeng, Z., Mao, F., Wang, Z., Guo, J., Gui, K., An, J., Yim, S. H. L., Yang, Y., Zhang, B., Jiang, H. (2019). Preliminary Evaluation of the Atmospheric Infrared Sounder Water Vapor over China Against High-Resolution Radiosonde Measurements. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 124, 3871–3888. DOI: <https://doi.org/10.1029/2018JD029109>.
- Zhai, P., Eskridge, R. (1997). Atmospheric water vapor over China. *Journal of Climate*, 10 (10), 2643–2652. DOI: [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1997\)10<2643:AWVOC>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1997)10<2643:AWVOC>2.0.CO;2)
- Zibordi, G., Holben, B., Slutsker, I., Giles, D., D'Alimonte, D., Mélin, F., Berthon, J., Vandemark, D., Feng, H., Schuster, G., Fabbri, B. E., Kaitala, S., Seppälä, J. (2009). AERONET-OC: A Network for the Validation of Ocean Color Primary Products. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 26 (8), 1634–1651. DOI: <https://doi.org/10.1175/2009JTECH0654.1>



Gong S., Chen W., Zhang C., Wu P., Han J. (2020). Intercomparisons of precipitable water vapour derived from radiosonde, GPS and sunphotometer observations. *Geodetski vestnik*, 64 (4), 562–577. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2020.04.562-577>

Shaoqi Gong

*Nanjing University of Information Science & Technology
School of Remote Sensing and Geomatics Engineering
Nanjing, 210044, China and
Key Laboratory of South China Sea Meteorological Disaster
Prevention and Mitigation of Hainan Province, Sanya, 570203,
China; National Climate Center, China Meteorological Admini-
stration, Beijing, 100081, China
e-mail: shaoqigong@163.com*

Wenqian Chen

*Nanjing University of Information Science & Technology
School of Remote Sensing and Geomatics Engineering
Nanjing, 210044, China
e-mail: wenqchen@163.com*

Prof. Cunjie Zhang*

*National Climate Center, China Meteorological Administration
and Key laboratory for Cloud Physics of China Meteorological
Administration, Beijing, 100081, China)
Beijing, 100081, China
e-mail: zhangcj@cma.gov.cn
Corresponding author

Ping Wu

*National Climate Center, China Meteorological Administration
Beijing, 100081, China
e-mail: wup@cma.gov.cn*

Jing Han

*Key Laboratory of South China Sea Meteorological Disaster
Prevention and Mitigation of Hainan Province
Sanya, 570203, China
e-mail: hanjing8361@163.com*

MOŽNOST DOLOČITVE VISOKO NATANČNEGA GEOIDA ZA OZEMLJE EGIPTA

POSSIBILITY TO DETERMINE HIGHLY PRECISE GEOID FOR EGYPT TERRITORY

Moamen Awad Habib Gad, Oleg Odalović, Sofija Naod

UDK: UDK: 528.21(620)

Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01

Prispelo: 15. 9. 2020

Sprejeto: 8. 12. 2020

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2020.04.578-593

SCIENTIFIC ARTICLE

Received: 15. 9. 2020

Accepted: 8. 12. 2020

IZVLEČEK

V članku predstavljamo rezultate študije, s katero smo preverjali, ali je mogoče na temelju dosegljivih globalnih in lokalnih podatkov o težnostnem polju določiti geoid z nekajcentimetrovsko natančnostjo za ozemlje Egipta. Pri tem smo si zastavili dva cilja. Najprej podajamo pregled objav na temo izračuna geoida, sledi predstavitev aktualnih globalnih geopotencialnih modelov (GGM) za območje Egipta. Analiza obstoječih modelov geoida v Egiptu je pokazala, da so izračunani na temelju neustrezne porazdelitve podatkov z nekonsistentnim vzorčenjem. Tudi danes za območje Egipta ni dovolj podatkov za izračun geoida. Za rešitev težave smo izbrali pristop podatkovnega okna ter uporabili tehniko kolokacije po metodi najmanjših kvadratov (angl. least square collocation – LSC). Rezultati so zanimivi in sprejemljivi, saj znaša standardna deviacija za odstopanja izračunanega geoida od vrednosti na kontrolnih točkah 11 centimetrov.

ABSTRACT

This paper presents an attempt to consider whether it is possible to determine a geoid at the centimetre level in the territory of Egypt based on recently available global and local gravity field data. The paper has two main objectives. Firstly, the paper overviews previously published geoid solutions, while the second objective investigates the performance of the recent global geopotential models (GGM) in Egypt. The existing geoid solutions have illustrated that there is an insufficient distribution of data which is sampled inconsistently. At this time, data deficiency still exists, and to overcome it, we have selected a "data window" and applied the Least Square Collocation (LSC) technique. The outcome from LSC was interesting and acceptable, and we obtained a "sample" geoid that has a standard deviation of 11 cm for the external control points.

KLJUČNE BESEDE

geoid, geopotencialni model, GGM, kolokacija, LSC, geoid Egipta, Egipt

KEY WORDS

geoid, geopotential model, GGMs, collocation, LSC, Egypt geoid, Egypt

1 INTRODUCTION

Over the last few decades, the demand for high-resolution geoid models has grown, especially after the widespread use of the Global Navigation Satellite System (GNSS). With the broad use of the GNSS in surveying and mapping, vertical geodetic datum transformations are still a critical issue in Egypt. Many countries have already developed geoid models that play an essential role in the derivation of orthometric heights from GNSS observations. In Egypt, there have been several geoid evaluations until now, but the determination of the geoid is still an important and essential issue (Shaker, El Sagheer and Saad, 1997).

The determination of Earth's shape and its external gravity field by using data collected on Earth's surface represents a solution to the geodetic boundary value problem (GBVP). Depending on the boundary data given on the boundary surface and the type and number of unknown functions to be solved, different formulations of the GBVP exist. Stokes' Boundary Value Problem deals with the determination of a potential field, harmonic outside the masses, associated with Laplace's differential equation. Observables, in this case, are gravity anomalies given everywhere on the geoid. Thus, this approach is based on a reduction of observational data for gravitational effects induced by the topographical masses. In a mathematical sense, Stokes' BVP belongs to the class of the "free" boundary value problem (boundary surface is of unknown geometry) with oblique derivative associated with the Laplace operator. Many reference materials are available for this subject (Heiskanen and Moritz, 1967; Heck, 2003; Sansò and Rummel, 1997; Grafarend and Niemeier, 1971).

Practically, the modified Stokes' formula that combines local terrestrial data with a global geopotential model (GGM) is often used nowadays. The optimum modification of Stokes' formula, introduced by (Sjöberg, 2003), is employed so that the expected mean square error of the combined geoid height is minimised. According to this stochastic method, the approximate geoid height is first computed from the modified Stokes' formula using surface gravity data and a GGM. The precise geoid height is then obtained by downward continuation and by adding topographic and ellipsoidal corrections to the approximate geoid height.

The commonly adopted and applied approach to regional gravimetric geoid determination is the so-called Remove-Compute-Restore (RCR) technique (Schwarz, Sideris and Forsberg, 1990). The complete expansion of GGMs is used in conjunction with regional terrestrial gravity data via the spherical Stokes' integral. In principle, in the RCR technique, any a priori known signal features are first removed from the observed data, before the prediction process, and then appropriately added back (restored) to the predicted features. After the removal of those effects, the resulting residual could be treated practically as centred data with minimum signal mean and standard deviation. The removal usually involves low-frequency global features, implied by an appropriate high-resolution harmonic model of global geopotential. Moreover, a suitable high-resolution Digital Terrain Model (DTM) is usually used to account for local topographic effects (Figure 1).

The following factors that affect the quality and accuracy of the necessitated precise geoid model for Egypt are:

- The amount, quality, and distribution of the available terrestrial gravity data,

- Existing GGMs quality and spatial resolution, and
- Quality and accuracy of GPS/levelling (GPS/H) derived undulations

The LSC algorithm is a flexible tool for combining all possible heterogeneous data in one unified solution to solve any desired type of anomalous signals. The LSC estimated signals, which have minimum error variance among all other solutions, could also be evaluated at any optional point (Moritz, 1978; Moritz, 1980). This study's main objective is whether it is possible to determine the geoid at the centimetre level in the territory of Egypt by using LSC.

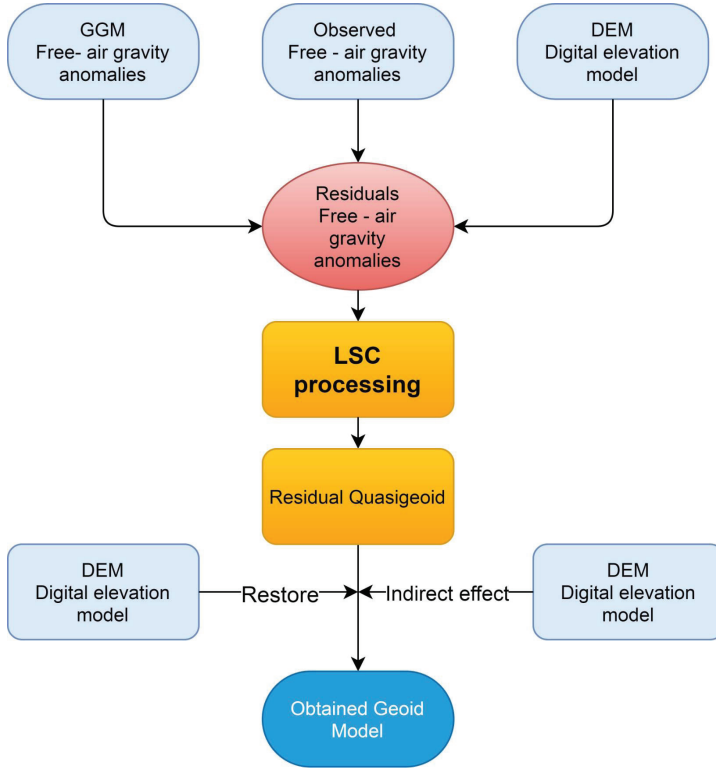


Figure 1: Overview of data processing steps for remove-compute-restore procedure.

The gravity anomaly Δg is the difference between the observed gravity value g , after the atmospheric correction δ_A and a normal or theoretical gravity value γ , at the mean Earth's ellipsoid (Moritz, 1980):

$$\Delta g = g + \delta_A - \gamma \tag{1}$$

Especially, if the homogeneous input data are free-air anomalies, Δg , then the GGM low-frequency part, Δg_{GGM} and topographic effect, Δg_{TOPO} , could be removed from the local data to obtain the residual anomalies, Δg_R (Forsberg and Tscherning, 1981):

$$\Delta g_R = \Delta g - \Delta g_{GGM} - \Delta g_{TOPO} \tag{2}$$

Hence, the obtained Δg_R values are then used as input for LSC to predict the corresponding values of undulation, while the values of height anomalies are determined as shown in eq. (3):

$$\zeta = \zeta_{REF} - \zeta_{GGM} - \zeta_{TOPO}, \tag{3}$$

where ζ_{REF} is computed from residual gravity anomalies employing, for example, the Stokes' integral or LSC, ζ_{GGM} is the long-wavelength part and ζ_{TOPO} is the short-wavelength part determined by using DTM from Shuttle Radar Topography Mission (SRTM).

Based on the determined height anomalies, it was necessary to use the following formula to determine geoid undulation from height anomalies and Bouguer anomaly as (Heiskanen and Moritz, 1967):

$$N = \zeta + \frac{\Delta g_B}{\bar{\gamma}} H^o, \tag{4}$$

where Δg_B are Bouguer anomalies, H^o is the orthometric height, and $\bar{\gamma}$ is the mean normal gravity along the normal plumb line between ellipsoid and telluroid.

A schematic diagram of the general computation procedure, which is considered as one of the possible solutions is depicted in Figure 2. The processing procedures consist of:

- (1) Computation of gravity anomalies and geoid undulation values from observed data.
- (2) Calculating the corresponding gravity anomalies values and height anomalies from GGM to obtain the differences between them (i.e., the residual values).
- (3) Using the remove-restore strategy to:
 - remove the effect of a GGM
 - remove the effect of the topography.
- (4) Estimating the empirical covariance function for the residual data after the computation of terrain correction.
- (5) Determining the parameters of analytic representation of the empirical covariance function.
- (6) Using LSC to determine residual quasigeoid undulations from gravity data only (gravimetric quasigeoid), verifying error estimates of data, and checking for gross errors, which could be removed if the errors are large. Otherwise, new data could be added, and the previous step could be repeated.
- (7) Restoring the effect of the residual topography and adding the contributions from the GGMs.
- (8) Applying the ellipsoidal correction.
- (9) Transform height anomaly into geoid undulation.
- (10) Checking the developed model by comparing its results against the known GPS/H control points.

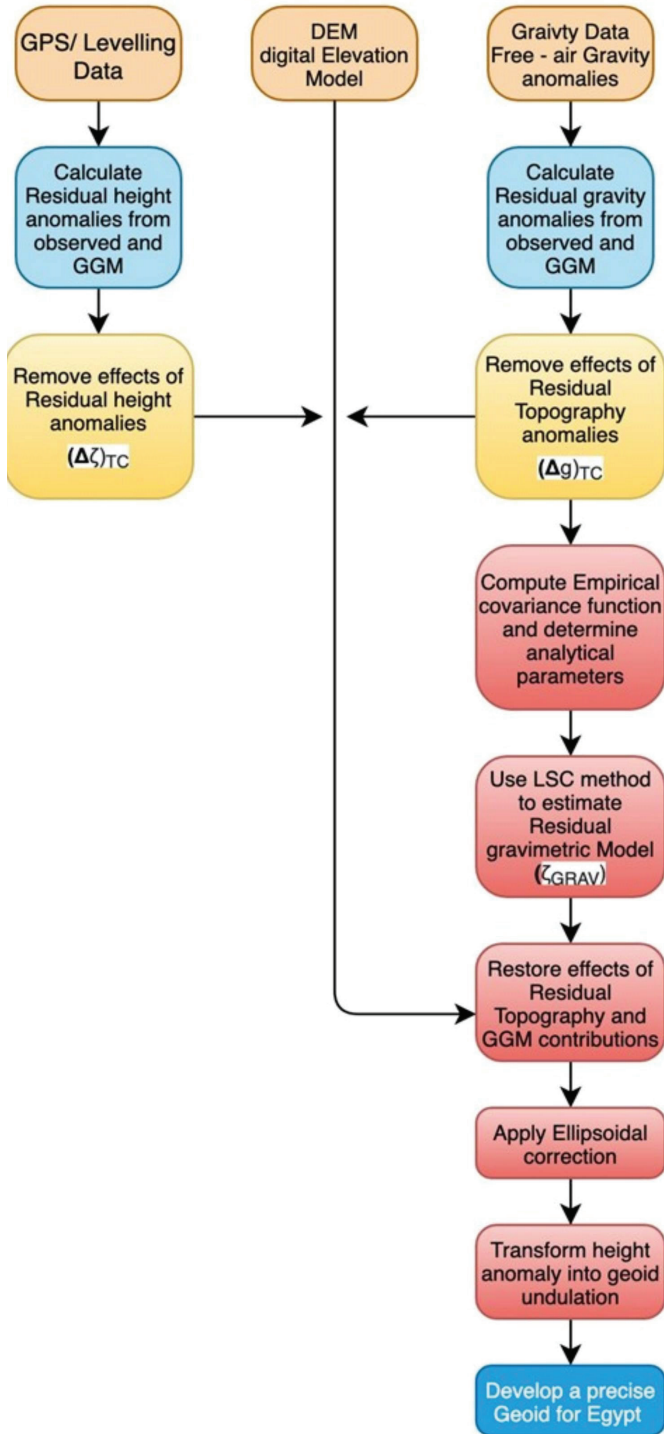


Figure 2: Flowchart of the procedure of developing a precise geoid model for Egypt.

2 AVAILABLE DATA AT THIS TIME

The local gravity data used in this study has been grouped into four sets.

The first set mostly consists of previously available free-air gravity anomalies gathered at 1849 points. The sources of this data are documented in many previous works (Amin, El-Fatairy and Hassouna, 2002; 2003a; El Tokhy, 1993), with -4.37 mGal as mean (average) and 0.73 mGal as standard deviation. Besides, free-air gravity anomaly values at 267 points were obtained from the Bureau Gravimetric International (BGI), where their mean value is -6.09 mGal, and the standard deviation is 0.24 mGal. The total number of the first set is 2116 data points. Figure 3 shows an irregular distribution of the available gravity anomaly data with large gaps, especially over the land. The data coverage is relatively homogeneously distributed over the seas.

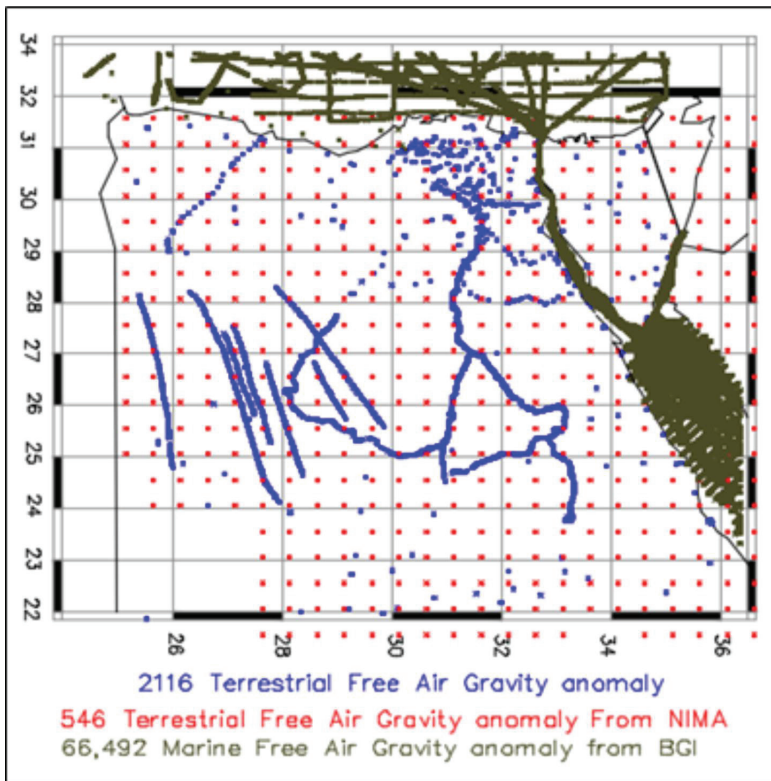


Figure 3: Spatial distribution of the available terrestrial and marine gravity anomalies data points.

The second set consists of marine free-air gravity anomalies at 66,492 points, which have been gathered by BGI with an average -26.15 mGal and 7 mGal standard deviations. Most of the measurements were executed and supervised by the General Petroleum Company under the Egyptian Academy of Sciences and Technology (Kamel and Nakhla, 1987). The National Gravity Standard Base Net of Egypt (NGSBN77) consists of 71 stations with standard deviations ranging from 0.01 to 0.18 mGal (Figure 4). It includes existing stations of the International Gravity Standardization Net 1971 (IGSN71) in Egypt (11 stations). The standard error of the adjusted IGSN71 gravity values was less than ± 0.1 mGal (Morelli et al., 1972).

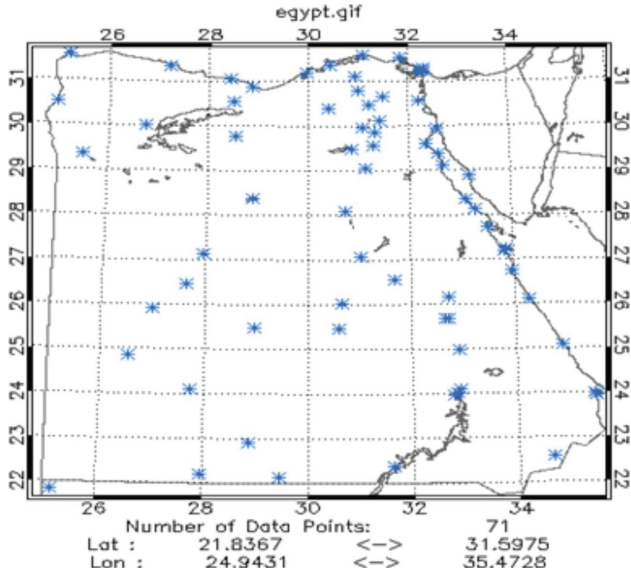


Figure 4: The National Gravity Standard Base Net (NGSBN77).

The third set covers 546 gravimetric data points from the National Imagery and Mapping Agency (NIMA) terrestrial data (Figure 3) and 1240 local Ground Control Points gathered from different construction projects.

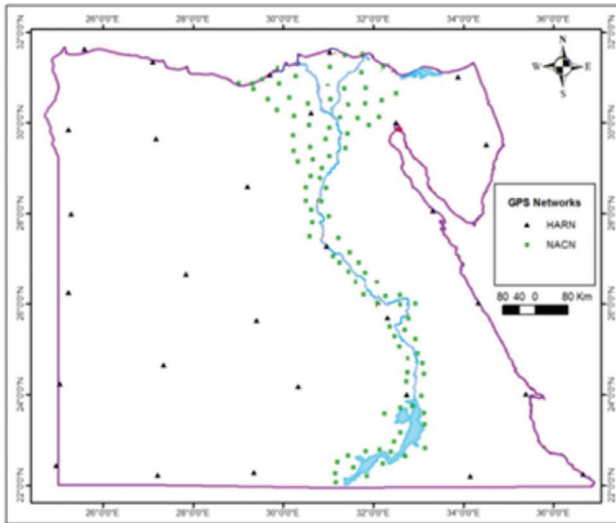


Figure 5: First and second-order geodetic networks HARN and NACN (Dawod and Ismail, 2005).

The fourth set includes the GPS/H undulation data points obtained from the first order geodetic network (High Accuracy Reference Network – HARN) that covers the entire Egyptian territory and consists of 30 stations with an approximate separation of 200 km. The second network is the National Agricultural Cadastral Network (NACN) that mainly covers the Nile valley and the Delta. NACN consists of 112 stations, with an approximate station separation of 50 km. Both networks are depicted in Figure 5 (Da-

wod and Ismail, 2005). Also, additional 670 data points had been collected from several sources, such as construction or petroleum projects.

3 CHRONOLOGY OF ATTEMPTS FOR GEOID DETERMINATION IN EGYPT

Several attempts have been performed for geoid determination in Egypt. A typical result for all these attempts is the low accuracy of the estimated geoid undulations, especially over areas lacking enough data.

Egyptian Geodetic Datum (EGD) was defined in 1907 with Helmert 1906 ellipsoid as a reference ellipsoid. The geoid undulation was set to zero at the initial point (station F1 located at Al-Mouqatam Mountain). Mean Sea Level computed at Alexandria tide gauge, based on low/high water daily readings through the period 1898-1906, was adopted as Egypt's geoid (Cole, 1944). Alnaggar developed the first geoid in 1986 using the LSC technique and heterogeneous data. That geoid referred to the WGS72 global geodetic datum with 16.47 m as a mean value, and 3.3 m in terms of root mean square (RMS) (Dawod, 2009).

In 1993, El-Tokhey developed a geoid relative to the GRS80 datum using gravity, astronomic, Doppler, and GPS data. In the same year, (Saad, 1993) investigated the accuracy improvements and redefinition of the Egyptian vertical control networks (Dawod, 2009). At the same time, Nassar, Hanafy and El-Tokhey (1993) developed the Ain Shams University (ASU93) national geoid, which was based on applying the LSC.

In 1995 El-Sagheer applied Fast Fourier Transformation (FFT) techniques to generate a DTM called DTM-95, which was used to predict the geoid with 32.19 m mean value and 3.71 m RMS. In the same year, El-Shazly (1995) investigated the redefinition of Egypt's vertical datum based on analysing Sea Surface Topography and levelling by GPS. Two national GPS geodetic control networks were established by the Egyptian Survey Authority in 1995. The first was the HARN network that covers the entire Egyptian territory, and the second network was the NACN network (Dawod, 2009).

In 1997, an accurate gravity framework for Egypt was established through the Egyptian National Gravity Standardization Network 1997 (ENGSN97). The ENGSN97 150 gravity points (plus another 100 stations) have been utilised by (Dawod, 2001).

The data used during the previously mentioned period was the gravimetric data, mostly. However, the data suffer from significant gaps, particularly in the eastern and western deserts, which is eventually directly reflected in the computed geoid's accuracy (Dawod and Alnaggar, 2000).

A significant accomplishment in the field of geodesy was initiated in the last two decades. It started with the development of Ain Shams University's (ASU2000) national geoid, with estimated internal and external accuracy of 0.6 m and 1 m on average. Tscherning et al. (2001) developed a geoid model for the Lake Nasser area with 10.08 m as a mean value and 0.26 m in terms of RMS. A generation of geoid models for Egypt on a five-minute grid was developed by (Saad and Dawod, 2002).

From 2007 to 2015, many attempts have been made, including Abd-Elmotaal (Abd-Elmotaal, 2006), who developed and applied a high-degree tailored reference model by merging the available gravity anomalies with EGM96. (Dawod, 2008) utilised local data sets from terrestrial gravity and GPS/H stations in the context of developing a precise geoid model for Egypt. Its average accuracy is estimated to be 0.36 m (Dawod, 2009).

Recently, Al-Krargy, Doma and Dawod (2014) developed a national geoid for Egypt using recent surveying data with an estimated accuracy of ± 18.4 cm. Additionally, El-Ashquer, Elsaka and El-Fiky (2017) have improved the hybrid local geoid model for Egypt, with hybrid residual height anomalies ranging from -1.5 m to $+0.9$ m. The mean of 0.22 m and the standard deviation of 0.17 m, were obtained. In the last two decades, new observations of gravimetric data have been added to the previously collected data (Figure 6). However, insufficient and irregular distribution of data still exists over Egypt territory.

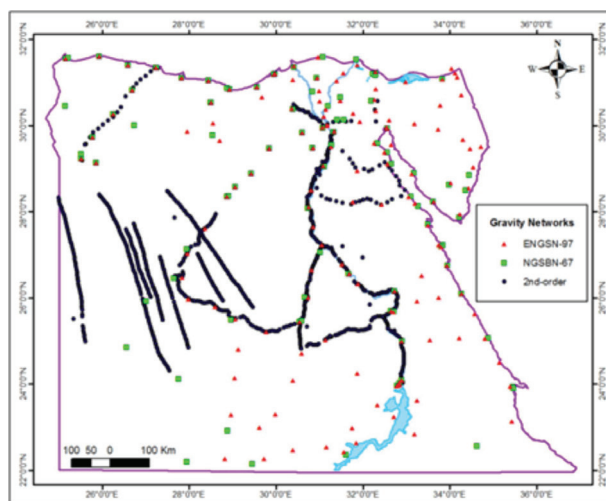


Figure 6: Spatial distribution of the available gravimetric data utilised up to the year 2017 (Dawod and Hosny, 2017).

4 PERFORMANCE EVALUATION OF USED GGMs OVER EGYPT TERRITORY

One of the essential processes to determine precise geoid is checking the performance of GGM over Egypt. The aim is to choose the best fitting GGM to the local gravity field. The evaluation process is applied for the next six GGMs:

- Earth Gravitational Model EGM96 (Lemoine et al., 1998);
- High degree combined Earth Gravitational Model EGM2008 (Pavlis et al., 2008);
- Combined gravity field model GOCO05C (Mayer-Gürr et al., 2015);
- Combined gravity field model GECO (Gilardoni, Reguzzoni and Sampietro, 2016);
- Invariant of the Gravitational Gradient Tensor IGGT_R1 based on the second invariant of the GOCE gravitational gradient tensor (Lu et al., 2017);
- Gravity field products from GOCE satellite using the space-wise approach release 5 (GO-CONS-GCF -2SPW-R5) (Gatti et al., 2016).

All mentioned models are compared with 2116 terrestrial gravity data points and 812 GPS/H data points.

We can notice from Table 1, the range of mean residual values among GGMs is 7 mGal in terms of standard deviation. That means the resolution of GGMs does not have a significant effect on the GGMs accuracy over Egypt due to the small variations of gravity values. Most of the regions of Egypt are flatlands, and that is the reason for slight variations of gravity values. Therefore, for precise gravity field modelling in Egypt, any of the mentioned GGMs may be used as a reference model with the same quality level.

Examined GGMs indicated the superior performance of GGM GO-CONS-GCF-2SPW-R5 concerning free-air gravity anomalies in terms of standard deviation.

Table 1: The results of the comparison among the terrestrial gravity anomaly data at scattering points and those computed from the different harmonic models at the same points.

Models	Degree/ Order	Mean mGal	Minimum mGal	Maximum mGal	St. dev. mGal
Terrestrial Data		-21.689	-143.300	115.550	41.757
IGG.R1	240	-9.067	-158.746	128.905	43.401
EGM2008	2190	-1.682	-161.322	232.128	49.010
EGM96	360	-8.166	-157.758	200.832	44.790
GECO	2190	-18.167	-161.230	205.003	47.153
GOCO05c	720	-5.717	-161.595	199.002	44.577
GO-CONS-GCF-2SPW-R5	330	-12.789	-159.613	121.923	41.835

Table 2: The results of the comparison among GPS/levelling undulation residuals at scattering points and those computed from the different harmonic models at the same points.

Models	Degree/ Order	Mean m	Minimum m	Maximum m	St. dev. m
Terrestrial Data		13.917	9.204	19.331	1.976
IGG.R1	240	-0.748	-4.545	0.742	0.588
EGM2008	2190	-0.797	-5.092	0.278	0.519
EGM96	360	-0.951	-1.904	0.053	0.431
GECO	2190	-0.708	-4.508	0.579	0.578
GOCO05c	720	-0.696	-4.187	0.366	0.508
GO-CONS-GCF-2SPW-R5	330	-0.762	-4.176	0.392	0.514

According to Table 2, differences of geoid undulation among GGMs, in terms of standard deviation, reached 16 cm between the minimum value of 43 cm for EGM96 and a maximum residual of 59 cm for the IGG.RI model. In other terms, terrestrial GPS/H data have a contribution of EGM96, while no terrestrial data had been included in the other GGMs.

From the above explanations, we can choose EGM96 as a reference model for precise gravity field modeling in Egypt because it has a good performance concerning gravity anomaly residuals.

To determine a few centimetres accurate geoid, by applying the LSC, well coverage and distribution of data are needed. That condition cannot be achieved regarding available data. Therefore, an area with dense data has been chosen as a window for calculations as shown in Figure 7. Hence, 260 data points of free-air gravity anomalies were used to determine geoid solutions as a sample of the whole Egypt territory, and the solution is checked by using 59 GPS/H values.

This data set window refers to the WGS84 and IGSN71 and covers the window $30^\circ < \phi < 32^\circ$ and $29^\circ < \lambda < 31^\circ$. The statistic calculations for those values are shown in Table 3.

SRTM 5'x5' arc-minute was utilised to remove high-frequency features of the gravity field in Egypt, which also plays an important role in the smoothing strategy of the data. The SRTM with the resolution of SRTM 5'x5' arc-minute was utilised because the selected area is, in general, a flat area, and this resolution is less demanding in computation time needed.

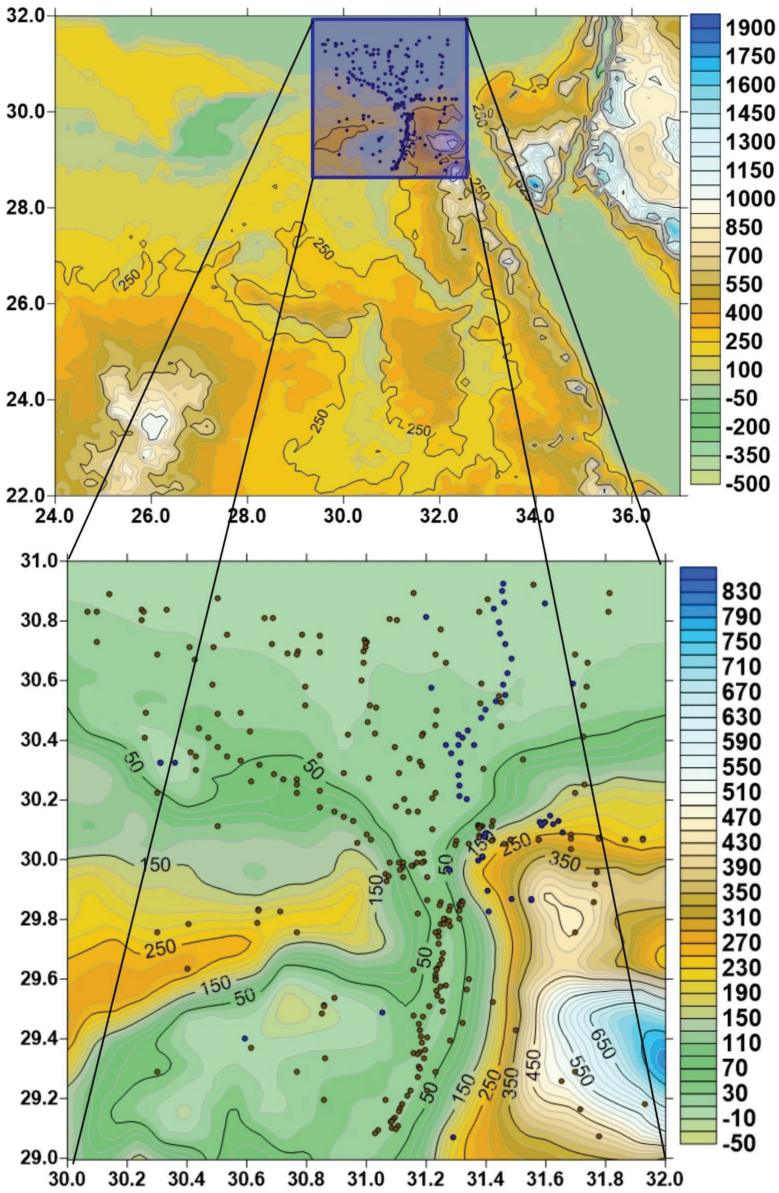


Figure 7: DEM for whole Egypt territory and data used (blue circle – GPS/H data, grey circle gravity data).

Table 3: Statistics of original and residual gravity anomaly data

Item	Mean mGal	Minimum mGal	Maximum mGal	St. dev. mGal
Free air gravity anomaly	-4.552	-78.234	57.787	20.581
RTM reduced gravity anomaly	-7.915	-37.643	26.981	9.363
Final (RTM+EGM96) residual gravity anomaly	-13.812	-32.430	57.519	17.623

Topographic correction for gravity anomalies, and geoidal heights were computed according to Eq. (5) and (6). This step is performed by using TC software from GRAVSOFTE package (Amin, El-Fatairy and Hassouna, 2003b).

$$\Delta g_{DEM} = 2\pi G \rho (h - h_{ref}) - T_c = 2\pi G \rho (h - h_{ref}) - \left(\frac{G \rho R^2}{2} \right) (\Delta \phi, \Delta \lambda) \sum \left((h' - h)^2 / l^3 \right) \quad (5)$$

$$N_{DEM} = -\left(\frac{2\pi G \rho}{\gamma} \right) (h - h_{ref})^2 - \left(\frac{G \rho R^2}{6\gamma} \right) (\Delta \phi, \Delta \lambda) \sum \left((h^3 - h'^3) / l^3 \right) \quad (6)$$

where T_c is the classical terrain correction concerning the Bouguer plate and the first term in the equation is the Bouguer plate effect on the anomaly, h is the orthometric height of the computation point, h' is the orthometric height of the running point, G is the gravitational constant, ρ is the mean crustal density, h_{ref} is the relevant elevation of the average surface, and l is the spatial distance between the computation point and the running point.

The LSC algorithm is a powerful tool in combining all possible heterogeneous data in one unified solution. Therefore, this technique will be used for geoid modelling in the current work. An empirical covariance function should be determined and used in the computation to obtain the best LSC approximation to the real potential field in a particular area. However, LSC's practical solution presupposes that the gravity field, and hence the relevant covariance functions, are homogeneous and isotropic, i.e., location and azimuth independent, which implies that the data should be as smooth as possible so that they behave purely randomly. That is why the removal steps mentioned above have been conducted.

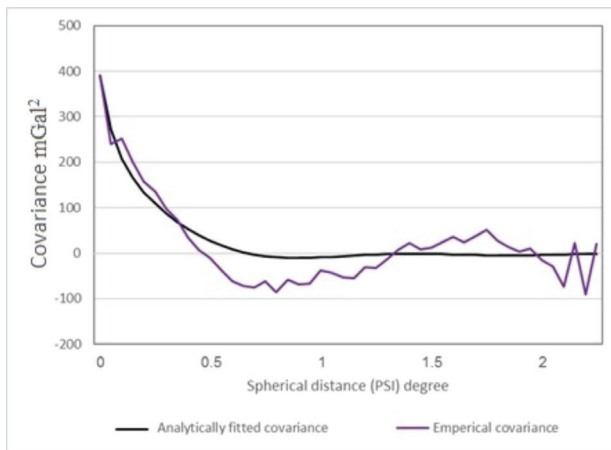


Figure 8: Residual gravity disturbance empirical and analytically fitted covariance functions

One element of those smooth signals (residuals), usually the residual gravity anomaly, is used to obtain an isotropic empirical covariance function that represents the statistical characteristics of the local field. As this function merely depends on the separation between the data points, it describes the spatial variability of the local residual field under consideration.

The modelled (analytical) covariance function is fitted to the residual anomaly empirical covariance function via a nonlinear 3-parameter iterative least-squares adjustment until the convergence arrives,

resulting in the final three parameters: the unit less scale factor (c), the constant A in mgal^2 , and $(R_B - R)$ in meters. In the current study, the fitting has been done through the FORTRAN program COVFIT, written by P. Knudsen, as shown in Figure 8.

After covariance-function determination, the residual heights anomalies at all points of the regional gravimetric survey were predicted. Next, the effect of the reference field ζ_{REF} , topographic mass effect ζ_{TOPO} , and the total values of height anomalies were obtained in accordance with eq. (3).

Table 4: Statistics calculations of the residuals and full predicted geoid for the chosen area

Item	Mean m	Minimum m	Maximum m	St. dev. m
Residual N	0.085	-0.630	0.420	0.207
Final N	15.814	15.079	17.481	0.475

To obtain the respective full spectrum geoid values and their error estimates, the contribution of harmonic model and digital elevation model (DEM), in terms of the topographic indirect effect, were then added back (restored) to the residual geoid values predicted at discrete points. Table 4 shows the statistics of the predicted geoid for the considered study area, while Figure 9 represents the obtainable geoid as a contour map with an interval of 10 cm.

To estimate the external accuracy of the geoid, discrete geoid values were predicted at the available 59 control points. At those control points, geoidal heights are known in terms of GPS and levelling observations.

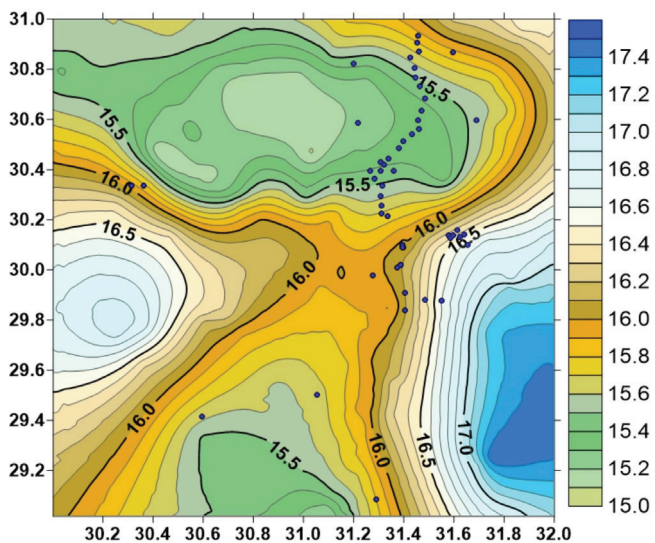


Figure 9: Represents the obtained geoid contour map for the chosen area (interval: 0.10 m)

Table 5 shows the resulting external accuracy as a function of the statistics of the differences between the observed and predicted geoid values at control points. Those control points have not been used as data points in the geoid solution. Finally, Figure 10 shows the general representation of residuals surface.

Table 5: Statistics of the differences among the observed and predicted geoid heights at GPS/H control points

Item	Mean m	Minimum m	Maximum m	St. dev. m
N(observed) – N(predicted)	0.024	-0.380	0.360	0.111

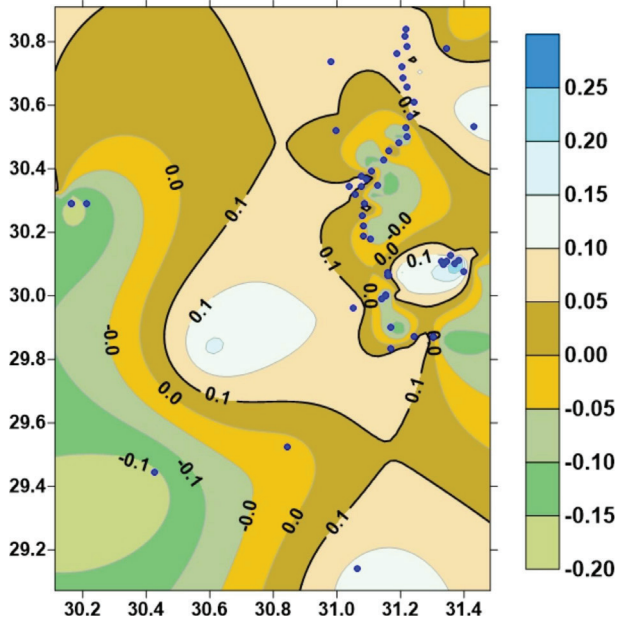


Figure 10: General representation of residuals surface

5 CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

Based on the studied area results, as outlined by Table 5 and shown by Figure 10, the obtained accuracy by the LSC technique in terms of the standard deviation of the differences is considered rather satisfactory. The obtained accuracy in terms of the standard deviation of the differences at control points, as outlined by Table 5, amount 0.11 m. Still, to generalise this solution to Egypt’s whole area, we need to apply and achieve the below recommendations.

Unfortunately, some of the data is out of date, and other data has inadequate and insufficient distribution all over Egypt’s territory, especially in the eastern and northern deserts. Hence, to obtain a geoid with centimetre accuracy, it is recommended to have new gravimetric measurements in Egypt’s territory and exchange the data with neighbouring countries.

For this reason, these are some of the ways to fill in these gaps:

- Airborne gravity surveys may significantly improve the gravity coverage over Egypt,
- Using available gravity data observations from three gravity field missions (CHAMP, GRACE, and GOCE) for better gravity field modelling in Egypt,
- Perform terrestrial gravity measurements where is suitable and possible.

Adding new observations from levelling and GPS data points to cover most of the Egyptian territory by suitable GPS/H data points.

It is advisable to use the satellite-only models of the GOCO series and in combination with the available local geodetic data for better modelling of the Egyptian gravity field. It is also necessary to have active cooperation between the Egyptian surveying authority representatives and the responsible organisations dealing with GGM computations.

Literature and references:

- Abd-Elmotaal, H. (2006). High-Degree Geopotential Model Tailored to Egypt. Presented at the 1st International Symposium of The International Gravity Field Service (IGFS). Istanbul, Turkey.
- Al-Krargy, E. M., Doma, M. I., Dawod, G. M. (2014). Towards an Accurate Definition of Local Geoid Model in Egypt using GPS/levelling Data: A Case Study of Rosetta Zone. *International Journal of Innovative Science and Modern Engineering*, 2 (11), 1–6. <http://www.ijisme.org/wp-content/uploads/papers/v2i11/K07251021114.pdf>.
- Amin, M. M., El-Fatairy, S. M., Hassouna, R. M. (2002). A Better Match Of The EGM96 Harmonic Model For The Egyptian Territory Using Collocation. *Port-Said Engineering Research Journal*.
- Amin, M. M., El-Fatairy, S. M., Hassouna, R. M. (2003a). Two techniques of tailoring a global harmonic model: operational versus model approach applied to the Egyptian territory. *Port-Said Engineering Research Journal*, 7 (2), 559–571.
- Cole, J. (1944). *Geodesy in Egypt*. Surveying Department, Ministry of Finance, Government Press.
- Dawod, G. M. (2001). The Egyptian National Gravity Standardization Network (ENGSN97). *Bulletin d'information of the Bureau gravimétrique international*, 88, 35–38.
- Dawod, G. M. (2008). Towards the redefinition of the Egyptian geoid: Performance analysis of recent global geoid and digital terrain models. *Journal of Spatial Science*, 53 (1), 31–42. DOI: <https://doi.org/10.1080/14498596.2008.9635133>
- Dawod, G. M. (2009). Geoid modeling in Egypt. Retrieved July 2020, from <https://sites.google.com/site/gomaadawod/geoidofegypt>
- Dawod, G. M., Alnaggar, D. (2000). Quality control measures for the Egyptian National Gravity Standardization Network (ENGSN97). *The Second International Conference on Civil Engineering*, Helwan University, (pp. 578–587). Cairo, Egypt.
- Dawod, G. M., Hosny, M. (2017). Towards a Centimeter - Geoid Model for Engineering Surveying in Egypt: Status and Projected Activates. *Journal of Scientific and Engineer Research*, 4 (10), 312–319.
- Dawod, G. M., Ismail, S. S. (2005). Enhancing the integrity of the national geodetic data bases in Egypt. *Proceeding of FIG Working Week and GSDI-8 International Conference*. Cairo, Egypt.
- El Sagheer, A. (1995). Development of a digital terrain model for Egypt and its application for a gravimetric geoid determination, Ph.D. Thesis, Shoubra Faculty of Engineering, Zagazig University, Egypt
- ElTokhy, M. (1993). Towards the redefinition of the Egyptian geodetic control networks: Geoid and best fitting reference ellipsoid by combination of heterogeneous data. Ph.D. thesis. Cairo: Faculty of Engineering, Ain Shams University. doi:10.1080/14498596.2008.9635133
- El-Ashquer, M., Elsaka, B., El-Fiky, G. (2017). EGY-HGM2016: an improved hybrid local geoid model for Egypt based on the combination of GOCE-based geopotential model with gravimetric and GNSS/levelling measurements. *Arab J Geosci*, 10, 251. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12517-017-3042-9>
- El-Shazly, A. (1995). Towards the Redefinition of the vertical Datum of Egypt: an Analysis of Sea Surface Topography and Levelling by GPS., Ph.D. dissertation., Egypt: Cairo University.
- Forsberg, R., Tscherning, C. C. (1981). The use of height data in gravity field approximation by collocation. *Journal of Geophysical Research*, 90, 78. DOI: <https://doi.org/10.1029/JB086iB09p07843>
- Gatti, A., Reguzzoni, M., Migliaccio, F., Sansò, F. (2016). Computation and assessment of the fifth release of the GOCE-only space-wise solution. *The 1st Joint Commission 2 and IGFS Meeting*, (pp. 19–23).
- Gilardoni, M., Reguzzoni, M., Sampietro, D. (2016). GECO: a global gravity model by locally combining GOCE data and EGM2008. *Studia Geophysica et Geodaetica*, 60, 228–247. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11200-015-1114-4>
- Grafarend, E., Niemeier, W. (1971). The Free Nonlinear Boundary Value Problem of Physical Geodesy. *Bulletin Géodésique*, 101 (1), 243–262. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02521877>
- Heck, B. (2003). *Integral Equation Methods in Physical Geodesy*. In Grafarend E.W., Krumm F.W., Schwarze V.S. (eds) *Geodesy-The Challenge of the 3rd Millennium*. Springer, Berlin, Heidelberg. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-662-05296-9_19
- Heiskanen, W., Moritz, H. (1967). *Physical Geodesy*. W.H. Freeman and Company, San Francisco and London.
- Kamel, H., Nakhla, A. (1987). The establishment of the national gravity standard base net of Egypt (NGSBN-77). *Journal of Geodynamics*, 7 (3), 299–305. DOI: [https://doi.org/10.1016/0264-3707\(87\)90015-9](https://doi.org/10.1016/0264-3707(87)90015-9)
- Lemoine, F., Kenyon, S., Factor, J., Trimmer, R., P. N., Chinn, D., Olson, T. (1998). The Development of the Joint NASA GSFC and the National Imagery and Mapping Agency (NIMA) Geopotential Model EGM96.
- Lu, B., Luo, Z., Zhong, B., Zhou, H., Flechtner, F., Foerste, C., Zhou, R. (2017). The gravity field model IGGT_R1 based on the second invariant of the GOCE gravitational gradient tensor. *Journal of Geodesy*, 92, 561-572. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00190-017-1089-8>
- Mayer-Gürr, T., Pail, R., Gruber, T., Fecher, T., Rexer, M., Schuh, W., Jäggi, A. (2015). The combined satellite gravity field model GOCO05s.
- Morelli, C., Gantar, C., McConnell, R. K., S. B., Uotila, U. (1972). The international gravity standardization net 1971 (IGSN 71). Trieste, Italy: Osservatorio Geofisico Sperimentale .

- Moritz, H. (1978). Least squares collocation. *Reviews of geophysics*, 16 (3), 421–430. DOI: <https://doi.org/10.1029/RG016i003p00421>
- Moritz, H. (1980). *Advanced Physical Geodesy*. Herbert Wichmann Verlag Karlsruhe, Abacus Press.
- Nassar, M., Hanafy, M., El-Tokhey, M. (1993). The Ain Shams University (ASU93) geoid solution for Egypt. Al-Azhar Engineering Third International Conference.
- Pavlis, N. K., Holmes, S. A., Kenyon, S. C., Factor, J. K. (2008). An Earth Gravitational Model to Degree 2160: EGM2008. *Proceedings of the 2008 General Assembly of the European Geosciences Union*.
- Saad, A. (1993). Towards the redefinition of the Egyptian vertical control network. Ph.D. thesis. Zagazig: Shoubra Faculty of Engineering, Zagazig University.
- Saad, A., Dawod, G. (2002). A precise integrated GPS/gravity geoid model for Egypt. *Civil Engineering Research Magazine (CERM)*, 24(1), 391–405.
- Sansò, F., Rummel, R. (1997). Geodetic Boundary Value Problems in View of the One Centimeter Geoid. *Springer Lecture Notes in Earth Sciences*, 65, 596. DOI: <https://doi.org/10.1007/BFb0011699>
- Schwarz, K. P., Sideris, M. G., Forsberg, R. (1990). The use of FFT techniques in physical geodesy. *Geophysical Journal International*, 100 (3), 485–514. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.1990.tb00701.x>
- Shaker, A., El Sagheer, A., Saad, A. (1997). Which geoid fits Egypt better. *Proceedings of the International Symposium on GIS/GPS*, (pp. 15–19). Istanbul, Turkey.
- Sjöberg, L. E. (2003). A general model of modifying Stokes' formula and its least squares solution. *Journal of Geodesy*, 77 (7–8), 459–464. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00190-003-0346-1>
- Tscherning, C., Radwan, A., Tealeb, A., Mahmoud, S., Mohamed, A., Hassan, R., Saker, K. (2001). Local geoid determination combining gravity disturbances and GPS/levelling: A case study in the Lake Naser area, Aswan, Egypt. *Journal of Geodesy*, 75 (7–8), 343–348. DOI: <https://doi.org/10.1007/s001900100185>



Gad M. A. H., Odalović O., Naod S. (2020). Possibility to determine highly precise geoid for Egypt territory. *Geodetski vestnik*, 64 (4), 578–593. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2020.04.578-593>

Moamen Awad Habib Gad

*University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering,
Department of Geodesy and Geoinformatics
Bulevar kralja Aleksandra 73, SRB-11000 Belgrade, Serbia
e-mail: eng_moamen205@hotmail.com*

Sofija Naod

*University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering,
Department of Geodesy and Geoinformatics
Bulevar kralja Aleksandra 73, SRB-11000 Belgrade, Serbia
e-mail: sofijanaod@gmail.com*

Assoc. prof. Oleg Odalović, Ph.D.

*University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering,
Department of Geodesy and Geoinformatics
Bulevar kralja Aleksandra 73, SRB-11000 Belgrade, Serbia
e-mail: odalovic@rf.bg.ac.rs*

ETRS89-SI – BREZPLAČNI PROGRAM ZA TRANSFORMACIJE KOORDINAT MED SLOVENSKIMI REALIZACIJAMI ETRS89

ETRS89-SI – A FREEWARE TOOL FOR COORDINATE TRANSFORMATIONS BETWEEN THE SLOVENIAN REALIZATIONS OF ETRS89

Sandi Berk

1 UVOD

S 1. januarjem 2020 smo v Sloveniji uveljavili nove, izboljšane koordinate vseh treh osnovnih državnih GNSS-omrežij – osnovne mreže pasivnih GNSS-točk (tako imenovanih EUREF-točk), omrežja SIGNAL in kombinirane geodetske mreže ničtega reda. Z novim nizom koordinat GNSS-točk so med drugim odpravljena neskladja, nastala zaradi delovanja tektonike od prvotne realizacije ETRS89 – vezane na EUREF GPS-izmere iz let 1994–1996 (v nadaljevanju: D96 EUREF) – in zaradi naknadne določitve koordinat stalnih GNSS-postaj omrežja SIGNAL – vezane na tako imenovano Mini-EUREF GPS-izmero iz leta 2007 (v nadaljevanju: D96 SIGNAL). V letu 2016 je bila izvedena nova EUREF GNSS-izmera, ki je prinesla novo realizacijo ETRS89 – D17 –, vendar ta zaradi prevelikih razlik v koordinatah (do ~80 mm) ni bila uveljavljena neposredno. Nove koordinate GNSS-točk – označujemo jih z D96-17 – so rezultat pragmatične rešitve, ki upošteva vse tri navedene realizacije ETRS89 v Sloveniji: D96 EUREF, D96 SIGNAL in D17. Koordinate v D96-17 so določene tako, da so odpravljena geometrijska neskladja v GNSS-mrežah, hkrati pa so spremembe predhodno določenih koordinat geodetskih točk najmanjše mogoče. Ključna prednost takšnega pristopa je, da so dobljene sistematične spremembe koordinat točk bistveno manjše (do ~24 mm) in ne terjajo (ponovne) transformacije državnih prostorskih podatkovnih zbirk, na primer zemljiškega katastra. Tako osvežena realizacija ETRS89 omogoča predvsem višjo natančnost in točnost določanja položajev (pozicioniranja) v prihodnje (Berk in sod., 2018 in 2020).

Med rezultati obdelave GNSS-izmere EUREF Slovenija 2016 so poleg novih nizov koordinat geodetskih točk v koordinatnih sestavih D17 in D96-17 tudi optimalni prehodi med vsemi dosedanjimi realizacijami ETRS89 v Sloveniji. Na Geodetski upravi Republike Slovenije smo pripravili brezplačni program **ETRS89-SI**, ki omogoča transformacije med dosedanjimi realizacijami ETRS89 v Sloveniji in tudi pretvorbe med različnimi koordinatnimi sistemi. Program je objavljen med aplikacijami na portalu Prostor in si ga lahko skupaj z uporabniškim priročnikom snamete s spletne strani: http://www.e-prostor.gov.si/fileadmin/DPKS/Transformacije_ETRS89/Aplikacije/ETRS89-SI.zip.

Program podpira štiri navedene geodetske datume (D96 EUREF, D96 SIGNAL, D96-17 in D17) in pretvorbe koordinat med štirimi koordinatnimi sistemi, in sicer geocentričnim kartezičnim (XYZ), geo-

detskimi ($\lambda\phi h$) ter dvema sestavljenima koordinatnima sistemoma – z elipsoidno višino kombiniranima ravninskima sistemoma, ki temeljita na prečni Mercatorjevi projekciji (TM+h in UTM+h). Njihove kombinacije tvorijo 16 različnih referenčnih koordinatnih sistemov, ki jih povezuje 240 različnih transformacij in/ali pretvorb. Podprte so datoteke s koordinatami točk v najpogosteje uporabljenih besedilnih formatih (*.crd, *.csv, *.txt in *.xyz). V nadaljevanju sledi kratek opis delovanja programa ETRS89-SI, ki je povzet po uporabniškem priročniku (Berk, 2020).

2 GEODETSKI DATUMI IN KOORDINATNI SISTEMI

Program ETRS89-SI podpira realizacije koordinatnih sistemov, ki temeljijo na tehnologiji GNSS in v Sloveniji vzpostavljajo ETRS89 – horizontalno sestavino skupnega evropskega prostorskega referenčnega sistema ESRS (Stopar, 2007). Ta temelji na GRS80 (Moritz, 2000); začetni (ničelni) meridian gre skozi Greenwich, uporabljen je referenčni elipsoid GRS80.

Program ETRS89-SI podpira štiri geodetske datume, in sicer:

D96 EUREF

... prvotna slovenska realizacija ETRS89 – tudi ETRS89/D96 –, ki temelji na EUREF GPS-izmerah iz let 1994–1996 s srednjo epoho izmer 1995,55 (Berk in sod., 2003 in 2004). Kombinirani izračun vseh treh izmer je bil predstavljen in potrjen na simpoziju EUREF 2003 v Toledu. Ogradje realizacije je ITRF96/ETRF96. V izračun je bilo vključenih 49 EUREF-točk. Praviloma imajo točke koordinate v D96 EUREF, če so bile določene z (oziroma vezane na) GNSS-izmero pred 21. decembrom 2007 oziroma če so bile pred 1. januarjem 2020 določene z navezavo (posredno ali neposredno) na EUREF-točke.

D96 SIGNAL

... je kasnejša slovenska realizacija ETRS89, ki temelji na tako imenovani Mini-EUREF GPS-izmeri iz leta 2007 s srednjo epoho izmere 2007,26 (Obvestilo, 2007). Izvedena je bila zaradi določitve koordinat stalnih GNSS-postaj omrežja SIGNAL. Ogradje realizacije je ITRF2005/ETRF96, vendar so bile končne koordinate transformirane v epoho 1995,55 (D96). V izračun je bilo vključenih 5 uradnih EUREF-točk in 15 stalnih postaj omrežja SIGNAL. Točke imajo koordinate v D96 SIGNAL, če so bile določene med 21. decembrom 2007 in 1. januarjem 2020 z navezavo na omrežje SIGNAL oziroma z uporabo storitev omrežja SIGNAL.

D17

... je zadnja slovenska realizacija ETRS89 – tudi ETRS89/D17 –, ki temelji na EUREF GNSS-izmeri iz leta 2016 s srednjo epoho izmere 2016,75 (Berk in sod., 2018 in 2020). Izračun je bil predstavljen in potrjen na simpoziju EUREF 2018 v Amsterdamu. Ogradje realizacije je IGB08/ETRF2000. V izračun je bilo vključenih 46 EUREF-točk, 16 stalnih postaj omrežja SIGNAL ter 7 takrat delujočih stalnih postaj kombinirane geodetske mreže ničtega reda. Ta realizacija ni bila uveljavljena v praksi, saj bi prinesla prevelike spremembe koordinat geodetskih točk; namesto nje je bila uporabljena pragmatična rešitev D96-17 (glej spodaj). Vendar pa je D17 pomemben vezni člen med dosedanjimi statičnimi in tudi prihodnjo realizacijo ETRS89, ki bo predvidoma temeljila na (pol)kinematičnem geodetskem datumu (Medved in sod., 2018).

D96-17

... je pragmatična rešitev za izboljšanje kakovosti koordinat v obstoječih pasivnih in aktivnih GNSS-mrežah, ki temelji na vseh treh realizacijah ETRS89 (glej zgoraj). Upošteva dejanske spremembe v fizičnem prostoru in prinaša uskladitev koordinat v in med mrežami EUREF-točk, omrežjem SIGNAL in kombinirano geodetsko mrežo ničtega reda, in sicer tako, da so spremembe koordinat točk, vključenih v predhodni realizaciji ETRS89 (D96 EUREF in D96 SIGNAL), najmanjše možne (Berk in sod., 2020). Koordinate v D96-17 so v omrežju SIGNAL v rabi od 1. januarja 2020 (Obvestilo, 2019).

Program ETRS89-SI podpira štiri koordinatne sisteme, in sicer:

XYZ

... je geocentrični kartezični koordinatni sistem. Os Z je usmerjena proti severnemu polu, os X proti presečišču izhodiščnega meridiana (skozi Greenwich) in ekvatorja, os Y pa je na obe pravokotna in usmerjena tako, da je sistem desno orientiran. Koordinate so podane v metrih [m].

$\lambda\phi h$

... je krivočrtni geodetski koordinatni sistem. λ je geodetska dolžina (angl. *geodetic longitude*), ϕ je geodetska širina (angl. *geodetic latitude*), h pa je elipsoidna višina. Geodetske dolžine so merjene od začetnega (ničelnega) meridiana skozi Greenwich, geodetske širine pa od ekvatorja. Geodetska dolžina in širina sta podani v ločnih stopinjah [°], elipsoidna višina pa v metrih [m].

TM+h

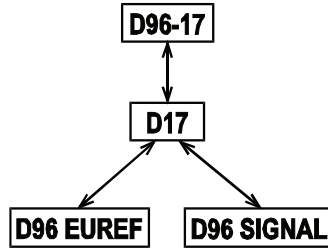
... je z elipsoidno višino (h) kombiniran ravninski koordinatni sistem, ki temelji na prečni Mercatorjevi projekciji (angl. *transverse Mercator* – TM) – uradni državni ravninski koordinatni sistem. Koordinata e (angl. *easting*) je oddaljenost od projekcije srednjega meridiana cone (15°), pri čemer je ta navidezno zamaknjen (koordinatam prištejemo 500 km); koordinata n (angl. *northing*) je oddaljenost od projekcije ekvatorja, pri čemer je tudi slednji navidezno zamaknjen (koordinatam odštejemo 5000 km). Obe ravninski koordinati sta pomnoženi še z izbranim faktorjem merila (0,9999).

UTM+h

... je z elipsoidno višino (h) kombiniran ravninski koordinatni sistem, ki temelji na univerzalni prečni Mercatorjevi projekciji (angl. *universal transverse Mercator* – UTM); UTM33N (oziroma UTM33T) uporablja slovenska vojska (Kete in Berk, 2012). Matematična definicija je ista kot za TM+h (glej zgoraj); razlika je le v parametrih kartografske projekcije – uporabljen je isti srednji meridian cone (15°) in enak zamik e -koordinat; zamikanja n -koordinat ni, drugačen pa je tudi faktor merila (0,9996).

3 TRANSFORMACIJE IN PRETVORBE KOORDINAT

Neposredne povezave med geodetskimi datumi, ki jih podpira program ETRS89-SI, so tri in so prikazane na sliki 1.



Slika 1: Neposredne povezave med geodetskimi datumi.

Za vse tri neposredne prehode, ki povezujejo štiri dosedanje realizacije ETRS89 v Sloveniji, je uporabljena toga prostorska (6-parametrična) transformacija. Uporabljena metoda transformacije sledi IERS-konvenciji (Berk in sod., 2020, enačba 3); pozor: parametri, podani v istem viru so izračunani z modulom HELMRI programa Bernese, ki ne sledi navedeni konvenciji – uporabljeni parametri rotacij imajo nasprotno predznake (!).

Neposredne transformacije, ki jih izvaja program ETRS89-SI, so:

D96 EUREF ↔ D17

... prehod med geodetskima datumoma D96 EUREF in D17 je določen na podlagi 41 skrbno preverjenih EUREF-točk, ki so bile vključene v obe realizaciji ETRS89. RMS koordinat veznih točk pri optimalni togi transformaciji je 13 mm.

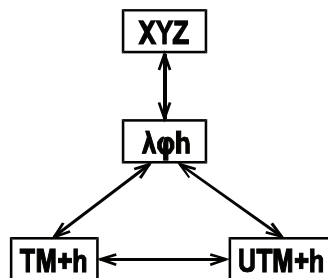
D96 SIGNAL ↔ D17

... prehod med geodetskima datumoma D96 SIGNAL in D17 je določen na podlagi 15 skrbno preverjenih stalnih postaj omrežja SIGNAL, ki so bile vključene v obe realizaciji ETRS89. RMS koordinat veznih točk pri optimalni togi transformaciji je 6 mm.

D17 ↔ D96-17

... prehod med geodetskima datumoma D17 in D96-17 je določen tako, da so dobljene koordinate točk v D96-17 kar težišča parov točk, dobljenih s transformacijo istih točk najprej iz D17 v D96 EUREF, nato pa še iz D17 v D96 SIGNAL (glej zgoraj). Parametri takšne transformacije, ki je tudi toga prostorska transformacija, iz D17 v D96-17 so kar aritmetične sredine parametrov obeh navedenih transformacij.

Neposredne povezave med koordinatnimi sistemi, ki jih podpira program ETRS89-SI, so štiri in so prikazane na sliki 2.



Slika 2: Neposredne povezave med koordinatnimi sistemi.

$\lambda\phi h \leftrightarrow XYZ$

... prehod iz krivočrtnega geodetskega v geocentrični kartezični koordinatni sistem, torej iz $\lambda\phi h$ v XYZ, je zelo enostaven; uporabljene so stroge enačbe (Vaníček in Krakiwsky, 1986, str. 325). Prehod iz geocentričnega kartezičnega v krivočrtni geodetski koordinatni sistem je matematično nekoliko zahtevnejši; uporabljena je Sjöbergova stroga rešitev (Sjöberg, 2008).

 $\lambda\phi h \leftrightarrow TM+h$

... prehoda med krivočrtnim geodetskim in ravninskim koordinatnim sistemom, ki temelji na prečni Mercatorjevi projekciji, sta tudi matematično zahtevnejša. Čeprav obstaja tudi stroga rešitev, so uporabljene razširjene Krügerjeve enačbe (Karney, 2011), ki so primerljive natančnosti, a omogočajo nekajkrat hitrejši izračun.

 $\lambda\phi h \leftrightarrow UTM+h$

... prehoda med krivočrtnim geodetskim in ravninskim koordinatnim sistemom, ki temelji na univerzalni prečni Mercatorjevi projekciji, sta matematično enaka prehodoma med $\lambda\phi h$ in $TM+h$ (glej zgoraj), razlikujejo se le parametri projekcije. Zato so za obe pretvorbi uporabljene iste enačbe.

 $TM+h \leftrightarrow UTM+h$

... prehoda med obema ravninskima koordinatnima sistemoma sta seveda izvedljiva tudi v dveh korakih (prek krivočrtnih geodetskih koordinat, glej sliko 2), vendar sta na voljo tudi bistveno enostavnejši in natančnejši neposredni pretvorbi (Kete in Berk, 2012); program ETRS89-SI zato tidve pretvorbi izvaja neposredno.

Povratnost (reverzibilnost) vseh uporabljenih neposrednih transformacij in pretvorb je na območju Slovenije znotraj 20 nm (0,00000002 m) – gre za največje zabeleženo odstopanje koordinat po transformaciji/pretvorbi iz izvirnega v ciljni datum/sistem in nazaj. Za testiranje je bilo uporabljenih ~54000 točk, ki tvorijo obod države (točke državne meje). Pri vseh pretvorbah med koordinatnimi sistemi je tako kakovost koordinat v ciljnem sistemu odvisna zgolj od njihove kakovosti v izvornem sistemu. Pri datumskih transformacijah pa je seveda kakovost koordinat v ciljnem sistemu odvisna tudi od kakovosti določitve transformacijskih parametrov; za transformacijo iz D96 SIGNAL v D17 je na primer dobljeni RMS koordinat 6 mm.

Razen navedenih treh parov datumskih transformacij in štirih parov pretvorb (skupaj 14 neposrednih prehodov) med referenčnimi koordinatnimi sistemi so vsi ostali prehodi izvedeni v več korakih. Oglejmo si tri zanimivejše primere sestavljenih prehodov.

 $D96\ EUREF/TM+h \leftrightarrow D17/TM+h$

... prehod med obema uradnima realizacijama ETRS89 v Sloveniji (potrjenima s strani EUREF), in sicer v državnem ravninskem koordinatnem sistemu, kombiniranem z elipsoidno višino. Izvede se v petih korakih: $D96\ EUREF/TM+h \leftrightarrow D96\ EUREF/\lambda\phi h \leftrightarrow D96\ EUREF/XYZ \leftrightarrow D17/XYZ \leftrightarrow D17/\lambda\phi h \leftrightarrow D17/TM+h$. Največje koordinatne razlike so zabeležene za n-koordinate, in sicer do 76 mm (morje, občina Piran). Razlike v 2R položaju znašajo med 22 mm (Pince - Marof, občina Lendava) in 80 mm (morje, občina Piran). Razlike elipsoidnih višin znašajo do 12 mm (morje, občina Piran).

D96 EUREF/TM+h ↔ D96 SIGNAL/TM+h

... prehod med prvo uradno realizacijo ETRS89 v Sloveniji (potrjeno s strani EUREF) in kasnejšo realizacijo za določitev koordinat stalnih postaj v omrežju SIGNAL, in sicer v državnem ravninskem koordinatnem sistemu, kombiniranem z elipsoidno višino. Izvede se v šestih korakih: D96 EUREF/TM+h ↔ D96 EUREF/λφh ↔ D96 EUREF/XYZ ↔ D17/XYZ ↔ D96 SIGNAL/XYZ ↔ D96 SIGNAL/λφh ↔ D96 SIGNAL/TM+h. Največje koordinatne razlike so zabeležene za n-koordinate, in sicer do 48 mm (Breginj, občina Kobarid). Razlike v 2R položaju znašajo med 11 mm (Pince - Marof, občina Lendava) in 52 mm (morje, občina Piran). Razlike elipsoidnih višin znašajo do 20 mm (morje, občina Piran).

D96 EUREF/TM+h ↔ D96-17/TM+h

... prehod med prvo uradno realizacijo ETRS89 v Sloveniji (potrjeno s strani EUREF) in pragmatično rešitvijo D96-17, in sicer v državnem ravninskem koordinatnem sistemu, kombiniranem z elipsoidno višino. Izvede se v šestih korakih: D96 EUREF/TM+h ↔ D96 EUREF/λφh ↔ D96 EUREF/XYZ ↔ D17/XYZ ↔ D96-17/XYZ ↔ D96-17/λφh ↔ D96-17/TM+h. Največje koordinatne razlike so zabeležene za n-koordinate, in sicer do 24 mm (Breginj, občina Kobarid). Razlike v 2R položaju znašajo med 6 mm (Pince - Marof, občina Lendava) in 26 mm (morje, občina Piran). Razlike elipsoidnih višin znašajo do 10 mm (morje, občina Piran).

Povsem enake vrednosti največjih (absolutnih) koordinatnih razlik kot pri prehodu D96 EUREF/TM+h ↔ D96-17/TM+h (glej zgoraj) dobimo tudi pri prehodu D96 SIGNAL/TM+h ↔ D96-17/TM+h, vendar se te razlikujejo v predznakih, D96-17 je namreč ravno »na pol poti« med D96 EUREF in D96 SIGNAL (Berk in sod., 2020).

4 VHODNI PODATKI ZA TRANSFORMACIJO

Program ETRS89-SI podpira naslednje oblike vhodnih datotek:

- CRD-datoteke (koordinate v formatu Bernese),
- CSV-datoteke (MS DOS, ločeno z vejico ali s podpičjem),
- TXT-datoteke (MS DOS, ločeno s tabulatorji ali presledki, tudi PRN-datoteke) in
- XYZ-datoteke (tudi ASC-datoteke).

Pričakovan vrstni red koordinat v vhodnih datotekah je (X, Y, Z) za geocentrični kartezični koordinatni sistem, (λ, φ, h) za krivočrtni geodetski koordinatni sistem in (e, n, h) za oba sestavljena koordinatna sistema. Razen ko gre za formatiran zapis z vnaprej določenimi širinami stolpcev (crd-datoteke; glej Dach in sod., 2015, str. 726–729), so ločila med koordinatami in/ali drugimi atributi točk tabulatorji in/ali presledki (txt-, prn- in xyz-datoteke) oziroma vejica in/ali podpičje (csv- in asc-datoteke). Ločilo pri koordinatah je decimalna pika, pogojno tudi decimalna vejica – če vejica ni uporabljena že kot ločilo med atributi točke. Program prepozna tudi koordinate točk, ki so podane v narekovajih, na primer '515200.61', »515200,61« ipd.

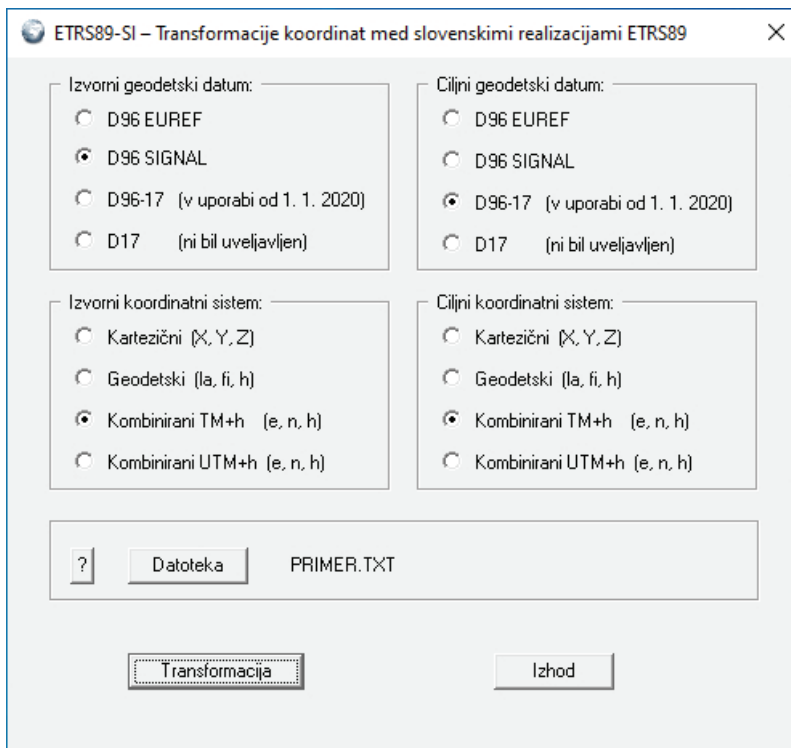
Program ETRS89-SI je namenjen transformacijam in/ali pretvorbam koordinat geodetskih točk v Sloveniji, vendar je definicijsko območje transformacije v horizontalnem smislu razširjeno na območje

celotne Evrope ($-32^\circ \leq \lambda \leq +70^\circ$ in $+34^\circ \leq \varphi \leq +82^\circ$), v vertikalnem smislu pa vključuje celotno Zemljino skorjo kot tudi atmosfero ($-100 \text{ km} \leq h \leq +100 \text{ km}$). Koordinate vsake točke program preveri pred izvedbo transformacije; morebitne točke, ki se nahajajo zunaj definicijskega območja transformacije, pa v izhodno datoteko samo prepíše.

5 UPORABA PROGRAMA ETRS89-SI

Program ETRS89-SI je bil razvit v okolju MS Visual Studio 2017, v programskem jeziku Visual C++. Program zahteva operacijski sistem MS Windows, ki je novejši od Windows XP. Posebna namestitev ni potrebna. Ob zagonu programa se odpre pogovorno okno (slika 3), v katerem izberete:

- izvorni geodetski datum,
- ciljni geodetski datum,
- izvorni koordinatni sistem,
- ciljni koordinatni sistem in
- ime vhodne datoteke za transformacijo.



Slika 3: Pogovorno okno programa ETRS89-SI.

Privzeta izvorni in ciljni geodetski datum sta D96 SIGNAL in D96-17, privzet izvorni in ciljni koordinatni sistem pa je TM+h (slika 3); ta kombinacija izvornega in ciljnega referenčnega koordinatnega sistema bo verjetno najpogosteje uporabljena, saj omogoča transformacijo koordinat točk, določenih v letih 2008–2020 z navezavo na omrežje SIGNAL, v D96-17-koordinate, ki so v uporabi od 1. januarja

letos. Koordinatne razlike znašajo od nekaj milimetrov v Prekmurju pa do 24 milimetrov na skrajnem zahodu države.

Program ohrani vhodne datoteke nespremenjene. Imena izhodnih datotek pa tvori iz imen vhodnih datotek, pri čemer je ime razširjeno z dodatkom, ki označuje izbrani ciljni referenčni koordinatni sistem. Program tvori tudi istoimensko datoteko s poročilom o izvedeni transformaciji s pripono ».rep« (iz angl. *report*). Vanjo zapiše osnovne podatke o izvedeni transformaciji/pretvorbi koordinat, in sicer:

- datum in čas izvedbe transformacije/pretvorbe,
- imeni vhodne in izhodne datoteke koordinat,
- izvorni in ciljni referenčni koordinatni sistem,
- postopek izračuna (izvedene korake) transformacije/pretvorbe in
- število transformiranih/pretvorjenih točk.

Koordinate točk v izhodnih datotekah niso zaokrožene; ne glede na mesto decimalne vejice/pike so vedno podane s 16 števki; izjema so crd-datoteke, kjer je zapis koordinat formatiran in omejen s petimi decimalnimi mesti (tj. na 0,01 mm).

6 SKLEP

D96-17 je pragmatična rešitev za uskladitev koordinat točk v GNSS-mrežah v Sloveniji in njihovo osvežitev, potrebno zaradi »razrahljanih« relativnih odnosov po dobrih dveh desetletjih delovanja tektonike. Uporabljeni pristop zagotavlja najmanjše možne spremembe koordinat geodetskih točk. Njihov sistematični del ne presega 25 mm, kar nas rešuje zadrege, ki bi sicer nastala s potrebo po (ponovni) transformaciji vseh prostorskih podatkovnih zbirk v državi.

Vendar pa pri geodetskih nalogah, kjer je zahtevana visoka natančnost in točnost določanja koordinat točk (na primer pasivne in aktivne geodetske GNSS-mreže, inženirske mreže, mreže točk za vpetje modela kvazigeoida ipd.), razlike med koordinatami v različnih realizacijah ETRS89 niso zanemarljive. Če so bile za določitev datuma vaše geodetske mreže uporabljene točke, ki so bile vključene tudi v določitev D96-17 (portal Prostor, 2020), je seveda priporočljivo, da jo z novimi koordinatami teh točk ponovno izravnate. Sistematični del koordinatnih odstopanj pa enostavno odpravite tudi kar z ustrezno transformacijo koordinat geodetskih točk, pridobljenih z navezavo na različne realizacije ETRS89, ki so bile doslej v uporabi. To je tudi edini način za uskladitev koordinat točk, določenih z GNSS-izmero v realnem času.

Program ETRS89-SI omogoča vseh 240 prehodov med 16 referenčnimi koordinatnimi sistemi, ki vzpostavljajo ETRS89 v Sloveniji. Samo 14 takšnih transformacij oziroma pretvorb je neposrednih; v splošnem lahko prehod med izbranimi referenčnimi koordinatnimi sistemoma zahteva do šest korakov (na primer iz D96 SIGNAL/TM+h v D96-17/TM+h). S program ETRS89-SI so vse te transformacije in pretvorbe dostopne za ceno nekaj klikov.

Literatura in viri:

Berk, S. (2020). Program ETRS89-SI: Transformacije koordinat med slovenskimi realizacijami ETRS89. Različica 1.0. Ljubljana: Geodetska uprava Republike Slovenije. http://www.e-prostor.gov.si/fileadmin/DPKS/Transformacije_ETRS89/Aplikacije/ETRS89-SI.zip, pridobljeno 30. 11. 2020.

Berk, S., Komadina, Ž., Marjanovič, M., Radovan, D., Stopar, B. (2003). Kombinirani izračun EUREF GPS-kampanj na območju Slovenije. Geodetski vestnik, 47 (4), 414–422. http://www.geodetski-vestnik.com/47/4/gv47-4_414-422.pdf, pridobljeno 30. 11. 2020.

- Berk, S., Komadina, Ž., Marjanovič, M., Radovan, D., Stopar, B. (2004). The Recomputation of the EUREF GPS Campaigns in Slovenia. Symposium of the IAG Reference Frame Subcommission for Europe (EUREF 2003, Toledo), Mitteilungen des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie, 13 (33), 132–153. <http://www.euref.eu/symposia/book2003/4-02-Berk.pdf>, pridobljeno 30. 11. 2020.
- Berk, S., Sterle, O., Medved, K., Komadina, Ž., Stopar, B. (2018). Computation of the EUREF Slovenia 2016 GNSS Campaign. Symposium of the IAG Reference Frame Subcommission for Europe (EUREF 2018, Amsterdam), 28. <http://www.euref.eu/symposia/2018Amsterdam/01-03-p-Berk.pdf>, pridobljeno 30. 11. 2020.
- Berk, S., Sterle, O., Medved, K., Stopar, B. (2020). ETRS89/D96-17 – rezultat GNSS-izmere EUREF Slovenija 2016. Geodetski vestnik, 64 (1), 43–67. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2020.01.43-67>
- Dach, R., Lutz, S., Walser, P., Fridez, P. (2015). Bernese GNSS Software. Version 5.2. User manual. Bern: Astronomski inštitut Univerze v Bernu. <http://www.berne.se.unibe.ch/docs/DOCUS2.pdf>, pridobljeno 30. 11. 2020.
- Karney, C. F. F. (2011). Transverse Mercator with an Accuracy of a Few Nanometers. Journal of Geodesy, 85 (8), 475–485. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00190-011-0445-3>
- Kete, P., Berk, S. (2012). Stari in novi državni koordinatni sistem v Republiki Sloveniji ter koordinatni sistem zveze Nato. V J. Balas, A. Kokalj, B. Kovič (ur.), Geoprostorska podpora obrambnemu sistemu Republike Slovenije. Zbornik, 259–279. Ljubljana: Ministrstvo za obrambo Republike Slovenije.
- Medved, K., Berk, S., Sterle, O., Stopar, B. (2018). Izzivi in dejavnosti v zvezi z državnim horizontalnim koordinatnim sistemom Slovenije. Geodetski vestnik, 62 (4), 567–586. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2018.04.567-586>
- Moritz, H. (2000). Geodetic Reference System 1980. Journal of Geodesy, 74 (1), 128–133. DOI: <https://doi.org/10.1007/S001900050278>
- Obvestilo (2007). Izračun koordinat stalnih postaj omrežja SIGNAL – uskladitev s slovenskim geodetskim datumom D96. Ljubljana: Služba za GPS, Geodetski inštitut Slovenije. http://www.gu-signal.si/sites/default/files/Obvestilo_MiniEUREF07_21_12_2007.pdf, pridobljeno 30. 11. 2020.
- Obvestilo (2019). Nove koordinate stalnih postaj omrežja SIGNAL na osnovi GNSS-izmere »EUREF Slovenija 2016« (koordinate ETRS89/D96-17). Ljubljana: Služba za GNSS, Geodetski inštitut Slovenije, in Geodetska uprava Republike Slovenije. http://www.gu-signal.si/sites/default/files/Obvestilo_12_12_2019-EUREF_SVN_2016.pdf, pridobljeno 30. 11. 2020.
- Portal Prostor (2020). Zbirka podatkov državnih geodetskih točk: Koordinate ključnih GNSS-točk. Geodetska uprava Republike Slovenije. <https://www.e-prostor.gov.si/zbirke-prostorskih-podatkov/drzavni-prostorski-koordinatni-sistem/zbirka-podatkov-drzavnih-geodetskih-tock/#tab3-1643>, pridobljeno 30. 11. 2020.
- Sjöberg, L. E. (2008). A Strict Transformation from Cartesian to Geodetic Coordinates. Survey Review, 40 (308), 156–163. DOI: <https://doi.org/10.1179/003962608X290942>
- Stopar, B. (2007). Vzpostavitev ETRS v Sloveniji. Geodetski vestnik, 51 (4), 763–776. http://www.geodetski-vestnik.com/51/4/gv51-4_763-776.pdf, pridobljeno 30. 11. 2020.
- Vaniček, P., Krakiwsky, E. (1986). Geodesy: The Concepts. Second Edition. Amsterdam: Elsevier.

Sandi Berk, univ. dipl. inž. geod.

Geodetska uprava Republike Slovenije, Urad za geodezijo
Zemljemerska ulica 12, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: sandi.berk@gov.si

3. SEPTEMBER 2020 3 SEPTEMBER 2020

3:51:10 3:51:10 A.M.

Krištof Oštir

1 UVOD

Po številnih zapletih, ki so jih povzročili okvara nosilne rakete, epidemija koronavirusa in vreme, je raketa Vega Evropske vesoljske agencije in podjetja Arianespace 3. septembra 2020 z misijo VV16 v vesolje ponesla prva slovenska satelita Nemo HD in Trisat. Gre za izjemen dosežek domačega znanja in mednarodnega sodelovanja.

Misija Vega VV16 je bila načrtovana za drugo polovico preteklega leta, a se je le nekaj mesecev pred izstrelitvijo pripetila nesreča ob izstrelitvi VV15. Vega je popolnoma na novo zasnovana generacija raket, ki je dolgo veljala za eno najzanesljivejših. Vendar pa je pri petnajstem poletu po le dveh minutah eksplodirala druga stopnja rakete in misija je bila v celoti izgubljena. Zaradi iskanja vzrokov za napako so bile vse nadaljnje izstrelitve odložene, in sicer za skoraj pol leta. Proizvajalci rakete oziroma njenih delov so odkrili najverjetnejšo napako, popravili in ojačali kritične dele in naslednji polet – Vega VV16 – je bil načrtovan za marec 2020. Integracija satelitov in rakete je potekala po načrtu, bilo je sicer nekaj »običajnih« zamud, izbruh epidemije koronavirusa pa je operacije najprej upočasnil in nato le nekaj dni pred načrtovanim datumom preprečil. Naslednje okno, ki je omogočalo izstrelitev, je bilo poleti, vendar pa je bilo treba popolnoma od začetka sestaviti kapsulo s sateliti in pripraviti raketo. Ko je bilo vse pripravljeno in je bila raketa že na lansirni ploščadi, je težave povzročilo vreme, najprej v Francoski Gvajani, nato pa v Koreji, kjer je sprejemna postaja, ki v kritičnih trenutkih spremlja delovanje rakete in ločitve satelitov. Kazalo je, da bo tudi tokrat višja sila preprečila polet, a se je vreme izboljšalo in pripravljena raketa je v vesolje poletela 3. septembra 2020.

Misija Vega VV16 oziroma SSMS PoC Flight (angl. *Small Spacecraft Mission Service Proof of Concept Flight*) je v nizko zemeljsko tirnico ponesla več kot petdeset satelitov. Skupaj 21 organizacij iz 13 držav je pripravilo 53 satelitov, od tega sedem mikrosatelitov, ki tehtajo od 15 do 150 kilogramov, 46 pa je bilo tako imenovanih satelitov CubeSat, ki tehtajo od 250 gramov do 7 kilogramov. Vega je satelite razporedila v dve nekoliko različni sončno sinhroni tirnici – sedem težjih satelitov je bilo ločenih na višini 515 kilometrov (kot drugi se je približno 40 minut po vzletu odcepil Nemo HD), preostale satelite pa je raketa potisnila še nekoliko više in so se odcepili na višini 530 kilometrov. Izstrelitev je bila zaradi številčnega tovora in velikega števila sodelujočih izjemen zalogaj za vse vpletene. Potekala pa je brezhibno, z vsemi sateliti so po odcepitvi uspešno vzpostavili stik in vsi so začeli delovati.

Preglednica 1: Seznam satelitov, ki so bili izstreljeni v okviru misije Vega VV16.

Ime	Teža	Tirnica	Življenjska doba	Lastnik	Proizvajalec	Namen
ATHENA	138 kg	515 km	2 leti	PointView (Facebook)	Maxar Technologies	telekomunikacije
GHGSat-C1	15,4 kg	515 km	3 leta	GHGSat	SFL	opazovanje Zemlje
NEMO-HD	65 kg	515 km	3–5 let	Vesolje-SI	SFL in Vesolje-SI	opazovanje Zemlje
UPMSat-2	45 kg	515 km	2 leti	IDR-UPM	IDR-UPM	tehnološka demonstracija
ESAIL	112 kg	515 km	4 leta	ExactEarth	LuxSpace	opazovanje Zemlje
ION CubeSat Carrier	150 kg	515 km	4 leta	Planet	D-Orbit	tehnološka demonstracija
NewSat-6	43,5 kg	515 km	3–4 leta	Satellogic	Satellogic	opazovanje Zemlje
SpaceBEE 10-21		530 km		Swarm Technology	Swarm Technology	telekomunikacije
Flock-4v 1-14		530 km		Planet Labs	Planet Labs	opazovanje Zemlje
Lemur-2 112-119		530 km		SPIRE Global	SPIRE Global	telekomunikacije
³ Cat-5 /A in /B		530 km		UPC in ESA	Deimos in Tyvak	opazovanje Zemlje
DIDO-3		530 km		SpacePharma	SpacePharma	raziskave
PICASSO-BE		530 km		ESA	BIRA-IASB	opazovanje Zemlje
SIMBA		530 km		ESA	KMI-IRM	opazovanje Zemlje
TRISAT		530 km		Univerza v Mariboru	SkyLabs	opazovanje Zemlje
TTÜ-100		530 km		TalTech	TalTech	opazovanje Zemlje
AMICal Sat		530 km		CSUG in MSU	CSUG in SatRevolution	opazovanje Zemlje
NAPA-1		530 km		Royal Thai Air Force	ISISpace	opazovanje Zemlje
TARS-1		530 km		Kepler Communications	ÅAC Clyde Space	zelekomunikacije
Tyvak-0171		530 km		Ni znan	Tyvak	neznano
OSM-1 Cicero		530 km		Orbital Solutions	Tyvak	opazovanje Zemlje

2 NEMO HD

Satelit Nemo HD je razvil Center odličnosti Vesolje-SI v sodelovanju s kanadskim Space Flight Laboratorijem (SFL) Inštituta za vesoljske študije Univerze v Torontu. Gre za satelit, ki omogoča interaktivno daljinsko zaznavanje z visoko ločljivostjo in omogoča zajem večspektralnih podob ter snemanje videa HD.

Satelit ima dva optična instrumenta – ozkokotnega in širokokotnega. Ozkokotni instrument ima prostorsko ločljivost 5,0 m v štirih kanalih, ki pokrivajo približno isto območje kot vidni in bližnji infrardeči kanali satelitov Landsat in Sentinel-2 (420–520 nm, 535–607 nm, 634–686 nm in 750–960 nm), poleg tega ima pankromatski kanal, s katerim lahko doseže ločljivost 2,5 m. Širokokotni instrument ima slabšo prostorsko ločljivost, in sicer 40 m. Oba instrumenta lahko snemata tudi video HD z ločljivostjo 1920

x 1080 pikslov, kar je novost na področju opazovanja Zemlje. Ko bo satelit v vidnem polju zemeljske postaje, bo sposoben prenosa posnetkov in videa v realnem času, ko pa ne bo nad nobeno zemeljsko postajo, bo posnetke shranjeval in jih prenašal zakasnjeno. Nemo HD je trenutno edini satelit, ki omogoča tako imenovano živo opazovanje iz vesolja (live streaming).



Slika 1: Eden prvih posnetkov satelita Nemo HD – naravnobarvni prikaz okolice Trziča (vir www.space.si).

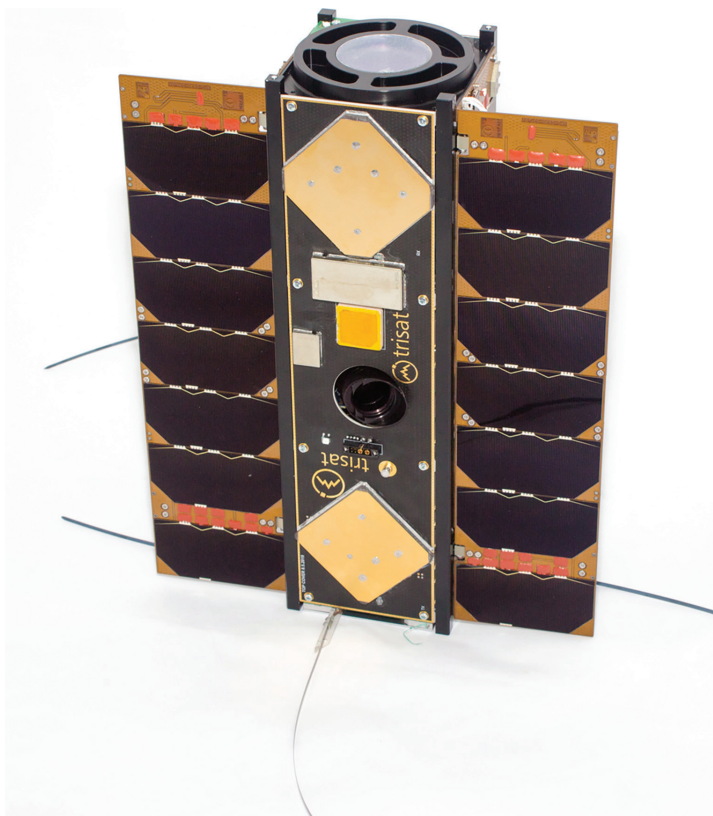
Trenutno je Nemo HD v zagoni fazi, poteka analiza delovanja vseh podsistemov, umerjanje senzorjev, preverjanje različnih načinov delovanja. Analize kažejo, da je satelit ne le uspešno preživel izstrelitev, ampak da deluje odlično. To potrjujejo prvi posnetki visokoločljive kamere in tudi prvi videoposnetki.

3 TRISAT

Trisat je predstavnik skupine satelitov CubeSat, za katere je značilna miniaturizacija in izdelava iz komponent, ki jih dobimo na trgu (off-the-shelf, COTS). Gre za satelite, ki so narejeni iz standardiziranih kock dimenzije 10 cm, praviloma pa z njimi demonstriramo uporabo posamezne tehnologije. Do zdaj je

bilo izstreljenih več kot 1200 tovrstnih satelitov, najbolj znani med njimi so PlanetScope podjetja Planet, ki s 150 sateliti dnevno posname celotno Zemljo z ločljivostjo približno 4 m.

Satelit Trisat sta razvili Univerza v Mariboru in podjetje SkyLabs. Cilj misije je opazovanje zemeljskega površja z miniaturno večspektralno kamero, ki deluje v kratkovalovnem infrardečem spektru z do osmimi neprekrivajočimi se spektralnimi pasovi. Plovilo zagotavlja visoko stopnjo miniaturizacije ter strpnost do napak in njihovo blaženje, kot je to pričakovati pri naprednih sistemih visokega cenovnega razreda.



Slika 2: Satelit Trisat je tako imenovani 3U CubeSat (vir www.trisat.um.si).

Stik s satelitom so prek zemeljske postaje vzpostavili kmalu po izstrelitvi. Trenutno poteka preverjanje statusa baterij, sončnih panelov, dvosmerne komunikacije in računalnikov. Satelit bo operativen v nekaj mesecih.

4 VESOLJE PONUJA PRILOŽNOSTI IN OVIRE

Uspešna izstrelitev obeh slovenskih satelitov predstavlja zadnje, sicer najpomembnejše, dejanje v razvoju, ki je trajal skoraj desetletje. S satelitoma smo dokazali, da se lahko kosamo z največjimi na tako zahtevnem področju, kot je vesoljska tehnologija, kar je vsekakor dokaz kakovosti in pomena inženirskega znanja in izobraževanja. Vesolje je kruto okolje, ki pa ponuja številne priložnosti, še posebej v luči vključevanja Slovenije v Evropsko vesoljsko agencijo.

16. novembra 2020, le dva meseca po uspešnem poletu VV16, je Arianespace izstrelil misijo VV17. Prve tri faze rakete so delovale popolnoma normalno, osem minut po vzletu pa so zaznali nepravilno pot plovila, ki ji je sledila izguba nadzora in izgube misije. Za pot v vesolje ne zadostuje samo znanje, treba je imeti še nekaj sreče. Nemo HD in Trisat sta jo do sedaj imela, upajmo, da tako tudi ostane.

Literatura in viri:

Arianespace (2020). Vega Flight VV16 – Arianespace. <https://www.arianespace.com/mission/vega-flight-vv16/>, pridobljeno 1. 12. 2020.

Vesolje-SI (2020). Vesolje-SI | Center odličnosti vesolje, znanost in tehnologije. <http://www.space.si/>, pridobljeno 1. 12. 2020.

Trisat (2020). TRISAT LEIS. <https://www.trisat.um.si/>, pridobljeno 1. 12. 2020.

Wikipedia (2020a). CubeSat – Wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/CubeSat>, pridobljeno 1. 12. 2020.

Wikipedia (2020b). Vega flight VV16 – Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Vega_flight_VV16, pridobljeno 1. 12. 2020.

prof. dr. Krištof Oštir, univ. dipl. inž. fiz.
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: kristof.ostir@fgg.uni-lj.si

COVID-19, GEOLOKACIJA IN KARTOGRAFIJA

COVID-19, GEOLOCATION AND CARTOGRAPHY

Joc Triglav

1 UVOD

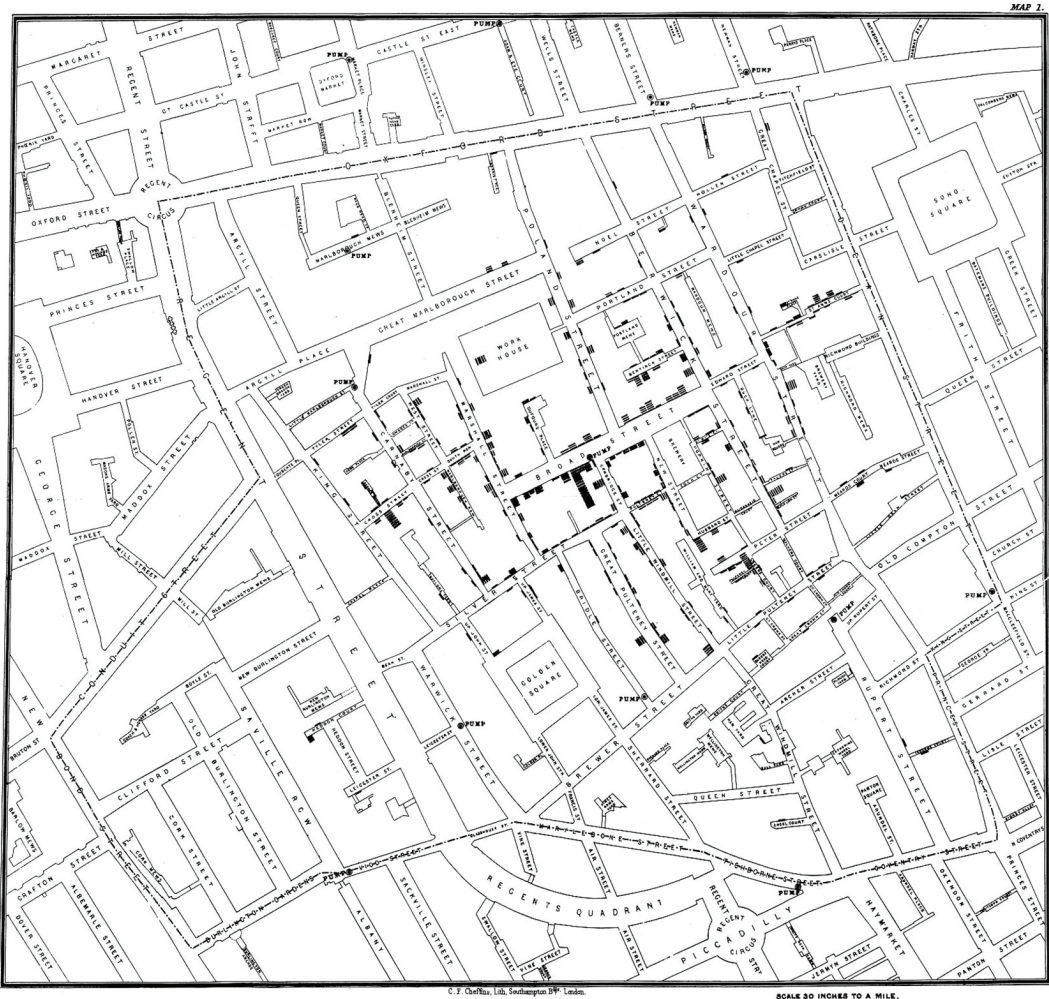
K pisanju so me spodbudili številni kartografski prikazi in različne infografike za prikazovanje in poznavanje stanja in razširjenosti pandemije COVID-19, s katero se na vsej zemeljski obli spopadamo v letošnjem letu, in kot kaže, bo tako vsaj še do pomladi, v valovih pa še dlje, vsaj dokler ne bomo virusa ukrotili s cepivi. Ob tem sem se spomnil, da sem pred desetletji bral zapis o uporabi kartografije za prikaz podatkov o geolokaciji okužb pri ugotavljanju izvora epidemije kolere v Londonu sredi 19. stoletja. Za začetek osvežimo spomin na ta kartografski pristop k reševanju epidemioloških ugank.

2 JOHN SNOW

John Snow (1813–1858) je bil angleški zdravnik, znan po pomembni vlogi pri razvoju anestezije in higiene v zdravstvu, za današnjo zgodbo pa je posebej zanimiv zaradi svojega proučevanja izbruhov kolere v Londonu, s katerim se je uvrstil med pionirje javnega zdravstva in legende epidemiologije, čeprav se je ta status utrdil šele v desetletjih po njegovi smrti. V podrobnosti njegovih dosežkov se ne bomo spuščali, saj so opisi njegovega dela široko dostopni (na primer UCLA, 2020). Na kratko se ustavimo le pri njegovem proučevanju izvora tretjega izbruha kolere v Londonu med letoma 1853 in 1855, v njegovi domači četrti Soho, kjer je živel, raziskoval in opravljal zdravniško prakso.

Snow je bil med ustanovitelji Londonskega epidemiološkega društva. Na podlagi svojih ugotovitev je zagovarjal stališče, da kolero povzroča mikrobní prenašalec, ki se prenaša ob stiku s fekalijami ali pitno vodo, ki je bila onesnažena v stiku s fekalijami. Prevladujoče stališče takratne medicinske stroke pa je bilo, da se kolera prenaša s slabim zrakom, tako imenovano miazmo, ki izhaja iz razkrajajočih se organskih snovi. Obe hipotezi sta bili predmet živahnih strokovnih razprav, utemeljenih na rezultatih raziskav. Šele po letu 1883, ko je nemški zdravnik in mikrobiolog Robert Koch z mikroskopijo identificiral *Vibrio cholerae* kot povzročitelja kolere, se je razprava zaključila v prid stališču Johna Snowa.

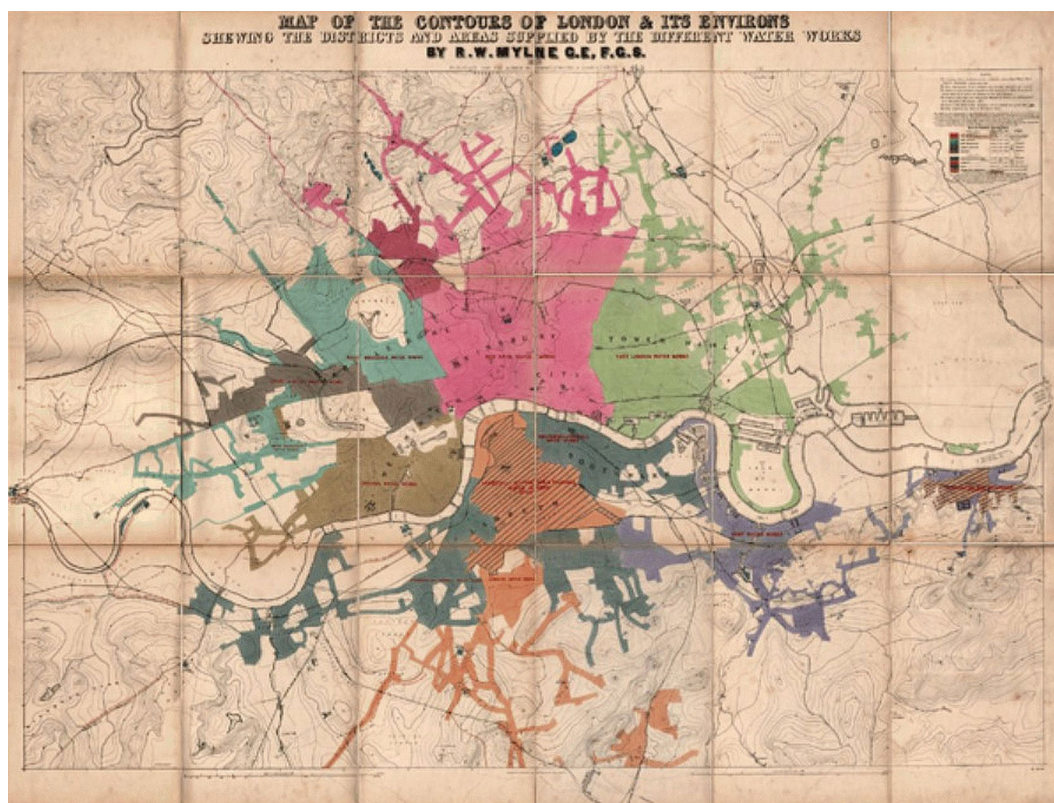
Z našo zgodbo se spet vrnimo v leto 1854, ko je kolera v četrti Soho pokosila veliko meščanov. John Snow je s proučevanjem lokacijskih značilnosti pojavljanja kolere iskal vzročno zvezo med obolelimi in izvorom izbruha. Pomagal si je z zbiranjem podatkov, statistiko in tako, da je lokacije hiš, iz katerih so bili oboleli, označeval na karti mesta, na kateri je označil tudi javne vodnjake. Hitro je ugotovil, da so vsi oboleli jemali vodo iz vodnjaka na ulici Broad Street (slika 1), ki je bil zaradi vdora fekalne vode vir okužbe. Z zaprtjem vodnjaka se je ustavilo tudi širjenje kolere.



Slika 1: Izvirni zemljevid izbruha kolere v Londonu v letu 1854, ki ga je po podatkih epidemiologa Johna Snowa izdelal kartograf Charles Cheffins. V sredini karte je s črno obarvanimi stavbami vidno območje okužbe v okolici javnega vodnjaka na ulici Broad Street, ki je bil vir okužbe. Vir karte: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/27/Snow-cholera-map-1.jpg>.

V še eni raziskavi istega leta, imenovani »Veliki eksperiment«, je primerjal kakovost vodne oskrbe londonskih sosesk, ki so se napajale z vodo iz gornjega toka Temze, in sosesk, ki so se napajale z vodo iz Temze v osrčju Londona, kjer je prihajalo do pogostega mešanja s kanalizacijo in fekalno vodo. Z rezultati eksperimenta je predstavil škodljive učinke kontaminirane vode na zdravje prebivalstva in predlagal interventne ukrepe za preprečevanje in nadzorovanje okužb. Svoja opažanja in ideje, podprte z inovativnimi statističnimi obdelavami in kartografskimi prikazi, je leta 1855 objavil v knjigi z naslovom *O načinu širjenja kolere* (angl. *On the Mode of Communication of Cholera*). Knjiga je bila ponatisnjena v 30. letih 20. stoletja že kot klasično delo epidemiologije in kot trajna potrditev dela Johna Snowa. Knjiga (Snow, 1855) je danes na spletni strani oddelka za epidemiologijo univerze UCLA dostopna v sodobni hipertekstni obliki.

kvadratni obliki z različnimi dodanimi kartografskimi viri območja Londona iz 19. stoletja (npr. slika 2), ki skupaj z opisi omogočajo detajlno prostorsko navezavo na vsebino dela. Kljub časovni oddaljenosti izida knjige je ogled vsebine in spremljajočih kart poučen tudi v sodobnem času.



Slika 2: Karta prikaza vodooskrbnih območij Londona iz leta 1856, iz obdobja, ko je John Snow objavil svoje delo o načinu širjenja kolere. Vir karte: http://www.ph.ucla.edu/epi/snow/watermap1856/watermap_1856.html.

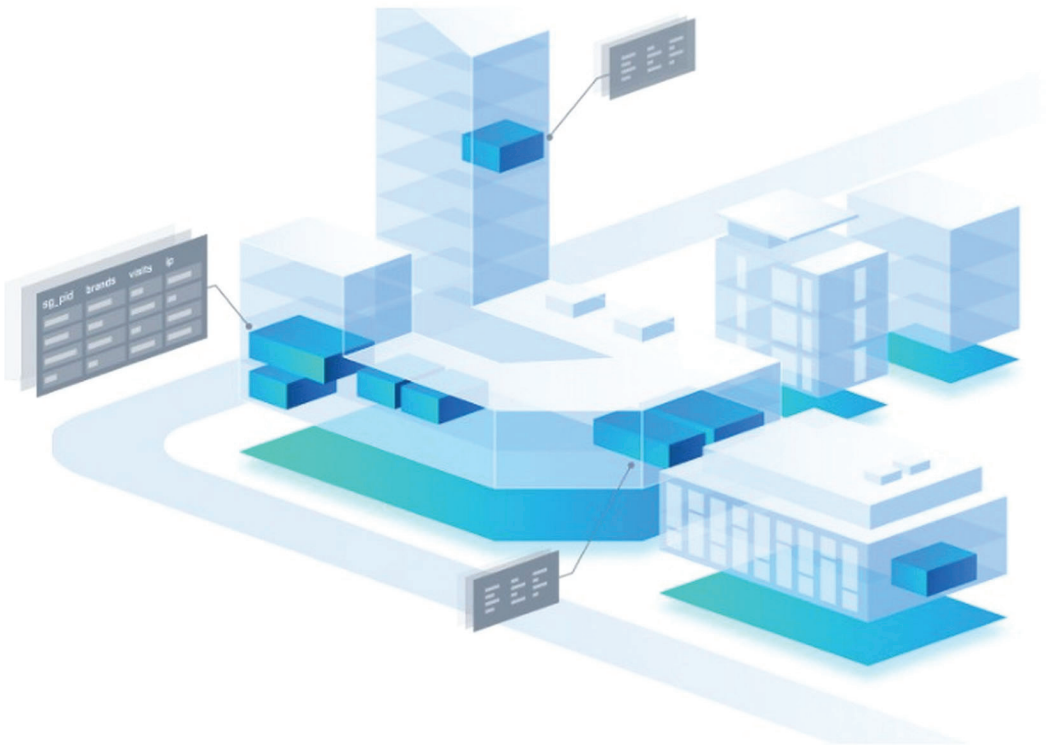
3 PRESKOK V 21. STOLETJE ...

John Snow je epidemiološko stanje znal statistično obdelati in ga na podlagi geolokacijskih podatkov predstaviti tudi na kartografski način. Ta povezava je na področju epidemiologije bistvena tudi v sodobnem času. Od časov Johna Snowa se je proučevanje epidemiologije s pomočjo digitalnih kartografskih metod in silovitega razvoja digitalnih tehnologij seveda izjemno razvilo. Virov podatkov in informacij za ponazoritev povezave epidemiologije s kartografijo oziroma s prostorskimi podatki je ogromno. Za začetek iskanja teh virov zadošča vnos ključnih besed v izbrani spletni brskalnik, na primer 'spatial epidemiology', 'health geography' in podobno. Geodetsko 'deformiranemu' raziskovalcu teh virov takoj pade v oko dejstvo, da je poleg virusa ali bakterije, ki je vzrok ene od številnih vrst okužb, ključni podatek, še vedno in vedno znova, geolokacija. Geolokacije virov okužbe, geolokacije okuženih in obolelih, geolokacije 'transportnih' poti okužb itd. Sicer pa je to, da je geolokacija temeljni podatek, očitno že iz samih ključnih besed. Kjer imamo opravka z geolokacijo, je seveda takoj za vokalom tudi kartografija. In ker smo v 21. stoletju, je to digitalna spletna kartografija.

Ker se ne more in ne zna vsak ukvarjati z zbiranjem, obdelavo in prikazovanjem geolociranih podatkov in informacij na kartografski način, so se razvila številna podjetja, specializirana prav za ta namen. Razvila se je prava 'industrija', ki množično zbira in trži podatke geolokacij uporabniško zanimivih točk množice različnih dejavnosti in storitev (angl. *point of interest* – *POI*, tudi *point-of-interest*), od lokalne in državne ravni do globalnega obsega. Če je Snow obdelovane podatke štel v stotinah in za ozko geografsko območje, se danes pogovarjamo o stotinah milijonov podatkov z vsega sveta. Najmočnejša podjetja te vrste so v ZDA. Nekatera so samostojna, nekatera pa se razvijajo pod okriljem in s pomočjo spletnih velikanov, kot so Google, Facebook idr. Naštejmo jih le nekaj:

- Google Places – <https://developers.google.com/places/web-service/overview/>;
- Factual Places – <https://www.factual.com/data-set/global-places/>;
- Foursquare – <https://developer.foursquare.com/places/>;
- SafeGraph – <https://www.safegraph.com/>;
- POI Factory – <http://www.poi-factory.com/>;
- POIPlaza – <https://poiplaza.com/>.

Število točk POI s pripadajočimi opisnimi podatki, ki jih ponujajo, sega od nekaj milijonov do nekaj deset milijonov ali tudi preko sto milijonov. Podatki se razlikujejo tudi po geografskem obsegu, ceni in/ali licenčnih pogojih, položajni in opisni kakovosti, ažurnosti, zanesljivosti ipd. Ker to ni reklama za ponudnike, si pogledjmo le splošne značilnosti priprave POI-podatkov.



Slika 3: Shematski prikaz POI-modela uporabniško zanimivih točk. Zanimive točke imajo določeno geolokacijo, in sicer do ravni lege in dimenzij delov stavb v njihovi notranjosti. Na vsako POI je vezana množica opisnih podatkov, ki analitikom omogočajo različne statistične in prostorsko-časovne analize. Vir slike: <https://www.safegraph.com/>.

V bazo podatkov se vključujejo podatki iz velike množice različnih virov. Slabe istovrstne podatke medsebojno primerjajo, odstranjujejo, kopirajo in jih v primeru nezanesljivosti brišejo. Obrisi stavb so izdelani iz posnetkov daljinskega zaznavanja in so dopolnjeni z avtomatizirano ali ročno risanimi poligoni. Za povezovanje informacij o vrstah in imenih POI z obrisi stavb uporabljajo tehnike strojnega učenja in človeške povratne informacije. Istovrstne blagovne znamke algoritmično razvrščajo in združujejo v prostorsko hierarhijo. Tako lahko na primer posamezni POI restavracij ali trgovin obstajajo znotraj drugih POI širše kategorije, kot so trgovski centri. Za kakovostno bazo POI je potrebna sistematična geolokacijska, vsebinska in časovna kontrola, ki se vrsti v ozadju sistema kot stalen proces.

Glavni podatki POI so poleg same geolokacije in imena še na primer namembnost oziroma dejanska raba, spremljanje števila obiskovalcev, območje dosega, dostopnost ipd. Ti podatki (slika 3) so zanimivi ne samo za obiskovalce, temveč tudi za različne tržne in reklamne analize, pri čemer imajo ključno vlogo podatki časovnega spremljanja geolokacij uporabnikov z GNSS-sprejemniki v njihovih telefonih v gravitacijskem območju posameznih POI-točk ali znotraj fizično omejenega prostorskega območja POI-točk, določenega s tako imenovanim geo ograjevanjem (angl. *geofencing*).

4 ... IN V LETO 2020 S COVID-19

Preden zaidemo predaleč od epidemiološko-geolokacijske teme tega zapisa, povejmo nekaj besed o študiji širjenja okužbe s koronavirusom-2 hudega akutnega respiratornega sindroma SARS-CoV-2, ki jo je s proučevanjem relacij med POI in anonimiziranim gibanjem 98 milijonov prebivalcev v desetih velikih ameriških mestih letošnjo pomlad izvedla raziskovalna ekipa z univerz Stanford in Northwestern. Ekipo so sestavljali znanstveniki s področij epidemiologije, informatike in družbenih znanosti, med njimi slovenski profesor Jure Leskovec z Univerze Stanford. Študija je v celoti in z obsežno slikovno infografiko predstavljena na spletnem naslovu <https://covid-mobility.stanford.edu/>, njeni rezultati pa so bili novembra letos objavljeni v reviji Nature (Chang in sod., 2020) in so dosegli široko medijsko odmevnost po vsem svetu, tudi v Sloveniji.

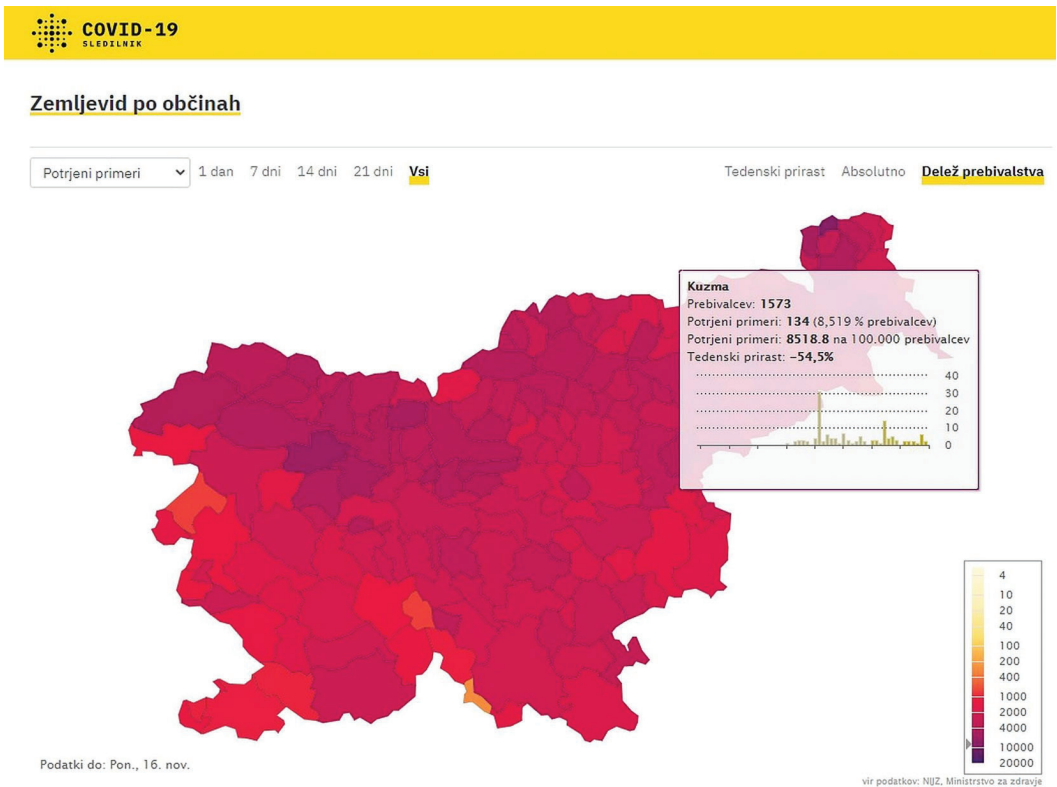
V navedeni študiji so numerično ovrednotili nevarnost posameznih vrst javnih prostorov za širjenje okužbe in ocenili možnost odprtja teh vrst prostorov v omejenem obsegu v primerjavi s popolnim zaprtjem. Raziskovalci so uporabili anonimizirane podatke o geolokacijah gibanja uporabnikov mobilnih telefonov in časih njihovega zadrževanja v posameznih vrstah javnih prostorov. Uporabili so anonimizirane, združene podatke podjetja SafeGraph, ki s podatki o mobilnih telefonih sledi vzorcem človeškega gibanja. Ti podatki beležijo, koliko ljudi vsako uro obiše posamezne geolokacije POI, kot so restavracije, trgovine, cerkve, fitnessi in tudi soseke, iz katerih ti ljudje prihajajo. Podatke so uporabili za deset največjih mest v ZDA in za obdobje obdobja od 1. marca do 1. maja 2020.

V tem zapisu ni mogoče predstaviti vseh vhodnih podatkov, postopkov obdelave podatkov in rezultatov študije. Pomembna pa je na primer ugotovitev na podlagi rezultatov modeliranja, da je majhen delež POI predstavljal velik delež virov okužb izmed vseh POI v dveh pomladnih mesecih. Na primer v Chicagu je model pokazal, da je 10 % POI predstavljal kar 85 % vseh okužb v POI. Ti bolj tvegani kraji javnega zbiranja so iz več kategorij (na primer niso samo restavracije ali telovadnice in fitnessi), značilno pa je, da imajo te geolokacije večjo gostoto obiskovalcev in obiskovalci v njih ostanejo dlje.

Pomembna je tudi ugotovitev na podlagi simulacije različnih scenarijev z uporabo modela, kot je ponovno odprtje celotne zmogljivosti posamezne POI ali na primer zgornje meje 50 %. Raziskovalci so ugotovili, da bi se z uvedbo zgornje meje zasedenosti na 20 % zmogljivosti zmanjšala stopnja okužbe za 80 %, hkrati pa bi zmanjšali gospodarsko škodo. To kaže, da bi lahko z zgornjimi mejami zasedenosti precej znižali hitrost prenosa okužb, hkrati pa podjetjem omogočali, da ostanejo odprta z nižanim številom strank. Ker bi te zgornje meje večinoma vplivale samo na obiske v konicah, bi na primer restavracije v povprečju izgubile približno 42 % strank. Avtorji so poudarili, da bi morali biti ukrepi, kot sta nošenje mask in vzdrževanje socialne razdalje, tudi del kombinacije, da se lahko take POI varno ponovno odprejo.

5 TEMELJNI PODATKI GEODETSKE SLUŽBE

Letos, ko je po vsem svetu glavna tema razširjenost okužbe z virusom SARS-CoV-2 in širjenje bolezni COVID-19, lahko rezultate prostorskih prikazov značilnih podatkov in statistik okužb in bolezni dnevno vidimo v vseh medijih, od analognih do elektronskih. Zelo nazorne za spremljanje stanja okužb in obolevnosti po Sloveniji so na primer dnevno posodobljene statistične infografike in kartografske informacije (slika 4) na spletni strani COVID-19 sledilnika (COVID-19, 2020).



Slika 4: Primer prikaza stanja potrjenih primerov okužb po slovenskih občinah v spletni aplikaciji COVID-19 Sledilnik (COVID-19, 2020).

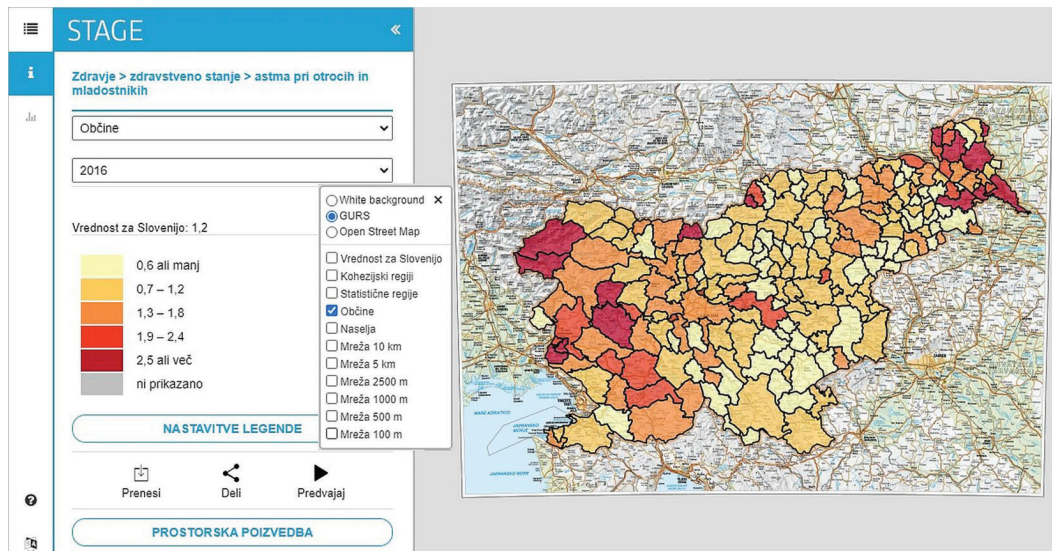
Prikazani podatki spremljajo stanje in iz njih lahko razberemo trende obnašanja okužbe v posameznih območjih države. Kot naslednji korak verjetno tudi pri nas lahko upravičeno pričakujemo, da se bo

epidemiološko proučevanje dodatno osredotočilo na podobne teme in vprašanja, kot jih je obravnavala zgoraj opisana študija.

Ključna služba za zagotavljanje kakovostnih prostorskih podatkov za območje celotne Slovenije, ki bodo podlaga za takšne raziskave, je prav slovenska geodetska služba. Ob gornji sliki 3 na primer takoj dobimo asociacijo na naš kataster stavb in register nepremičnin, ki vsebujeta ogromno maso podatkov kot začetno geološkajsko, tehnično in vsebinsko podlago za nacionalno bazo POI-točk.

Več kot dovolj natančno za te namene poznamo njihovo geološkajsko, naslov, obliko, površino, namembnost oziroma dejansko rabo, v kombinaciji z javno bazo Poslovnega registra Slovenije ePRS (<https://www.ajpes.si/prs/>) pa poznamo tudi podatke, kateri poslovni subjekti imajo sedež na posameznem naslovu. Za vse naslove v Sloveniji imamo geodeti geološkajsko že zbrane v evidenci hišnih števil (EHIŠ), vse vrste in ravni prostorskih okolitev v Sloveniji pa imamo v registru prostorskih enot (RPE). Podatki geodetske službe skupaj s podatki poslovnega registra torej kličejo po vzpostavitvi centralne baze POI-točk za Slovenijo. Zаметke tega lahko že vidimo na primer na rumenih straneh spletnega telefonskega imenika ali drugih ponudnikov poslovnih informacij, ki poleg opisne že vsebujejo geološkajsko sestavino, za katero so podatke pridobili od geodetske službe.

Skratka, geodetska služba ima ogromno množico kakovostnih prostorskih podatkov, sistematično urejenih za območje celotne države. Ti podatki so poleg izpolnjevanja osnovnih funkcij na področju evidentiranja nepremičnin neposredno uporabni tudi za epidemiološke (in različne druge!) raziskave, ki bi bile ljudem, gospodarstvu in drugim družbenim podsistemom, skratka, vsej državi, v veliko korist.



Slika 5: Primer prikaza geoprostorske obdelave statističnih podatkov v kartografski aplikaciji STAGE. Prikazano je zdravstveno stanje astme pri otrocih in mladostnikih po slovenskih občinah za leto 2016. STAGE omogoča prikaze geoprostorsko obdelane prikaze po velikem številu vrstni podatkov in kriterijev za njihov prikaz. Vir slike: <https://gis.stat.si/>.

Statistični urad RS je na področju geoprostorske obdelave statističnih podatkov na primer že naredil velike korake v pravo smer (slika 5). S kartografsko aplikacijo STAGE (okr. STATistika in GEografija) – <https://>

gis.stat.si/, ki je enotna vstopna točka do statističnih podatkov, prikazanih po različnih administrativnih enotah (po občinah, regijah, naseljih) in na hierarhični mreži (gridu) enako velikih celic. Na njihovi spletni strani lahko preberemo (cit): »Aplikacija uporabnikom omogoča označevati in povezovati poljubne prostorske enote in pregledovati statistike za na novo opredeljena območja. S povezovanjem celic na mreži uporabnik lahko tako oblikuje nova funkcionalna območja ne glede na obstoječe administrativne enote. Uporabniki, ki so večji ravnarji z orodji GIS, pa lahko z aplikacijo STAGE prevzamejo podatke neposredno, jih povežejo s svojimi prostorskimi podatki in potem izvajajo prostorske analize za različne namene, na primer za spremljanje stanja v prostoru ali sprejemanje strateških razvojnih odločitev, za načrtovanje in projektiranje novih dejavnosti v prostoru, za pripravo intervencijskih ukrepov ipd. Vabimo vas, da s pomočjo STAGE odkrivате značilnosti sveta, ki vas obdaja, in uporabljate informacije, ki vam jih nudi ta aplikacija. Povezujte jih v novo znanje o okolju, v katerem živite.

Za pomoč pri poizvedovanju po podatkih z aplikacijo STAGE so vam na voljo še druga kratka videonavodila (<https://vimeo.com/channels/926253>). Ta vam bodo pomagala pri upravljanju aplikacije in vas vodila pri uporabi njenih funkcionalnosti ter vam kdaj tudi namignila, kako in za kaj je mogoče pridobljene podatke uporabiti.« (konec cit.)

6 SKLEP

Geodetska služba in statistična služba sta v Sloveniji pred dobrimi štirimi desetletji z medsebojnim sodelovanjem vizionarsko in kakovostno poskrbeli za enotno in celovito vzpostavitev RPE (medklic: prostorske enote upravnih občin na gornjih slikah 4 in 5 so avtomatsko določene iz podatkov baze RPE) in EHIŠ. Pred tremi desetletji sta službi združili moči z zasebnim sektorjem za poenotenje baze podatkov zemljiškega katastra v državi, kar nam je odprlo pot do urejenega enotnega sistema evidentiranja nepremičnin. Takšno združitev moči in znanja državnih organov ter organizacij javnega in zasebnega sektorja za skupno delovanje v javno korist potrebujemo tudi danes. Ker govorimo o epidemiji, je v takšni navezi seveda nujno sodelovanje Nacionalnega inštituta za javno zdravje, ponudnikov anonimiziranih in agregatnih prostorsko-časovnih podatkov uporabnikov mobilnih telefonov, naravoslovnih fakultet in še koga.

Za izvedbo epidemioloških študij je potreben sistematično urejen osnovni nabor geoprostorskih podatkov, ki pa jih v naši državi imamo, in to kakovostne. Od tu naprej ni potrebna posebej razvita domišljija, da bi si znali predstavljati, na kakšne vse koristne načine za ljudi in družbo kot celoto so lahko uporabni kakovostni podatki geodetske službe. Študija iz ZDA, ki je opisana zgoraj, je le ena od številnih, ki so jih in jih še izvajajo v državah v razvitem svetu. Ni nam torej treba odkrivati tople vode. Proučimo njihove rezultate, uporabimo znanje strokovnjakov in na podobne načine analizirajmo razmere in geoprostorsko ter časovno modelirajmo epidemiološko stanje na območju Slovenije, da bomo lahko na podlagi tako analiziranih podatkov spet 'odprli' družbo in gospodarstvo na kontroliran in epidemiološko vzdržen način. V nedogled namreč ne bomo mogli ostati zaprti med štiri stene in socialno izolirani, ker bo škoda na zdravstvenem, socialnem, gospodarskem, izobraževalnem in številnih drugih področjih dela in življenja vseh generacij našega prebivalstva neizmerna in zelo težko popravljiva.

Če kdaj, je zdaj čas resnično dozorel za odločen korak geodetske službe v smer uporabe in analize geoprostorskih podatkov, kot je nakazana v gornjem zapisu!

Literatura in viri:

- Chang, S., Pierson, E., Pang, W. K., Geradin, J., Redbird, B., Grusky, D., Leskovec, J. (2020). Mobility network models of COVID-19 explain inequities and inform reopening. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2923-3>, <https://www.nature.com/articles/s41586-020-2923-3.epdf>, pridobljeno 22. 11. 2020.
- COVID-19, 2020. COVID-19 sledilnik. <https://covid-19.sledilnik.org/sl/stats>, pridobljeno 22. 11. 2020.
- Snow, J. (1855). *On the Mode of Communication of Cholera* / by John Snow, M. D. London: John Churchill. <http://www.ph.ucla.edu/epi/snow/snowbook.html>, pridobljeno 22. 11. 2020.
- UCLA (2020). John Snow. Department of Epidemiology, UCLA Fielding School of Public Health <http://www.ph.ucla.edu/epi/snow.html>, pridobljeno 22. 11. 2020.

dr. Joc Triglav, univ. dipl. inž. geod.

*Območna geodetska uprava Murska Sobota
Murska Sobota, Lendavska ulica 18, SI-9000 Murska Sobota
e-naslov: joc.triglav@gov.si*

GEOPORTAL AKOS – PREGLEDOVALNIK PODATKOV O ELEKTRONSKIH KOMUNIKACIJAH

GEOPORTAL AKOS – ELECTRONIC COMMUNICATIONS DATA VIEWER

Tomaž Šturm, Gregor Baliž, Marko Simončič, Nika Mesner

1 UVOD

Za urejanje in nadzor trga elektronskih komunikacij v Sloveniji skrbi Agencija za komunikacijska omrežja in storitve Republike Slovenije (v nadaljevanju: agencija). Agencija med drugim zagotavlja učinkovit razvoj komunikacijskih omrežij in storitev v korist prebivalcev in poslovnih subjektov Slovenije, spodbuja konkurenco ter zagotavlja enakopravnost delovanja operaterjev elektronskih komunikacijskih omrežij in storitev. Za urejanje trga elektronskih komunikacij in nadzor nad njim je izrednega pomena kartiranje infrastrukture elektronskih komunikacij in z njimi povezanih podatkov. Agencija je zato vzpostavila geoportal AKOS (v nadaljevanju: geoportal), ki zagotavlja pregled nad infrastrukturo elektronskih komunikacij, pokritostjo s fiksnim in mobilnim omrežjem, infrastrukturnimi investicijami ter drugimi informacijami (meritvami kakovosti mobilnega signala, analizami maloprodajnih cen, poštnim omrežjem, gospodarsko javno infrastrukturo – električnimi vodi, toplovodi, kanalizacijo ...). Glavni namen vzpostavitve geoportala je zmanjšati stroške izgradnje zelo visoko zmogljivih omrežij (angl. *very high capacity networks* – VHCN) ter spodbuditi souporabo in skupno gradnjo. Dodatno agencija z geoportalom javnosti omogoča dostop do več njenih lastnih slojev prostorskih podatkov (pokritost s fiksnim in mobilnim omrežjem, analiza maloprodajnih cen telekomunikacijskih storitev, meritve mobilnega signala, meritve spektra, infrastrukturne investicije) in tako skrbi za politiko odpiranja podatkov javne uprave, do katerih do sedaj ni bilo mogoče enostavno dostopiti. Cilji tovrstnega odpiranja so povezani z višjo učinkovitostjo investicij, transparentnostjo delovanja ter proaktivno objavo in izmenjavo prostorskih informacij. Hkrati agencija sledi politiki in načelom direktive EU o ponovni uporabi podatkov javnega sektorja in tudi zakonodaje o dostopu do informacij javnega značaja.

2 PODATKI O ELEKTRONSKIH KOMUNIKACIJAH

Vodenje podatkov o elektronskih komunikacijskih omrežjih v Sloveniji določata Zakon o elektronskih komunikacijah (Uradni list RS, št. 109/2012, 110/2013, 40/2014 – ZIN-B, 54/2014 – odl. US, 81/2015 in 40/2017, v nadaljevanju ZEKom-1) in Pravilnik o vodenju in vsebini podatkov o komunikacijskih omrežjih in pripadajoči infrastrukturi, omrežnih priključnih točkah in drugih elektronskih komunikacijskih omrežjih (Uradni list RS, št. 19/18, v nadaljevanju: Pravilnik). Elektronske komunikacije ali elektronsko komunikacijsko omrežje so sistemi prenosa, ki omogočajo prenos signalov po žicah, z radijskimi valovi, optičnimi ali drugimi elektromagnetnimi sredstvi, vključno s satelitskimi omrežji, fiksnimi in mobilnimi

omrežji, električnimi kablenskimi sistemi, če se uporabljajo za prenos signalov, omrežji, ki se uporabljajo za radijsko in televizijsko radiodifuzijo, ter z omrežji kableske televizije ne glede na vrsto prenesenih informacij (ZEKom-1, 2012). Prostorska komponenta podatkov o elektronskih komunikacijskih omrežjih je za regulatorje telekomunikacij, kar agencija je, bistvenega pomena in praktično dnevno uporabljena na številnih področjih vsakdanjega dela v okviru pristojnosti, ki jih izvršujejo. Tudi agencija v okviru svojih pristojnosti vsakodnevno uporablja tovrstne podatke, predvsem pri analizah upoštevanih trgov, določitvi obsega univerzalne storitve ipd. Kadar govorimo o podatkih o omrežjih ali storitvah elektronskih komunikacij, je tako poleg osnovnih atributov, kot so zmogljivost, kapaciteta, stanje itd., pomembna tudi njihova lokacija v prostoru, torej, kje se posamezni omrežni element oziroma storitev določenih karakteristik nahaja.

Agencija je pri svojem delu identificirala področje kartiranja in analize širokopasovne infrastrukture kot ključni element pri zagotavljanju podpore regulatornim odločitvam, načrtovanju omrežij naslednjih generacij, preverjanju stopnje razvoja širokopasovnih omrežij v Sloveniji in nadzoru nad izpolnjevanjem obveznosti lastnikov širokopasovne infrastrukture. Prav tako narašča trend razvoja kartiranja in geografskih analiz med državami članicami Evropske unije.

Pomen prostorskih podatkov elektronskih komunikacij in njihovega kartiranja je že pred nekaj časa prepoznala tudi Evropska komisija s projektoma SMART 2012/0022, ki se nanaša na študijo širokopasovnega in infrastrukturnega kartiranja, in SMART 2014/0016, ki obravnava kartiranje fiksni in mobilni širokopasovni storitvi po Evropi. Evropska komisija si s strategijo enotnega digitalnega trga (angl. *digital single market*) do leta 2020 in s strategijo gigabitne družbe (angl. *gigabit society*) do leta 2025 med drugim prizadeva za vsesplošno povezanost državljanov članic, podjetij in institucij.

V študiji širokopasovnega in infrastrukturnega kartiranja iz leta 2014 je Evropska komisija preverjala stanje po evropskih državah in širše, obenem pa je definirala štiri tipe kartiranja (Arnold in sod., 2014):

- infrastrukturno kartiranje je natančno, prostorsko umeščeno in strukturirano zbiranje, obdelava in prikazovanje podatkov obstoječe infrastrukture z namenom transparentnega pregleda stanja za uporabnike in ciljem ustvarjanja sinergij pri nadaljnji gradnji omrežij;
- storitveno kartiranje je zbiranje, analiza in prikazovanje podatkov o zagotavljanju storitev elektronskih komunikacij s posameznimi parametri kakovosti storitev. Glavna namena sta informiranje javnosti in zagotavljanje informacij kot podlaga za načrtovanje in odločanje;
- kartiranje povpraševanja sestavljata zbiranje dejanskega povpraševanja po storitvah elektronskih komunikacij, kar je lahko tudi podlaga za kakršnokoli načrtovanje in posledično investicijo, ter merjenje parametrov kakovosti obstoječe storitve;
- kartiranje investicij je zbiranje, združevanje, obdelava in prikaz informacij o načrtovanih investicijah v omrežja elektronskih komunikacij, slednje prispeva k informiranju relevantnih deležnikov o stanju in učinkovitosti investicij.

Evropski zakonik o elektronskih komunikacijah (2018; v nadaljevanju: EECC), ki ga morajo države članice prenesti v svoje nacionalne zakonodaje do konca leta 2020, v 22. členu določa, da bodo morali nacionalni regulatorji elektronskih komunikacij oziroma drugi pristojni organi do leta 2023 in potem vsaka tri leta izvesti geografske preglede dosega elektronskih komunikacijskih omrežij. Tovrstni pregledi bodo lahko vključevali tudi napoved o prihodnjem dosegu teh omrežij, zbrane informacije pa naj bi vsebovale ustrezno raven podatkov o lokalnih razmerah in dovolj informacij o kakovosti storitve in parametrih kakovosti. EECC

je za organ evropskih regulatorjev za elektronske komunikacije (v nadaljevanju: BEREC) v navedenem členu določil obveznost izdaje smernic, ki bodo v pomoč nacionalnim regulatorjem elektronskih komunikacij oziroma drugim pristojnim organom pri doslednem izvajanju tega člena. BEREC je prvo fazo projekta priprave smernic v začetku leta 2020 že zaključil, drugi del pa sledi v prvi polovici leta 2021. To je izredno pomembna novost v evropskem regulatornem okvirju, saj uvaja uporabo prostorskih podatkov s področja elektronskih komunikacij tudi za države, ki tej komponenti do sedaj niso pripisovale večjega pomena.

V Republiki Sloveniji se na ravni države in skladno z veljavno zakonodajo učinkovito izvajajo trije tipi kartiranja, in sicer:

- infrastruktorno kartiranje, to je evidentiranje objektov elektronskih komunikacijskih omrežij v zbirni kataster gospodarske javne infrastrukture (v nadaljevanju: ZK GJI) skladno s 14. členom ZEKom-1 (2012),
- storitveno kartiranje, to je evidentiranje storitev, ki so na voljo uporabnikom na fizičnih točkah dostopa do omrežja elektronskih komunikacij, v evidenco omrežnih priključnih točk, ki je prav tako del ZK GJI, skladno s četrtnim odstavkom 14. člena ZEKom-1 (2012),
- kartiranje investicij, kamor spadajo kartiranje izraženega tržnega interesa za izgradnjo širokopasovnega omrežja v naslednjih treh letih in uporaba javnih sredstev na nekomercialnih območjih (tako imenovane bele lise) pri gradnji odprtih širokopasovnih omrežij, slednje urejata 11. in 11. a člen ZEKom-1 (2012). Agencija izvaja kartiranje investicij tudi na podlagi objav namer o načrtovani gradnji infrastrukture elektronskih komunikacij na portalu infrastrukturnih investicij (Splošni akt, 2018).

2.1 Zbirni kataster gospodarske javne infrastrukture – elektronske komunikacije

Osnovni namen vodenja ZK GJI je na enem mestu zagotoviti osnovne podatke o objektih gospodarske javne infrastrukture, kar je osnovna informacija o zasedenosti prostora, hkrati pa navesti kazalec na podrobnejše podatke o posameznem objektu, ki jih vodi posamezni lastnik oziroma upravljavec infrastrukture (Rakar in sod., 2010). Evidentiranje objektov javnega komunikacijskega omrežja (elektronske komunikacije) je bilo na začetku urejeno v Pravilniku o katastru javnega komunikacijskega omrežja in pripadajoče infrastrukture (2005), ki ga podrobneje določa četrti odstavek 83. člena Zakona o elektronskih komunikacijah (2007). Dandanes je predmet evidentiranja objektov elektronskih komunikacijskih omrežij določen v ZEKom-1 (2012):

- javna komunikacijska omrežja in pripadajoča infrastruktura ter
- druga elektronska komunikacijska omrežja na (nad ali pod) nepremičninah v lasti oseb javnega prava.

Podatke o javnih komunikacijskih omrežjih vodi Geodetska uprava Republike Slovenije (v nadaljevanju: GURS) v ZK GJI (ZEKom-1, 2012), ki je temeljna nepremičninska evidenca v Sloveniji, v kateri so evidentirani objekti gospodarske javne infrastrukture (prometna, energetska, komunalna, vodna, infrastruktura za gospodarjenje z drugimi vrstami naravnega bogastva ali varstva okolja ter elektronske komunikacije). Celoten nabor podatkov je določen s predpisom, ki ureja vpis v evidenco, ter tehničnimi pravili GURS (Pravilnik, 2018):

- izmenjevalni format za posredovanje podatkov o dostopnosti do širokopasovnega omrežja ter
- izmenjevalni format in šifranti datotek elaborata sprememb podatkov o objektih gospodarske javne infrastrukture.

Natančen seznam naprav in objektov elektronskih komunikacijskih omrežij, ki se evidentirajo v zbirnem katastru gospodarske javne infrastrukture, je določen v ZEKom-1 (2012) in Pravilniku (2018). Evidentirajo se točkovni (jaški, razdelilne omarice, antene ...), ploskovni (stavbe elektronskih komunikacij, večji antenski stolpi ...) ter linijski objekti elektronskih komunikacij (kabelska kanalizacija, komunikacijski vodi ...). Od leta 2017 se v zbirnem katastru vodijo tudi podrobni podatki o trasah elektronskih komunikacijskih omrežij. Evidentirajo se podatki o ceveh, ki so namenjene uvlačenju telekomunikacijskih kablov, ter podatki o kablilih v ceveh in podatki o aktivnosti vodov v kablu. Tovrstni podatki so zelo pomembni za spodbujanje souporabe obstoječe infrastrukture, ker omogočajo identifikacijo praznih cevi, oceno nezasedenega prostora v cevi ter razpoložljivih vodov. Razpoložljivost in javnost podatkov o ceveh, kablilih in vodih na trasah je velik mejnik pri pospeševanju souporabe obstoječe infrastrukture in zmanjšanju stroškov izgradnje komunikacijskih omrežij.

Poleg tega se za omrežja, pri katerih evidentiranje ni obvezno, priporoča evidentiranje za potrebe varovanja obstoječe infrastrukture, če bi v varovalnem pasu objektov elektronskih komunikacijskih omrežij gradili morebitni drugi investitorji. Obveznost poročanja velja za investitorja ali upravljavca elektronskega komunikacijskega omrežja. Vsaka sprememba podatkov se sporoči GURS v treh mesecih po njenem nastanku (ZEKom-1, 2012). Nadzor nad vpisi v ZK GJI izvaja agencija.

2.2 Omrežne priključne točke

Sestavni del katastra elektronskih komunikacij so tudi omrežne priključne točke (v nadaljevanju: OPT), katerih zbiranje se je začelo leta 2013 s sprejetjem ZEKom-1 (2012). OPT je fizična točka, na kateri ima končni uporabnik dostop do javnega komunikacijskega omrežja. Kadar omrežja vključujejo komutacijo ali usmerjanje, je OPT določena s posebnim omrežnim naslovom, ki je lahko vezan na številko ali ime naročnika. V evidenci OPT se vodijo natančni podatki o posameznem priključku (podatki o zgrajenih in priključenih, zgrajenih in nepriključenih ter omogočenih (neobvezno) OPT). Končni uporabniki lahko na podlagi podatkov OPT poizvedujejo po upravljavcih priključkov, vrsti in zmogljivosti na posameznem naslovu. Hkrati so podatki OPT temeljni podatek za geografske analize za potrebe regulacije, spremljanje pokritosti (Šturm in sod., 2020), identifikacijo belih lis ipd.

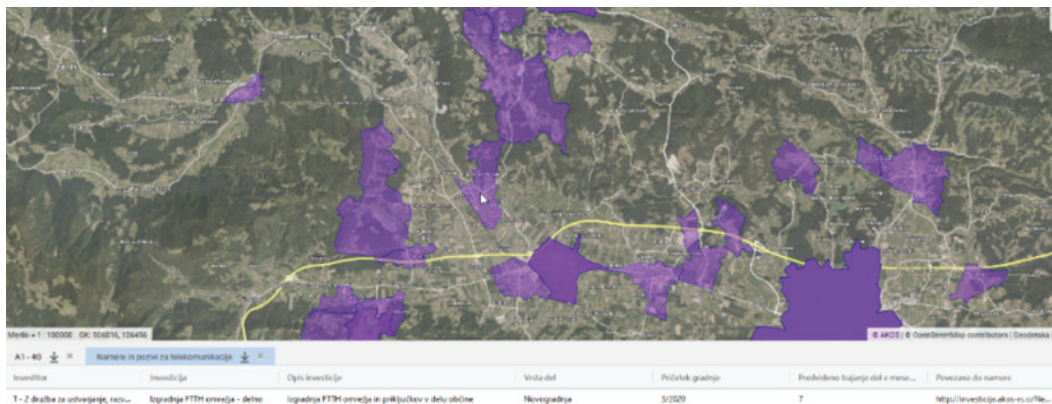
2.3 Podatki agencije

Agencija v okviru svojih pristojnosti izdeluje, vodi in vzdržuje številne prostorske podatke. Na geoportalu so na voljo podatki o:

- načrtovani gradnji infrastrukture,
- pokritosti s širokopasovno ali bolj zmogljivo infrastrukturo,
- pokritosti z mobilnim omrežjem,
- izsledkih maloprodajnih analiz,
- poštnem omrežju,
- verifikaciji podatkov.

Podatki o načrtovani gradnji infrastrukture temeljijo na namerah gradnje gospodarske javne infrastrukture, ki jih objavljajo investitorji na portalu infrastrukturnih investicij (<https://investicije.akos-rs.si/namere-pozivi>). Osnovni namen vodenja namer gradnje je zagotavljanje preglednosti nad načrtovanimi

gradbenimi deli v Sloveniji ter spodbujanje skupne gradnje infrastrukture elektronskih komunikacij in gospodarske javne infrastrukture. Na geoportalu je objavljena načrtovana gradnja na naselje natančno, objava je opremljena z natančnejšimi podatki: nazivom investitorja, kratkim opisom investicije, letom gradnje ter povezavo na objavo na portalu infrastrukturnih investicij, kjer so na voljo drugi natančni podatki in obrazec za oddajo interesa skupne gradnje. Sloj je namenjen predvsem operaterjem omrežij za namen načrtovanja sočasne gradnje z drugimi operaterji omrežij ali investitorjem v drugo gospodarsko javno infrastrukturo. Drugi sloj, namere in pozivi v telekomunikacije, je namenjen splošni javnosti ter tudi občinam in drugi zainteresirani javnosti za informiranje o aktualni gradnji elektronskih komunikacijskih omrežij.



Slika 1: Prikaz namere in pozivov za telekomunikacije (AKOS, 2020).

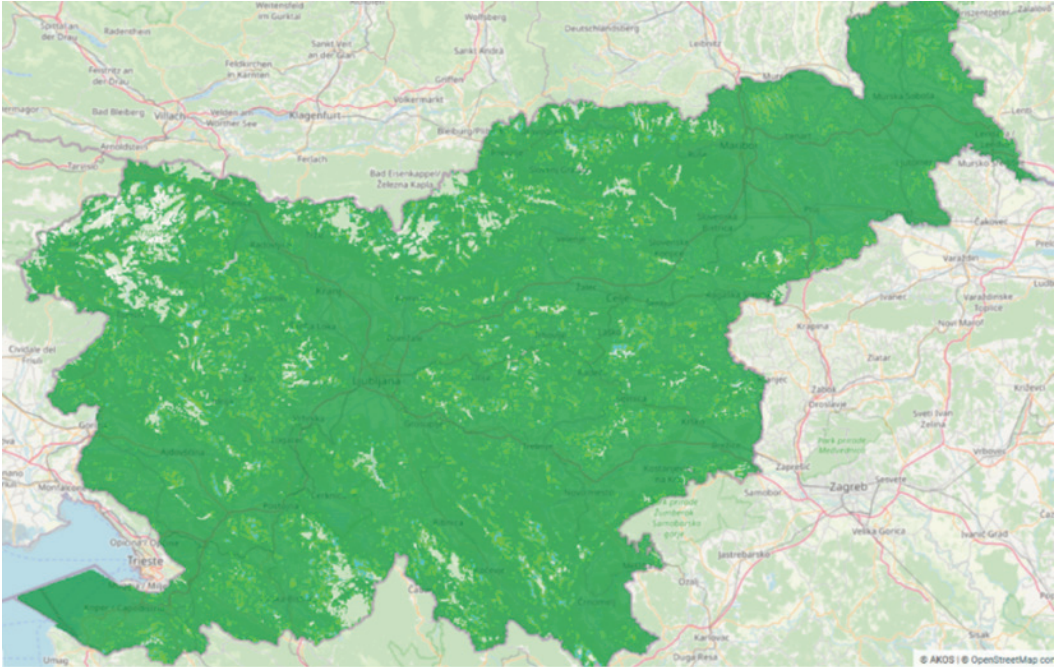
Na sliki 1 so prikazana naselja, v katerih operaterji omrežij načrtujejo gradnjo. V občini Polzela je na primer investitor T-2 v marcu 2020 pričel graditi optično omrežje, gradnja bo trajala predvidoma sedem mesecev.

Pokritost s fiksno širokopasovno infrastrukturo (do 30 Mb/s, nad 30 Mb/s ter nad 100 Mb/s) je predstavljena z območji velikosti 200 × 200 metrov. Sloj je izdelan na podlagi evidence OPT ter lokacije stalno prijavljenih gospodinjstev in poslovnih subjektov.

Pokritost z mobilnim omrežjem in bazne postaje so prikazani po operaterjih in po tehnologijah. Za lokacije baznih postaj je dodatno omogočeno vpogledovanje po različnih obdobjih. Za posamezno pokritost so prikazana območja ter ocenjena kakovost signala (zelo dobro, dobro in mejno), nepokrita pa se ne prikazujejo. Osnova za izračun pokrivanja so posredovani podatki operaterjev o lokacijah baznih postaj po Sloveniji in vrednosti signala, glede na kakovost uporabniške izkušnje, po posamezni tehnologiji. Simulacija je bila izvedena s propagacijskim modelom ITU-R P.1812 (Gaberc, 2019). Na sliki 2 je prikazana pokritost Slovenije s tehnologijo 4G enega od operaterjev.

Agencija letno izvaja analizo storitev na maloprodajnem trgu širokopasovnega dostopa, za katero ji podatke posredujejo operaterji, ki so vpisani v uradno evidenco agencije kot aktivni operater. Povprečna cena storitev na priključku se prikazuje na ravni občin. Povprečje je količnik vsote vseh cen za tip storitev in števila priključkov v občini. Pri izračunu so upoštevani širokopasovni priključki, ki so bili v opazovanem obdobju aktivni ves mesec. Na geoportalu so na voljo podatki o povprečnih cenah osnovnih, osnovnih in povezanih (na primer k osnovni storitvi televizije je povezan še internet, a ne gre za paketno ponud-

bo), dopolnilnih in vseh storitev na priključku. Število različnih aktivnih maloprodajnih ponudnikov se prikazuje na ravni naselja; upoštevani so operaterji, ki so imeli v obdobju poročanja vsaj 1 % vseh širokopasovnih priključkov v naselju, a obenem ne manj kot dva priključka, ali pa vsaj dvesto aktivnih priključkov. Število TV-programov na priključkih s storitvijo TV je povprečje, izračunano kot količnik vsote vseh TV-programov na širokopasovnih priključkih v občini in števila širokopasovnih priključkov, ki vključujejo storitev televizije.



Slika 2: Pokritost s tehnologijo 4G enega od operaterjev (AKOS, 2020).

Podatki poštnega omrežja vključujejo prostorske podatke o kontaktnih točkah, poštnih nabiralnikih in poštnih okoliših. Kontaktne točke so poštni poslovalnice Pošte Slovenije glede na tip, pri katerem ločimo med stalnimi in premičnimi. Lokacije razpoložljivih poštnih nabiralnikov je agenciji posredovala Pošta Slovenije. Poštni okoliši so privzeti iz registra prostorskih enot.

Agencija se zaveda pomena kakovosti prostorskih podatkov, saj so podlaga za izvajanje različnih analiz ter sprejemanje pomembnih poslovnih, političnih, strateških in drugih odločitev. V ta namen izvaja redne verifikacije podatkov. Na geoportalu so objavljeni rezultati tako imenovanih *drive testov*. To so meritve dejanske kakovosti signala mobilnega omrežja vzdolž državnih cest, na katere uporabniško okolje nima vpliva.

Na geoportalu so prikazani tudi podatki o meritvah dejanske zmogljivosti in kakovosti internetnega dostopa po lokacijah za fiksno in mobilno omrežje. Meritve so izvedene v okolju uporabnika s spletno storitvijo AKOS Test net (<https://www.akostest.net>).

3 GEOPORTAL AKOS

S sprejetjem Uredbe o posredovanju in ponovni uporabi informacij javnega značaja (2016) in Zakona o spremembah in dopolnitvah Zakona o elektronskih komunikacijah (2017) so postale zbirke podatkov o elektronskih komunikacijah in OPT prosto dostopne. Tako so bili izpolnjeni vsi pogoji, ki so omogočili agenciji, da se je projekt vpogleda v podatke elektronskih komunikacij predstavila tudi širši javnosti. Geoportala AKOS je bil javnosti uradno predstavljen v maju 2019. Na geoportalu lahko vsi uporabniki dostopajo do podrobnih javnih podatkov o elektronskih komunikacijah iz treh tipov kartiranja in vseh kategorij kakovosti storitev pri storitvenem kartiranju, ob podpori drugih prostorskih slojev. Od prve javne predstavitve do danes se je geoportala že spremenil in je postal osrednji spletni portal za pregled podatkov elektronskih komunikacij, kot tudi vseh drugih z njimi povezanih podatkov, kot so lokacije baznih postaj, pokritost z mobilnimi omrežji, zemljiškokatastrski prikaz, hišne številke ... Danes geoportala vsebuje že več kot 70 različnih prostorskih slojev z opisnimi podatki.

3.1 Spletni pregledovalnik

Spletni pregledovalnik omogoča vpogled v podatke elektronskih komunikacij brez dodatne programske opreme, uporabnik potrebuje samo povezavo v svetovni splet in spletni brskalnik (Firefox, Chrome, Edge ...). Obstaja več načinov dostopa do geoportala, najpogostejša sta prek spletne strani agencije (www.akos-rs.si), kjer je povezava do pregledovalnika, ali neposredno prek spletnega naslova <http://gis.akos-rs.si/>. Ob prvem vstopu v pregledovalnik se prikaže obvestilo o določilih uporabe te storitve, ki uporabniku ob sprejetju pogojev omogoča pregledovanje in iskanje po vseh vrstah elektronskih komunikacij, OPT-jev in še mnogih drugih vsebinah. Videz ne odstopa od uveljavljenih obstoječih spletnih pregledovalnikov prostorskih podatkov, podobni so tudi njegovi osnovni načini delovanja in lastnosti.

Na geoportalu so vsebine razdeljene v več skupin, in sicer:

- TK infrastruktura (infrastruktura elektronskih komunikacij) je razdeljena na omrežne priključne točke (obstoječe in načrtovane), bele lise ter elektronske komunikacije (točkovne, linijske in ploskovne). Linijske elektronske komunikacije so prikazane na dva načina, in sicer kot vrsta kabla in kabelska kanalizacija;
- ostala GJI infrastruktura vsebuje izbrane podatke zbirnega katastra gospodarske javne infrastrukture, in sicer: ceste, elektroenergetske vode in drogeve, kanalizacijo, plinovod, vodovod, toplovod, železnico in opuščene objekte;
- mobilno omrežje zajema pregled položaja in lastnosti baznih postaj in pregled pokritosti z mobilno prizemno infrastrukturo glede na operaterja (A1, T-2, Telekom Slovenije, Telemach) in vrsto brezžične tehnologije (2G, 3G, 4G). Bazne postaje za vse tri tehnologije so prikazane za 3. kvartal 2019. Opcijsko se prikazujejo tudi lokacije baznih postaj z uporabo filtra za 1. kvartal 2018 in 1. kvartal 2019;
- fiksno omrežje podaja pregled pokritosti s fiksno širokopolasovno infrastrukturo po hitrosti dostopa;
- poštno omrežje zajema prostorske sloje Pošte Slovenije, kot so lokacije poštnih poslovalnic, poštnih nabiralnikov ipd.;
- meritve vsebujejo rezultate meritev hitrosti in kakovosti internetnega dostopa s portala AKOS Test Net (www.akostest.net) ter rezultate drive testov, ki so bili izvedeni v letu 2018. Drive testi so prikazani po operaterjih (A1, Telemach, Telekom, T-2) in vrsti brezžične tehnologije (4G, 3G, 2G). Podrobne informacije o drive testih so na voljo v Gaberc (2019);

- analize vsebujejo rezultate Analize produktov in storitev na maloprodajnem trgu širokopasovnega dostopa (https://www.akos-rs.si/fileadmin/user_upload/Analiza-MPC-2018.pdf), za katero podatke posredujejo operaterji, ki v opazovanem obdobju izvajajo elektronskokomunikacijske storitve širokopasovnega dostopa in so vpisani v uradno evidenco agencije kot aktivni operaterji. Rezultati analize se prikazujejo na ravni občine. Na ravni naselja se prikazuje samo število različnih aktivnih maloprodajnih ponudnikov;
- namere o načrtovani gradnji prikazujejo prostorsko aktualne in telekomunikacijske namere in pozive ter arhivske namere in pozive skupnih gradenj. Prikaz je omejen na območje naselja, v katerem se izvaja posamezna infrastrukturna investicija. Več informacij je na voljo na portalu infrastrukturnih investicij (<http://investicije.akos-rs.si>);
- sloji in podlage so prostorski sloji in podlage, ki omogočajo orientacijo v prostoru in natančno določanje lokacije iskalnih pojmov.

Med osnovnimi gradniki geoportala so tudi drugi prostorski podatki GURS. Mednje spadajo meje občin in naselij, hišne številke ter zemljiškokatastrski prikaz (parcele), po katerih lahko tudi poizvedujemo. Za kartografske podlage so uporabljeni rastrski podatki, ki omogočajo orientacijo v prostoru, kot so najnovejši digitalni ortofoto posnetki in topografske karte različnih meril. Med kartografske podlage je agencija dodala tudi prosto dostopne podatke zemljevida OpenStreetMap (<https://www.openstreetmap.org>).

3.2 Funkcionalnosti geoportala

Geoportal ima vgrajenih več orodij za pregledovanje prostorskih podatkov. Med osnovnimi so gumb info, povečava, merjenje razdalj in površin, geolokacija in tiskanje. Poleg osnovnih orodij smo dodali še nekaj drugih, ki so opisana v nadaljevanju:

- prečni profil: omogočen je izris prečnega profila med dvema točkama. Funkcionalnost je vgrajena, da lahko ugotovimo, ali imamo z neke lokacije neoviran pogled na bazno postajo. Na podlagi te informacije lahko ugotovimo, zakaj imamo slabši signal;
- izbira omrežnih priključnih točk za izbrano območje: osnovne analize omogočajo izračun števila OPT za regijo, občino in/ali naselje. Velikokrat se zgodi, da nam že vnaprej nastavljeno območje ne ustreza, zato geoportal ponuja možnost štetja OPT za poljubno izbrano območje;
- filtri nad podatki: uporaba filtrov nad prostorskimi podatki omogoča omejitev pogleda le na tiste elemente, ki jih želimo prikazati. Veliko prostorskih slojev ima možnost filtriranja vsebine glede na lastnika, ali časovno obdobje, ali vrsto objektov na slojih. Z uporabo filtrov pri za to določenih slojih lahko prikažemo OPT glede na vrsto tehnologije, zmogljivost (Mbit/s) in/ali lastnika. Pri investicijah lahko uporabimo filter zato, da prikažemo, katero leto in v katerih občinah so bili investicijski projekti objavljeni;
- izvoz opisnih podatkov prostorskih slojev: na izbrani lokaciji lahko vklopimo poljubne kartografske sloje in pregledujemo, katere vrste elektronskih komunikacij in OPT se tam nahajajo. Geoportal omogoča prenos opisnih podatkov vseh izbranih objektov za določeno lokacijo v obliki CSV (angl. *comma-separated values*);
- spletne analize: mogoča je izdelava osnovnih analiz po regijah, občinah in naseljih ter izvoz podatkov v CSV-obliki. Analize so mogoče za različne prostorske enote. Najosnovnejša, ki je namenjena za velika območja, je omogočena na ravni regije. Druga možnost je izbira občine ali izbira občine in naselja v tej občini in izbira zelene vrste analize po:

- investitorjih/upravljalcih: izvoz podatkov po investitorjih/upravljalcih OPT obsega seštevke: število OPT skupno, število OPT optika, število OPT kabel, število OPT baker in število OPT gospodinjstva,
- vrsti omrežne priključne točke (OPT): izvoz podatkov glede na vrsto OPT zajema seštevke OPT skupno ter po tehnologijah,
- minimalni zmogljivosti (Mbit/s): izvoz podatkov glede na minimalno zmogljivost OPT predstavlja seštevke OPT po posameznih minimalnih hitrostih.

4 SKLEP

Vsebine geoportala se redno posodablajo in dodajajo se novi prostorski sloji. Za še boljšo uporabniško izkušnjo geoportal veskozi izboljšujemo in dopolnjujemo z novimi funkcionalnostmi. Med temi je v načrtu tudi izdelava mobilne aplikacije, ki bo omogočila natančno pregledovanje podatkov o elektronskih komunikacijah na terenu.

Agencija si prizadeva kar najbolj približati podatke o elektronskih komunikacijah zainteresirani javnosti. Razpolaganje s podatki o lokaciji OPT in poteku trase ter drugimi podrobnimi podatki o infrastrukturi elektronskih komunikacij ima nedvomno širok spekter uporabe. Med ključnimi vidiki so:

- varovanje obstoječe infrastrukture,
- analize obstoječe infrastrukture za potrebe regulacije, razvojnih politik, programov sofinanciranja z javnimi sredstvi ipd.,
- načrtovanje razvoja infrastrukture v procesih prostorskega načrtovanja in
- načrtovanje gradnje in posodobitve omrežij s souporabo obstoječe infrastrukture s prostimi zmogljivostmi.

Digitalna povezljivost in dostop do zmogljive infrastrukture elektronskih komunikacij sta v javnem interesu in eno ključnih orodij za gospodarstvo, šolstvo, zdravstvo in druge dejavnosti sodobne družbe. Velikega pomena elektronskih komunikacijskih omrežij za sodobno družbo se je Slovenija pričela zavedati med letošnjo krizo zaradi epidemiološke situacije. Agencija je z vzpostavitvijo geoportala omogočila strokovni in širši javnosti dostop do vseh podatkov o elektronskih komunikacijskih omrežjih in storitvah v Sloveniji. Tako želi izboljšati informiranost družbe na področju elektronskih komunikacij ter pospešiti uporabo kakovostnih prostorskih podatkov pri sprejemanju pomembnih strateških, poslovnih in drugih odločitev.

Literatura in viri:

- AKOS (2020). Geoportal AKOS. <https://gis.akos-rs.si>, pridobljeno 10. 11. 2020.
- Arnold, R., Kirch, M., Waldburger, M., Windolph, A. (2014). Study on Broadband and Infrastructure Mapping. http://ec.europa.eu/information_society/newsroom/cf/dae/document.cfm?doc_id=8455, pridobljeno 10. 11. 2020.
- Evropski zakonik o elektronskih komunikacijah (2018). http://publications.europa.eu/resource/cellar/4bb873d0-01d2-11e9-adde-01aa75ed71a1.0022.03/DOC_1, pridobljeno 10. 11. 2020.
- Gaberc, N. (2019). Analiza rezultatov meritev pokrivanja javnih mobilnih omrežij. Magistrsko delo. <https://www.broadband-mapping.eu/public-portal/>, pridobljeno 19. 12. 2019.
- Pravilnik (2004). Pravilnik o vsebini in načinu vodenja zbirke podatkov o dejanski rabi prostora. Uradni list RS, št. 9/2004, 7/2018 – ZEN-A in 33/2019 – ZEN-B.
- Pravilnik (2005). Pravilnik o katastru javnega komunikacijskega omrežja in pripadajoče infrastrukture. Uradni list RS, št. 56/2005, 64/2005.
- Pravilnik (2018). Pravilnik o vodenju in vsebini podatkov o komunikacijskih omrežjih in pripadajoči infrastrukturi, omrežnih priključnih točkah in drugih elektronskih komunikacijskih omrežjih. Uradni list RS, št. 9/2018.
- Rakar, A., Mesner, A., Mlinar, J., Šarlah, N., Šubic-Kovač, M. (2010). Zaščita in ohranjanje vrednosti gospodarske javne infrastrukture. Geodetski vestnik, 54 (2), 242–252. DOI: <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2010.02.242-252>.

Splošni akt (2018). Splošni akt o preglednosti v zvezi z načrtovanimi gradbenimi deli in o skupni gradnji gospodarske javne infrastrukture. Uradni list RS, št. 9/2018.

Šturm, T., Simončič, M., Baliž, G., Mesner, N. (2020). Digitalna družba Slovenije – pregled internetnega dostopa. V R. Ciglič (ur.), M. Geršič (ur.), D. Perko (ur.), M. Zorn (ur.), Digitalni podatki. GIS v Sloveniji, 13, 105–113. Ljubljana: Založba ZRC.

Uredba (2016). Uredba o posredovanju in ponovni uporabi informacij javnega značaja. Uradni list RS, št. 24/2016.

ZEKom (2007). Zakon o elektronskih komunikacijah. Uradni list RS, št. 13/2007.

ZEKom-1 (2012). Zakon o elektronskih komunikacijah. Uradni list RS, št. 109/2012, 110/2013, 40/2014 – ZIN-B, 54/2014 – odl. US, 81/2015, 40/2017 in 30/2019 – odl. US.

ZEKom -1C (2017). Zakon o spremembah in dopolnitvah Zakona o elektronskih komunikacijah. Uradni list RS, št. 40/2017.

dr. Tomaž Šturm

Agencija za komunikacijska omrežja in storitve
Stegne 7, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: tomaz.sturm@akos-rs.si

Gregor Baliž

Agencija za komunikacijska omrežja in storitve
Stegne 7, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: gregor.baloz@akos-rs.si

Marko Simončič

Agencija za komunikacijska omrežja in storitve
Stegne 7, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: marko.simoncic@akos-rs.si

mag. Nika Mesner

Agencija za komunikacijska omrežja in storitve
Stegne 7, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: nika.mesner@akos-rs.si

EVIDENTIRANJE NOVIH STAVB KOT POSLOVNI PROCES

RECORDING OF NEW BUILDINGS AS A BUSINESS PROCESS

Andreja Švab Lenarčič

1 UVOD

Besedna zveza »poslovni proces« zveni zelo resno, odgovorno, »poslovno«. Gre res za tako zapleteno stvar? Predstavljajmo si otroka, ki najde nekaj kamenčkov, jih zloži drugega na drugega in ves zadovoljen zavriska: »Mami, grad!« Se je zavedal, da je šel skozi poslovni proces? Vzel je kamne, jih zložil drugega na drugega in rezultat je bil grad. Pri tem se je celo marsikaj naučil, na primer da je težje zlagati okrogle kamne. To si bo zapomnil in pri naslednji gradnji gradu to tudi upošteval.

V življenju odraslih, v gospodarstvu in negospodarstvu, stvari seveda niso tako enostavne, življenje pač »ni igra«. Vendar nam lahko znanje iz poslovnih procesov odpre nova obzorja. Ugotovimo lahko, da so zapletene zadeve sestavljene iz enostavnih postopkov, ki pa jih moramo videti in razumeti v medsebojnem prepletanju z različnimi akterji. S poslovnimi procesi označujemo vsak proces, ki iz vhodnih elementov ustvari predvideni izdelek ali storitev (Kosi, 2010).

Tudi evidentiranje novih stavb je poslovni proces. Kot nam oddaljen pogled na stavbe (podoba DOF) omogoča in olajšuje lociranje neevidentiranih stavb, tako nam tudi oddaljen pogled na celoten poslovni proces evidentiranja stavb omogoča optimalno in učinkovito pridobitev kakovostnih rezultatov. V strokovni razpravi je orisan osnovni proces evidentiranja novih stavb, kot ga izvajamo na OGU Murska Sobota, z opisanimi ozkimi grli pri posameznih aktivnostih ter predlogi za njihovo odpravo.

2 POSLOVNI PROCES VPISA NOVIH STAVB

Poslovni proces je sestavljen iz množice med seboj logično povezanih izvedbenih in nadzornih delovnih faz, te pa iz posameznih delovnih operacij. Če bomo poslovni proces ponavljali (tako kot pri evidentiranju stavb, in sicer po vsakem novem snemanju DOF), sta poleg opredelitve problema in rezultata ter same izvedbene delovne faze zelo pomembni fazi analiza ter predlogi za izboljšavo (slika 1). Zaustavimo se za trenutek pri vsaki od njih.



Slika 1: Posamezne delovne faze poslovnega procesa vpisa novih stavb.

2.1 Opredelitev problema in rezultata

Celoten poslovni proces se začne z opredelitvijo problema in rezultata. Nujno moramo vedeti, kaj je dejansko naš problem. Kakšno je trenutno stanje in kakšno stanje bi radi imeli. Potem pa glede na to določimo rezultat. In ne obratno. Vedno se moramo zaljubiti v problem, in ne v rešitev! Žal (pre)velikokrat naletimo na tehnološko dovršene rezultate, ki pa v praksi žal sploh ne rešujejo problema.

Naš obravnavani problem, trenutno in želeno stanje so prikazani na sliki 2. Opredelitev je enostavna in jasna: nekatere stavbe niso vpisane v kataster stavb; naš cilj je, da bi bile vpisane vse.



Slika 2: Levo: prikaz problema – nekatere stavbe nimajo tlorisa v katastru stavb. Desno: prikaz zelenega rezultata – vse stavbe imajo tloris v katastru stavb.

Na podlagi zastavljene problematike in želenega stanja zapišemo rešitve, ki se ponujajo. Pri kompleksnih problemih običajno obstaja več rešitev. Ni nujno, da se odločimo samo za eno, hkrati lahko izvajamo tudi dve ali več delovnih faz, ki nas na različne načine popeljejo do želenega stanja.

V konkretnem primeru obstajata vsaj dve rešitvi (slika 3):

1. rešitve za odpravo problema oziroma močno zmanjšanje števila nevpisanih stavb ter
2. pošiljanje pozivov za vpis stavbe.



Slika 3: Levo: delovni proces 1 – zaustavitev problema. Desno: delovni proces 2 – pošiljanje pozivov.

Ker je pošiljanje pozivov kljub navidezni enostavnosti zelo dolg in občutljiv postopek, je rek »bolje preprečiti kot zdraviti« tukaj še kako na mestu. Geodetska uprava RS se tega zaveda, zato se v zadnjih letih vse dejavnije posveča ozaveščanju javnosti in posledičnemu zmanjšanju števila nevpisanih stavb. Precej obeta opozorilni sistem, predlagan v prihajajočem Zakonu o katastru nepremičnin. Četudi se bo število nevpisanih stavb zmanjšalo, bo pošiljanje pozivov ostalo. Zato v nadaljevanju na kratko vsebinsko obravnavamo prav to delovno fazo.

2.2 Izvedba

Delovna faza izvedbe je najbolj tehnična faza, v kateri obdelujemo vhodne podatke do pridobitve končnega rezultata. Od vseh faz celotnega poslovnega procesa je ta faza najbolj nagnjena k avtomatizaciji. Teoretično obstaja možnost, da je v celoti izvedena popolnoma samodejno: v proces vstavimo vhodne podatke, iz procesa dobimo rezultat, v našem primeru poziv. Še posebej nam, tehnikom, je to svojevrsten draž in izziv. A ravno v tej mikavnosti se lahko skrivajo težave. Saj si predstavljate to otroško igrivost: »to bom naredil avtomatsko, pa to tudi znam, bom kar dodal, potem bom pa še to in to...« Znamo pri tem slediti zastavljenim ciljem? Nismo pozabili, kateri problem rešujemo? Razmišljamo, kaj posamezen postopek potegne s seboj? In, zelo pomembno: imamo primerne podatke, da jih lahko uporabimo v samodejnem postopku? Osebo sem velika privrženka tehnologije, informacijskih rešitev in avtomatizacije, saj menim, da je vse to v današnjem času pogoj za uspešno delo in spreminjanje poslovnih procesov. Vendar je najprej treba imeti dobro vizijo in strategijo poslovanja. Vedeti je treba, kaj hočemo in kako bomo to izvedli, podpora uspešni izvedbi pa sta tehnologija in avtomatizacija. Predvsem pa so pogoj za kakovosten rezultat avtomatizacije kakovostni in urejeni podatki. »Avtomatizirajte kaos, pa ne boste dobili drugega kot avtomatizirani kaos,« sta že v osemdesetih letih prejšnjega stoletja poudarjala Hammer in Champy (cit. po Korošec, 2006). Pri slabih podatkih bi avtomatizirano pošiljanje pozivov pomenilo le oglaševanje slabih podatkov. Česar si vsekakor ne želimo. Pri vsaki delovni operaciji je zato smiselno presoditi, ali so določeni podatki primerni za avtomatizacijo ali na tisti stopnji še za ročno obdelavo.

2.3 Analiza

Če smo bili »z dušo in srcem« pri reševanju problema ali/in če bomo proces v prihodnje še ponavljali, želimo rezultate ovrednotiti. Zanimata nas predvsem:

- učinkovitost rezultatov: ali in koliko so rezultati prispevali k rešitvi problema;
- kakovost, čas izvedbe, stroški in pretočnost samega izvedbenega procesa.

Ti rezultati so bistvenega pomena za naslednjo izvedbo poslovnega procesa, v konkretnem primeru čez približno tri leta. Če rezultati/pozivi niso prispevali k temu, da bi stranke vpisale svoje stavbe, je bil delovni proces brezpredmeten. V tem primeru moramo razmišljati o drugi rešitvi. Če je bila odzivnost na pozive visoka, to potrjuje pravilnost rešitve, analizo bomo usmerili na presojo učinkovitosti in optimalnosti delovne faze izvedbe: kje smo porabili največ časa, kje so bile tehnološke ovire idr.

2.4 Predlogi za izboljšavo

Rezultati dobljene analize so vhodni podatek za zapis predlogov za izboljšavo. Če karkoli v delovni fazi izvedbe ni teklo po načrtih, če smo naleteli na težave, če smo nepričakovano porabili veliko več časa,

kot smo predvideli, če so rezultati slabše kakovosti, kot smo si želeli, če je treba postopek poenostaviti, odpraviti aktivnosti, ki ne prinašajo koristi poslovnemu procesu ter zahtevajo dodatno dokumentacijo in terjajo dodaten čas, če so bili stroški previsoki ... bomo razmislili o možnosti izboljšav. Tudi ta delovna faza je velikega pomena, če ne želimo ponoviti istih napak in dobiti enako (ne)kakovostnega rezultata.

Poslovni proces je zato treba obravnavati od prve do zadnje delovne faze. Ker so posamezne faze in delovne operacije običajno v pristojnosti različnih organizacijskih enot in oddelkov, mora biti med njimi omogočeno gladko prehajanje podatkov, informacij in dokumentov, da po nepotrebnem ne nastajajo zastoji ter da se ohrani informacija o celotnem smislu in namenu izvajanja poslovnega procesa. Žal se pogosto zgodi, da končni pisec pozivov ne pozna točnega namena pošiljanja pozivov, še pogosteje pa, da razvijalec idejne rešitve in pisec procesa izvedbene faze ne zahteva/dobi povratnih informacij o težavah pri izvedbi in predlogov »od spodaj navzgor«. Problem izgubljenih informacij je enostavno rešljiv. Pretok dvosmernih informacij in tesnejše sodelovanje med izvajalci posameznih faz je treba vključiti v celotno verigo poslovnega procesa. Doslednost in usklajenost med posameznimi akterji prinašata tudi višjo raven zanesljivosti.

3 ANALIZA PROCESA POŠILJANJA POZIVOV ZA VPIS STAVB NA OGU MS IN PREDLAGANJE REŠITEV

Na OGU Murska Sobota smo začeli množično in sistematično pošiljati pozive na podlagi rezultatov projekta Avtomatska identifikacija stavb (AIS) 2013, ki ga je izvedel Geodetski inštitut Slovenije. Pri tem smo dobili prve izkušnje, rezultate o učinkovitosti postopka in ideje za izboljšavo. Podroben opis posameznih delovnih faz od izvedbe, prek analize do predlaganih izboljšav je seveda preobsežen za to razpravo. Kratek opis glavnih ugotovitev in smernic pa je vendarle smiselno navesti, v vednost in razmislek ostalim območnim geodetskim upravam ter vodstvu projekta.

Začnimo z učinkovitostjo rezultatov. Odziv na pozive je bil približno 50-odstoten. Iz tega lahko sklepamo, da pozivi dosežejo svoj namen. Ne sicer v celoti, a če je polovica prej neevidentiranih stavb sedaj evidentiranih, je stanje v katastru stavb boljše kot prej. Za neodzivne bo stekel drug oziroma dodatni proces, v katerem bo z nekajmesečnim zamikom rezultat tudi evidentiranje.

Nadaljujmo z učinkovitostjo postopka pošiljanja pozivov, vezanega na kakovost poziva. Pozivi so bili v veliki večini poslani na pravičen naslov (vrnjenih je bilo 99 % povratnic), lastniki stavbe so bili pravilni, poziv je bil upravičen, vsebinsko ustrezen. Po telefonu je za dodatne informacije poklicalo približno 5 % prejemnikov pozivov. Največkrat niso razumeli, zakaj potrebujejo vpis, saj stavbe stojijo že precej časa. Pojasnjevanja so bila potrebna tudi v zvezi z nestavbami. Zato bi bilo smiselno odgovore na ti vprašanja dodati v vsebino samega poziva.

Slabša je statistika o učinkovitosti postopka, vezanega na hitrost pošiljanja pozivov. Od skupno 4638 novih stavb AIS2017 je bilo do danes poslanih 759 pozivov, pri čemer so v to število vključeni tudi pozivi, ki so jih predlagali pregledniki elaboratov. To pomeni, da so bili poslani pozivi le za približno 15 % vseh novih stavb AIS2017. Iz tega izhaja, da je postopek od pridobitve podatkov do poslanega poziva veliko prepočasen in ga je nujno pospešiti. V nadaljevanju je orisana količina dela za posamezne delovne operacije, dodan je kratek opis in predlogi za izboljšavo.

Postopke lahko pospešimo z avtomatizacijo ali/in optimizacijo posameznih delovnih operacij. Kot smo že ugotovili v drugem poglavju, so pogoj za kakovosten rezultat avtomatizacije kakovostni in urejeni podatki. Pri današnji tehnologiji bi lahko večina delovnih operacij pošiljanja pozivov že z zelo malo

truda stekla popolnoma samodejno. Vendar »tega konja zadržujemo v hlevu«, saj nam trenutni vhodni podatki za pozive ne zagotavljajo zanesljivosti, ki ne bi povzročila vsaj slabe volje pri prejemnikih pozivov.

O katerih vhodnih podatkih govorimo? Za poziv potrebujemo podatke geodetskih evidenc (zemljiški kataster, kataster stavb, REN, RPE, DOF) ter podatke AIS, ki so podlaga za pošiljanje pozivov. Podatki geodetskih evidenc so z veliko truda in prizadevnosti danes na tako visoki ravni (vsaj na OGU MS), da jih upamo spustiti v samodejne postopke. Z vsem spoštovanjem, ki ga imam kot poznavalka daljinskega zaznavanja do rezultata AIS (glede na okoliščine – star lidar, krošnje dreves čez strehe, velike bale sena, kupi peska, majhna dimenzija stavb in pogosto velika bližina sosednjih stavb idr. – so rezultati fantastični), pri teh podatkih naletimo na zgoraj že omenjeno dejstvo, da rezultat ni vedno tudi rešitev problema. Pregled vseh (4309!) novih stavb AIS2020 v OGU MS kaže, da so nove stavbe v zelo veliki večini (99 %) pravilno locirane (točka AIS res predstavlja novo stavbo). To sicer ne pomeni, da so zajete vse nove stavbe, a te, ki so, so pravilno locirane. Veliko slabša statistika je žal glede atributov stavb: 31 % stavb ima zapisano površino 0 m², od katerih je sicer 89 % manjših od 50 m², ostalih 11 % (147 stavb) pa je še kako primernih za poziv. Pravilnost površin preostalih stavb zelo variira glede na površino. Manjše in srednje velike stavbe (do 199 m²) so v 96 % pravilne, medtem ko so večje stavbe pravilne zgolj v 73 % (200 m²–399 m²), 40 % (400 m²–699 m²) in celo zgolj v 21 % (nad 700 m²), pri čemer so nepravilne zelo nepravilne. In ravno pri velikih stavbah, ki so na vrhu prednostne lestvice za pošiljanje pozivov, bi si želeli, da so zapisane površine pravilne. Skupno (glede na vse nove stavbe) ima sprejemljivo pravilno zapisano površino AIS 61 % stavb. To je vsekakor statistika, ki ni v prid avtomatiziranim nadaljnjim postopkom. Rezultati seveda nikakor niso za v koš, z nekaj posodobitvami postopkov, pregledi in izločitvijo manjših stavb jih lahko pripeljemo do kakovosti, primerne za avtomatizacijo.

Preglednica 1: Količina potrebnega dela za delovne operacije, vezane na pripravo podatkov vseh stavb, po različnih scenarijih: A – izvedba pri obdelavi podatkov AIS2017; B – trenutna izvedba pri obdelavi podatkov AIS2020 ; C – izvedba pri enostavnem prenosu podatkov ; D – izvedba pri pravilnih podatkih AIS, E – celoten postopek priprave izvede zunanji naročnik.

Št.	Delovna operacija	A	B	C	D	E
1	Prenos skupine podatkov in dokumentov					
2	Prenos podatkov AIS					
3	Prenos podatkov geodetskih evidenc					
4	Obdelava podatkov AIS					
5	Obdelava podatkov geodetskih evidenc					
6	Analiza in priprava podatkov za dokumente					
7	Izdelava dokumentov s slikami in atributi					
8	Razvrščanje novih stavb po velikosti					
9	Kontrola lokacij in atributov stavb ter dokončno razvrščanje					
10	Ostale operacije za pripravo in razpošiljanje pozivov					

se ni izvajalo
 zelo malo
 malo
 srednje
 veliko
 zelo veliko

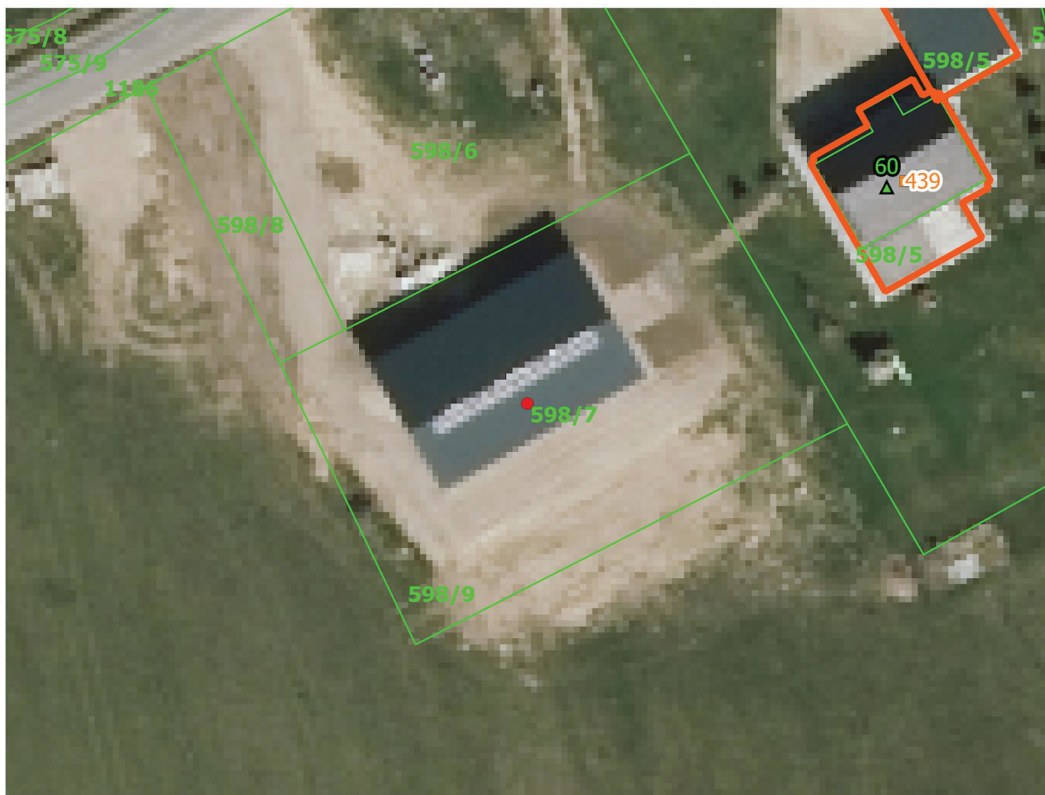
Podlaga za kakršnokoli avtomatizacijo nadaljnjih postopkov so torej pravilni in ustrezno urejeni podatki. V preglednici 1 je barvno prikazana količina dela, potrebnega za delovne operacije, ki so vezane na pripravo kakovostnih in preverjenih podatkov. Prikazana je predvidena hitrost izvedbe delovne operacije pri

nekaj različnih scenarijih: A – izvedba pri obdelavi podatkov AIS2017, B – trenutna izvedba pri obdelavi podatkov AIS2020, C – izvedba pri enostavnem prenosu podatkov, D – izvedba pri pravilnih podatkih in E – celoten postopek priprave izvede zunanji naročnik.

Slike novih stavb po seznamu AIS2020

k.o.: 256 RADOSLAVCI

ID: 26431



Vir podatkov: Geodetska uprava Republike Slovenije, AIS 2020, 22.8.2020

Legenda

- AIS2020_nova
- ▲ hišna številka (HS)
- KS_centroidi_20201031
- KS_tlorisi_20201031
- zemljiškokatastrski prikaz (ZPK)
- DOF5

Na točko AIS vezani podatki ZKP:

SIFKO	POVRS_ST	VISINA	PARCELA	SIFVRAB	IMEVRAB	POVRS_PARC	STA_STEV
256	109	6.2	598/7	800	ZEMLJIŠČE	1000	0

Slika 4: Primer vsebine dokumenta za eno stavbo, za katero je predviden poziv za evidentiranje. Na sliki je prikazana točka AIS, zemljiškokatastrski prikaz, tlorisi in centriodi katastra stavb ter hišne številke. Pod vsemi sloji je podložen DOF, stanje 2019.

V nadaljevanju se na kratko dotaknemo vsake delovne operacije, težav, na katere smo pri njej naleteli, in predlagamo enostavne rešitve.

1. Prenos skupine podatkov in dokumentov. Te operacije še nismo izvajali, je pa zaželena v prihodnosti. Mišljeno je, da bi vse v nadaljevanju navedene korake od 1 do 9 izvedel zunanji naročnik, na geodetski upravi bi zgolj prevzeli kakovostne in preverjene rezultate.
2. Prenos podatkov AIS. Gre za enkraten in načeloma zelo enostaven postopek, če je prenos urejen na uporabniku prijazen način. Težava je, da so podatki AIS na intranetu, od koder jih pobereмо, pripravljene po datotekah in po listih TTN5. Za območje OGU MS je to 711 datotek, za katere bi posamični prenos vzel ogromno časa. Za AIS2020 smo zato za prenos podatkov uporabili orodje wget, s katerim lahko hkrati prenesemo vse datoteke, ki so na posameznem URL-naslovu. Postopek za običajnega uporabnika ni prav enostaven, saj zahteva nekaj več računalniškega znanja. Predlagamo, da se v prihodnosti omogoči prenos podatkov AIS v obliki ene stisnjene datoteke, s čimer bi podatke prenesli zgolj z enim klikom.
3. Prenos podatkov geodetskih evidenc. Za pregled podatkov geodetskih evidenc, ki jih potrebujemo za pošiljanje pozivov, smo za AIS2017 te podatke uvozili v svoja programska orodja GeoPro ali Geos. Gre za celo vrsto korakov, ki vključujejo pripravo izrezov, izvozov in uvozov, praviloma z visoko stopnjo »rokamatike«. Za AIS2020 smo se na podlagi izkušenj brisanja stavb AIS2017 odločili, da bomo podatke vodili v programu QGis. Geodetske evidence smo prenesli s prostorskega portala e-Geodetski podatki. Prenos je zelo enostaven.
4. Obdelava podatkov AIS. Za AIS2017 je obdelava podatkov AIS potekala v GeoPro in je zahtevala veliko prilagoditev in domišljije (na primer vezanje atributa višine na stavbo). Za AIS2020 smo podatke brez večjih težav obdelali v QGis.
5. Obdelava podatkov geodetskih evidenc. Ta delovna operacija se pri AIS2017 ni izvajala. Pri AIS2020 jo izvajamo s ciljem pridobitve dokumentov stavb s slikami in atributi (glej operacijo 7). Čeprav je prenos podatkov geodetskih evidenc enostaven, njihova obdelava terja nekaj dela. Podatke namreč lahko prenesemo bodisi za celotno Slovenijo (zaradi količine je izbor podatkov za posamezno OGU časovno in procesno zahteven) bodisi za občine (čas jemlje ponavljajoči se postopek). Če bi bil mogoč prenos podatkov za posamezne OGU, bi s tem precej pospešili postopek te (in tudi marsikatero druge) delovne operacije.
6. Analiza in priprava podatkov za dokumente. Ta delovna operacija se pri AIS2017 ni izvajala. V AIS2020 smo jo brez večjih težav izvedli v QGis, vendar postopek terja precej dela: povezati je treba različne grafične in opisne podatke (na primer na tlorise stavb vezati podatke REN_stavbe in REN_deli_stavb), med seboj logično povezati podatke različnih geodetskih evidenc (na primer katera parcela je pod stavbo), vezati določene attribute iz datotek delovodnika (na primer lastništvo na parceli) ipd.
7. Izdelava dokumentov s slikami in atributi. Ta delovna operacija se pri AIS2017_nove ni izvajala. Izvedli pa smo jo pri AIS2017_porušene, kar smo opisali v članku Delna avtomatizacija brisanja porušenih stavb (Švab in Triglav, 2020). Po analogiji temu postopku smo za vse nove stavbe AIS2020 samodejno izdelali dokument v formatu jpg, ki je vseboval v enotnem merilu prikazan grafični prikaz vseh za poziv pomembnih podatkov ter tabele z najpomembnejšimi atributi (slika 4). Pregled takšnih dokumentov v primerjavi z iskanjem ustreznih podatkov po množici geodetskih aplikacij izredno

pospeši ostale operacije za pripravo in pošiljanje pozivov.

8. Razvrščanje novih stavb po velikosti. Operacija se izvaja glede na atribut velikosti, zapisan v podatkih AIS. Gre za enostavno, a zelo pomembno operacijo, saj pozive pošiljamo od največje stavbe navzdol.
9. Kontrola lokacij in atributov stavb ter dokončno razvrščanje. Ta delovna operacija se pri AIS2017 ni izvajala množično, za vse stavbe naenkrat, temveč je uporabnik preverjal attribute pri vsakem pozivu posebej. Če/ker podatki o velikosti stavbe niso povsem zanesljivi, postopek izbire stavb za poziv ne poteka tako sistematično in organizirano, kot bi sicer lahko. V AIS2020 smo ročno pregledali vse dokumente, pripravljene v operaciji 7, v ime datoteke pripisali pravilno površino stavbe in pravilno razporedili stavbe po velikosti. S tem je bilo zaradi zgoraj opisane slabše kakovosti podatkov AIS veliko dela, ampak pripravili smo odlično izhodišče za vse nadaljnje dejavnosti pri operaciji 10. Če bi dobili popolnoma pravilne podatke AIS (scenarij D), bi se tej delovni operaciji izognili. Delo bi skrajšali tudi s tem, da bi dobili podatke AIS ločeno za stavbe, večje od 50 m², in ločeno za stavbe, manjše od 50 m². Za te manjše stavbe pozivov predvidoma ne bomo pošiljali, zato v smislu priprave pozivov predstavljajo balast, so pa za kakovost evidenc vseeno pomembne in primerne za izkazovanje v predvidenem opozorilnem sistemu.
10. Ostale operacije za pripravo in razpošiljanje pozivov. To so tehnično nezahtevne operacije (navedene v nadaljevanju), ki pa pri sedanji metodologiji terjajo zelo veliko časa. Če nimamo dobrih in dobro organiziranih vhodnih podatkov, je postopek v celoti ročen in se izvaja za vsako posamezno stavbo. Če so podatki ustrezni, lahko začnemo posamezne postopke avtomatizirati, s čimer neprecenljivo skrajšamo čas izvajanja operacij.

Podroben opis težav in predlogov za izboljšavo ostalih operacij pod točko 10 presega vsebino te razprave. V nadaljevanju se vseeno zelo na kratko dotaknemo nekaterih operacij. Za občutek dodajamo preglednico 2, ob kateri se lahko v mislih sami malo poigrate z rešitvami, ki se ponujajo. Ogromno predlogov je dal že Triglav v svojih člankih v Geodetskem vestniku (Triglav, 2016, 2017, 2018a, 2018b). Glede na letnice člankov bi bilo res lepo videti kakšne posodobitve.

Naj na kratko obrazložimo razloge za uporabo posameznih barv v preglednici 2. Stavbe, primerne za poziv (10a), smo v AIS2017 iskali drugo za drugo po seznamu stavb, razvrščenih po velikosti in geolociranih v GeoPro. Za AIS2020 smo čas operacije znižali tako rekoč na nič, saj so vse stavbe iz operacije 9 primerne za poziv (in razvrščene po velikosti). Največ časa smo pri AIS2017 porabili za pridobitev podatkov za minimalni vpis stavbe (10e). Gre za podatke, kot so: koordinate nove stavbe, katastrska občina, parcelna številka, površina zemljišča pod stavbo, vsaj približna površina dejanske rabe. Na račun operacij do 10 imamo pri AIS2020 vse te podatke sedaj organizirano pripravljene, s čimer je omogočen samodejni minimalni vpis vseh novih stavb hkrati. Pripravljen imamo tudi seznam (so)lastništva na vseh stavbah (10g). Za pozive imamo pripravljen samodejni postopek izdelave vseh(!) pozivov, v katerih bo samodejno vpisana številka stavbe, približna površina stavbe, k.o. in številka parcele, lastnik (naslovník) in drugi podatki poziva. Pred tiskanjem in razpošiljanjem je za zdaj še treba dodati številko postopka in podatke za vsak slučaj preveriti. Če se bo pri obdelavi podatkov AIS2020 pokazalo, da je bilo ročnega popraviljanja zanemarljivo malo, bo lahko pri naslednjem AIS postopek stekel popolnoma samodejno. Tudi veliko večino drugih operacij je pri ustreznih podatkih s tehnološkega vidika povsem realno avtomatizirati. Korak za korakom, vsako leto kakšna nadgradnja, vse tja do scenarija X, kjer bo postopek v celoti stekel samodejno in bo zahteval zgolj nekaj kontrole in nadzora.

Preglednica 2: Količina dela za delovne operacije, vezane na pripravo podatkov za vsako stavbo posebej, pri različnih scenarijih: A – izvedba pri obdelavi podatkov AIS2017; B – trenutna izvedba pri obdelavi podatkov AIS2020; X – idealna izvedba.

Št.	Delovna operacija	A	B	...	X
10a	Iskanje stavbe, primerne za poziv	veliko	zelo malo		
10b	Preveritev obstoječih postopkov na stavbi	srednje	srednje		
10c	Preveritev v preteklosti poslanega poziva		srednje		
10d	Določitev stavbnih številke za minimalni vpis		srednje		
10e	Pridobitev podatkov za minimalni vpis stavbe	zelo veliko	zelo malo		
10f	Izvedba minimalnega vpisa v kataster stavb	srednje	srednje		
10g	Določitev (so)lastništva stavb na osnovi parcele pod stavbo	veliko	zelo malo		
10h	Določitev številke postopka – poziva	malo	malo		
10i	Priprava poziva	veliko	malo		
10j	Tiskanje in pošiljanje poziva	srednje	srednje		
10k	Pripenjanje pdf datotek s pozivi v aplikacijo REN	malo	malo		
10l	Vpis zaznamb o poslanih pozivih v geodetske evidence	malo	malo		
10m	Vnos postopka v tabelo poslanih pozivov	malo	malo		
10n	Kompletiranje povratnic k papirnatemu arhivu pozivov	srednje	srednje		
10o	Kontrola nevročenih pozivov in ponovno pošiljanje	malo	malo		
10p	Odgovarjanje na telefonske klice prejemnikov pozivov	srednje	srednje		
10r	Opcijske delovne operacije	se ni izvajalo	se ni izvajalo		

se ni izvajalo
 zelo malo
 malo
 srednje
 veliko
 zelo veliko

Kaj posodobitve iz scenarija A na scenarij B pomenijo v praksi glede poslanih pozivov? Statistika urejenih podatkov AIS2020 za nove stavbe v OGU MS je: 26 stavb ima površino, večjo od 700 m², 52 stavb med 400 m² in 699 m², 240 stavb med 200 m² in 399 m², 577 stavb med 100 m² in 199 m², 1231 stavb med 50 m² in 99 m² ter 2183 stavb med 0 m² in 49 m². Če pozivov ne bomo pošiljali za stavbe, manjše od 50 m², moramo skupno poslati 2126 pozivov. Če to število razdelimo na tri leta, moramo mesečno poslati 59 pozivov, kar je pri posodobljenih, delno avtomatiziranih postopkih izvedljivo. Pozive je smiselno pošiljati po obrokih, saj sicer ne bomo mogli obvladati vpisa novih stavb na podlagi prispelih elaboratov. Bo pa v tem primeru treba podatke predvidoma vsake pol leta posodobiti.

4 SKLEP

Se vam zdi poslovni proces evidentiranja novih stavb sedaj, ko smo ga razstavili na množico konkretnih manjših postopkov, še vedno zapleten? So se »prizigale žarnice« o izboljšavah, ki bi bile mogoče? Si predstavljate, kako bi vas prav po otroško razveselilo, ko bi neka operacija stekla sama, avtomatsko? Še posebej, če ste idejo za posodobitev dali sami in ste se morali za njeno realizacijo vsaj malo potruditi? Če veste, da ste sami dodali kamenček v mozaik celote.

Iskreno upam, da ste v tej razpravi dobili tudi širšo sliko o pomenu medsebojnega prepletanja idej in aktivnosti med različnimi akterji. O pomenu delovnih faz analize in predlogov za izboljšavo. O pomembnosti tega, da ugotovitev iz teh zadnjih (a še zdaleč ne nepomembnih) faz najdejo pot nazaj na začetek, do priprave vsebine razpisa za pridobitev podatkov AIS. Zelo lep občutek je, ko vidiš, da je z

vsakim naslednjim razpisom viden napredek. Da ti ni treba leta in leta ponavljati določene »rokomaticke«, za katero veš, da bi se lahko izvajala samodejno. Ko se imaš čas posvetiti strokovnemu delu, saj vse ostalo poteka avtomatsko.

Igrajmo se, povezujmo, pogovarjajmo se, dajajmo ideje, izboljšujmo postopke, umikajmo prepreke ... Notranje bomo zadovoljni, naše evidence pa tudi.

Literatura in viri:

- Korošec, M. (2006). Upravljanje poslovnih procesov izpolnitve naročila v telekomunikacijskem podjetju. <http://www.cek.ef.uni-lj.si/magister/korosec3089.pdf>, pridobljeno 16. 11. 2020.
- Kosi, T. (2010). Poslovni procesi. http://www.impletum.zavod-irc.si/docs/Skriti_dokumenti/Poslovni_procesi-Kosi.pdf, pridobljeno 16. 11. 2020.
- Švab Lenarčič, A., Triglav, J. (2020). Delna avtomatizacija brisanja porušenih stavb. Geodetski vestnik, 64 (2), 250–256. http://www.geodetski-vestnik.com/64/2/gv64-2_svab.pdf, pridobljeno 16. 11. 2020.
- Triglav, J. (2016). Geopodatki: javni vpogledi v višji prestavi. Geodetski vestnik, 60 (4), 763–768. http://www.geodetski-vestnik.com/60/4/gv60-4_triglav2.pdf, pridobljeno 16. 11. 2020.
- Triglav, J. (2017). A si ti tud iz(b)risal svojo hišo?! Geodetski vestnik, 61 (2), 296–302. http://www.geodetski-vestnik.com/61/2/gv61-2_triglav1.pdf, pridobljeno 16. 11. 2020.
- Triglav, J. (2018a). Umetna inteligenca in avtomatska identifikacija stavb. Geodetski vestnik, 62 (2), 314–319. http://www.geodetski-vestnik.com/62/2/gv62-2_triglav2.pdf, pridobljeno 16. 11. 2020.
- Triglav, J. (2018b). Avtomatizacija registracije stavb »na kvadrat« ... Geodetski vestnik, 62 (4), 683–689. http://www.geodetski-vestnik.com/62/4/gv62-4_triglav.pdf, pridobljeno 16. 11. 2020.

dr. Andreja Švab Lenarčič, univ. dipl. inž. geod.
 Območna geodetska uprava Murska Sobota
 Murska Sobota, Lendavska ulica 18, SI-9000 Murska Sobota
 e-naslov: andreja.svab-lenaric@gov.si

GNSS, DRONI IN UMETNOST NA NEBU GNSS, DRONES AND ART IN THE SKY

Joc Triglav

1 UVOD

Geodeti smo sicer običajno suhoparni tehniki, ampak že iz naših stoletja starih skic, načrtov in kart je razvidno, da smo ob poudarjeni skrbi za natančnost in točnost naših izdelkov vedno imeli tudi smisel za estetiko. Kadar imamo na razpolago ‚dobro tehniko‘, pa smo že pravi umetniki. Tej tradiciji se ne bomo izneverili niti v sodobnih časih. Lep primer tega je razviden s spodnje slike (slika 1) nočnega neba nad ruskim vele mestom Sankt Peterburg. Podjetje Geoscan je namreč 3. septembra letos v čast 75. obletnice zmage nad nacizmom nebo nad Sankt Peterburgom okrasilo z desetminutno simultano programirano predstavo 2198 miniaturnih dronov, ki so jih razporedili v različne oblike, med drugim tudi golobice v letu. S predstavo so se zapisali v Guinnessovo knjigo rekordov za največje število hkratno vodenih dronov na nebu.



Slika 1: Velikanska golobica na nočnem nebu Sankt Peterburga, sestavljena iz programsko vodenih svetlečih GNSS-dronov. Razpon golobičinih kril je bil 600 metrov (vir: Geoscan).

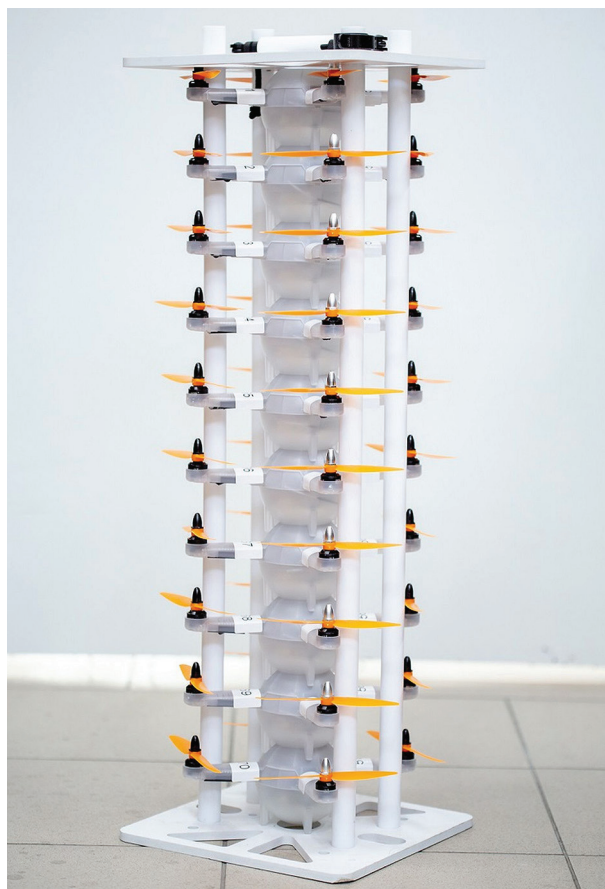
2 TEHNIKA

Za predstavo so uporabili specializirane miniaturne drone tipa Geoscan Salute (slika 2), posebej za množično skupinsko letenje in svetlobne predstave (angl. *light show*). Dron so zasnovali pred dvema letoma prav za namene svetlobnih predstav ter da si olajšajo logistično organizacijo pripravljajalnih postopkov in se osredotočijo na tehnično plat svetlobnih predstav. Miniaturni osvetljeni dron med predstavo natančno in varno sledi svoji programirani 'tirnici', ki je predhodno določena s programsko določeno geoprostorsko animacijo. V takem skupinskem poletu lahko sodeluje na stotine ali na tisoče dronov. Za opisano predstavo so drone organizirano zložili na posebna stojala za 40 dronov (slika 3), 55 takih stojal pa so za prevoz na predstavo shranili v prirejene zaboje. Pred predstavo so na stadionu drone organizirano razporedili po tleh na enakih razdaljah in jih pripravili na skupinski vzlet.

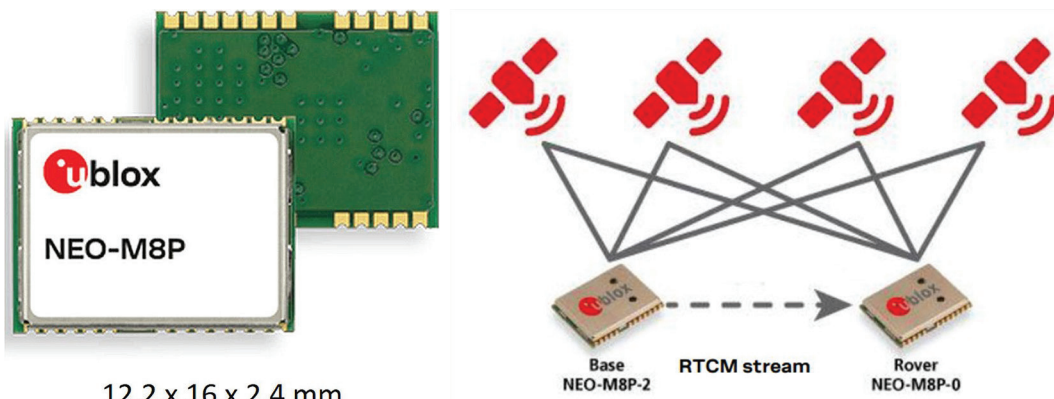


Slika 2: Miniaturni dron Geoscan Salute, velikost deset centimetrov (vir: Geoscan).

Ključni sestavni del vsakega od dronov, ki je skupinsko svetlobno predstavo sploh omogočil, so bili GNSS-moduli visoke centimetrske natančnosti z verjetnostjo krožne napake (angl. *circular error probability – CEP*) $2,5 \text{ cm} + 1 \text{ ppm}$ v RTK-načinu delovanja (angl. *real-time kinematic*). Uporabili so GNSS-module NEO-8MP švicarskega podjetja u-blox (slika 4). Module u-blox izdelujejo v dveh različicah. Različica NEO-M8P-0 omogoča funkcionalnost roverja, NEO-M8P-2 pa funkcionalnost roverja in bazne postaje. Modul bazne postaje pošlje popravke prek protokola RTCM-rover modulu prek komunikacijske povezave, ki omogoča, da rover vzdržuje svoj položaj glede na bazno postajo s centimetrsko natančnostjo. Moduli NEO-M8P so združljivi s široko paleto komunikacijskih tehnologij (mobilna telefonija, Wi-Fi, Bluetooth, UHF), kar uporabniku omogoča, da izbere komunikacijsko povezavo, ki je najprimernejša za njegovo aplikacijo. Podrobnejše karakteristike in obsežni tehnični podatki o NEO-8MP GNSS-modulu so dostopni v specifikacijah proizvajalca (u-blox, 2020a, b).



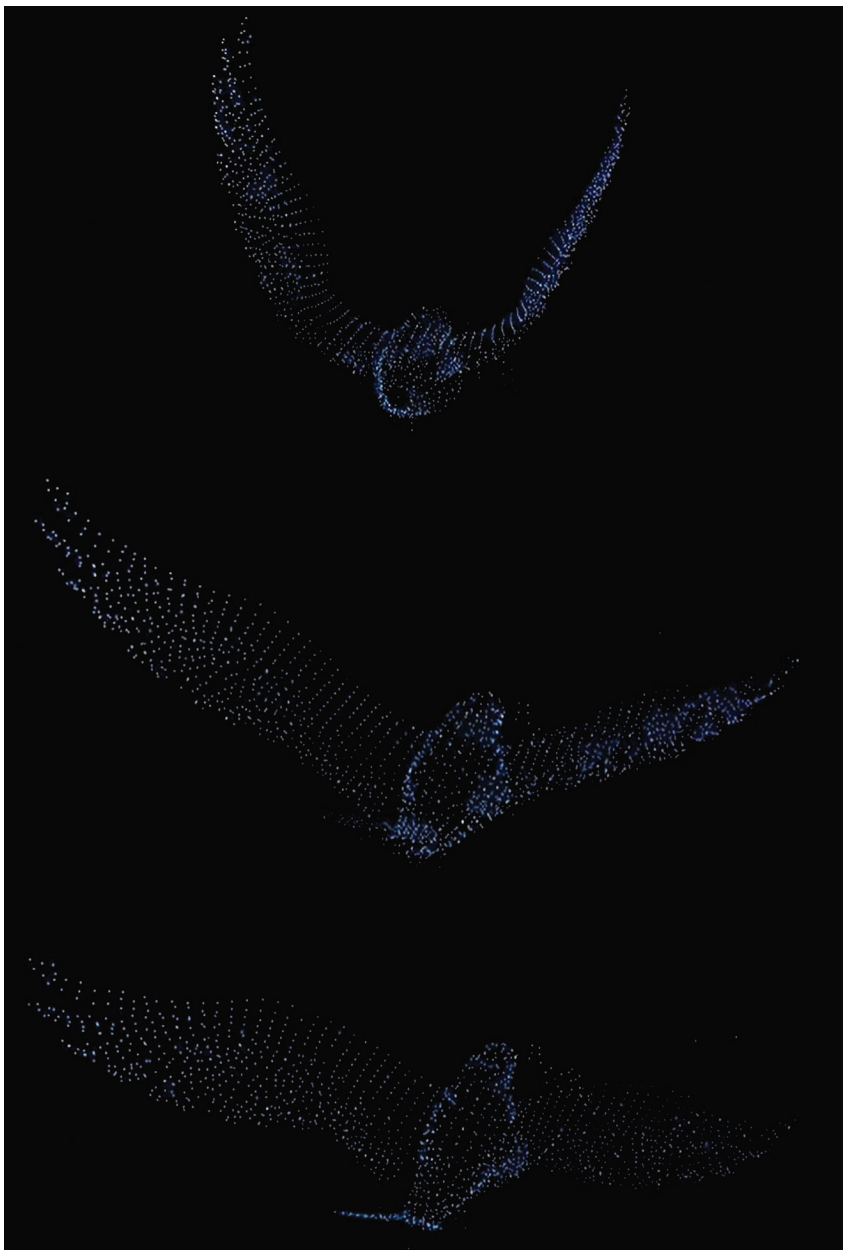
Slika 3: Za velike predstave je treba drone skrbno zložiti. Na sliki je stojalo za štirideset dronov. Za prevoz za predstavo nad Sankt Peterburgom so drone zložili na 55 takšnih stojal (vir: Geoscan).



Slika 4: GNSS-modul NEO-8MP švicarskega podjetja u-blox, uporabljen v dronih Geoscan Salute, ima majhne dimenzije in visoko zmogljivost. Pri delovanju v RTK-načinu moduli M8P delujejo v parih, sestavljenih iz roverja in baze, pri čemer baza zagotavlja roverju tok sporočil RTCM (u-blox, 2020b).

3 GOLOBICA V LETU

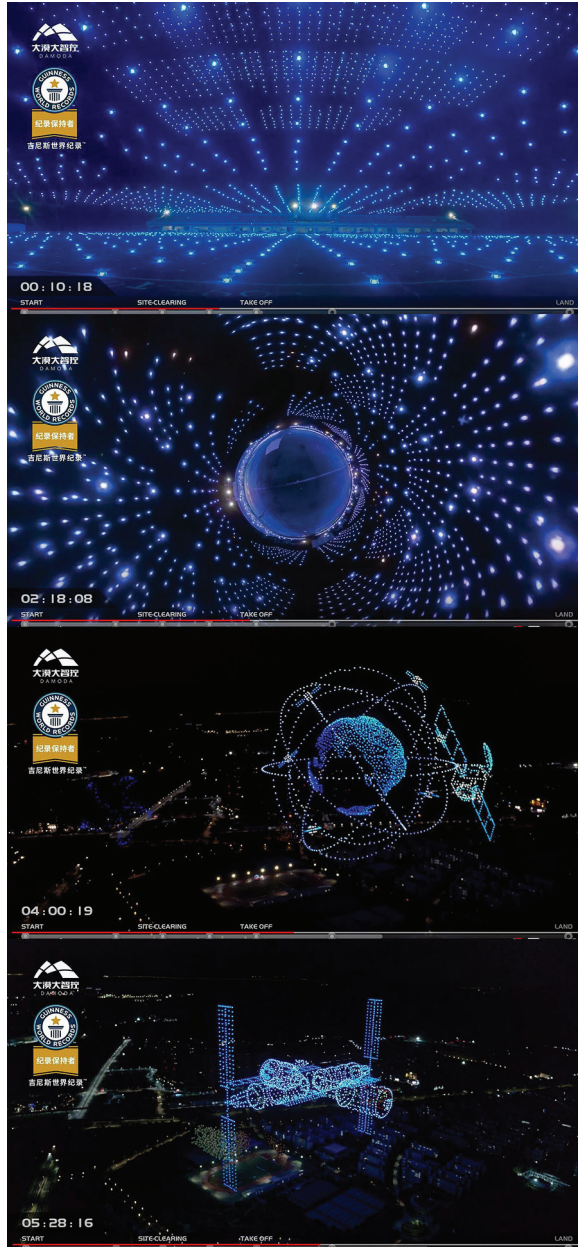
Za boljšo predstavo, kako so strokovnjaki podjetja Geoscan s programiranjem skupinskega leta GNSS-dronov predstavili let golobice na nočnem nebu Sankt Peterburga, je na spodnji sliki 5 golobica prikazana v mozaiku treh različnih položajev kril. Ker slika vseeno ne zmore v celoti prikazati elegance leta, priporočam ogled videoposnetkov na spletni povezavi <https://www.youtube.com/watch?v=hehx0pHnnA4>.



Slika 5: ‚Golobica‘ na nočnem nebu Sankt Peterburga, prikazana v mozaiku treh različnih položajev kril (vir: Geoscan).

4 NOV REKORD: KITAJCI

Guinnessov rekord z opisanim letom golobice ni zdržal niti mesec dni. Damoda, podjetje iz kitajskega Shenzhena, je v počastitev kitajskega vesoljskega programa 20. septembra 2020 izvedlo svetlobno predstavo, v kateri je bilo na nočnem nebu mesta Zhuhai v Guangdongu hkrati kar 3051 dronov (slika 6).



Slika 6: Nov svetovni rekord – 3051 dronov na nočnem nebu mesta Zhuhai. Opisi slik v mozaiku, po vrsti od zgoraj: droni med vzletanjem, posnetek iz zraka nad vzletiščem, kitajski vesoljski program, kitajska vesoljska postaja (vir: Damoda).

Tudi za ogled tega spektakla priporočam ogled videoposnetka na spletni povezavi <https://www.youtube.com/watch?v=TdXxZaJILGU>. Za dodatno svetlobno razvedrilo v teh temačnih časih je še veliko spletnih povezav na podobne svetlobne predstave z droni, na primer Intelov donedavni svetovni rekord s preko 2000 droni na nebu na spletni povezavi <https://www.youtube.com/watch?v=u6uIRr4CWQY> in nabor desetih najbolj zanimivih predstav do lanskega leta na spletni povezavi <https://www.youtube.com/watch?v=LqjHzzqxqes>.

5 SREČNO V PRAZNIČNE DNI

Z droni na nočnem nebu si lahko pričaramo tudi praznično vzdušje. Nekateri imajo srečo, da jih lahko vidijo ‚v živo‘ na nebu nad svojim mestom, mi pa se lahko v prazničnih dneh razveselimo ob spodnjih slikah noveletnih prazničnih svetlobnih predstav nad Sankt Peterburgom.



Slika 7: Srečno 2021! (Vir: Geoscan)

Naj vam lučke z dronov v domišljiji razsvetlijo vaše domače nebo in polepšajo praznične dni. **Srečno 2021!**

Literatura in viri:

u-blox (2020a). NEO-M8P series. <https://www.u-blox.com/en/product/neo-m8p-series>, pridobljeno 22. 11. 2020.

u-blox (2020b). NEO-M8P: u-blox M8 high precision GNSS modules. https://www.u-blox.com/sites/default/files/NEO-M8P_DataSheet_%28UBX-15016656%29.pdf, pridobljeno 22. 11. 2020.

dr. Joc Triglav, univ. dipl. inž. geod.
 Območna geodetska uprava Murska Sobota
 Murska Sobota, Lendavska ulica 18, SI-9000 Murska Sobota
 e-naslov: joc.triglav@gov.si

NOVICE IZ STROKE NEWS FROM THE FIELD



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR

GEODETSKA UPRAVA REPUBLIKE SLOVENIJE

NOVICE GEODETSKE UPRAVE REPUBLIKE SLOVENIJE

NOVA TESTNA POSTAJA OMREŽJA SIGNAL

Omrežje SIGNAL je državna infrastruktura, ki uporabnikom omogoča določanje položaja s tehnologijo GNSS. Sestavlja ga 16 stalnih GNSS-postaj, ki so enakomerno porazdeljene po celotnem ozemlju Slovenije, poleg tega so v sistem dodatno vključene postaje iz sosednjih držav. Za zagotovitev ustrezne kakovosti delovanja je med drugim treba spremljati spremembe koordinat posameznih postaj. V zadnjih letih je bila tako ugotovljena lokalna nestabilnost GNSS-postaje v Kopru (glej na primer *Berk in sod., 2020, ETRS89/D96-17 – rezultat GNSS-izmere EUREF Slovenija 2016, Geodetski vestnik, 64 (1)*, ali *Sterle in sod., 2017, Ocena vertikalne stabilnosti mareografske postaje Koper, Geodetski vestnik, 61 (4)*). Predvideva se, da je nestabilnost postaje, nameščene na mareografski postaji z oznako KOPE, predvsem posledica posedanja obale zaradi gradbenih posegov (dvig in namestitve novih tlakov). Zato je bila sprejeta odločitev o nadomestni lokaciji postaje v Kopru, s čimer bi dolgoročno zagotovili večjo kakovost delovanja omrežja.

Pred kratkim je bila tako v starem mestnem jedru Kopra, na naslovu *Cankarjeva 1*, nameščena nova testna postaja (slika 1), ki bo v testnem okolju vključena v omrežje SIGNAL. Pri tem se bo spremljalo njeno delovanje in lokalna stabilnost. Če se bo pokazalo, da ustreza vsem zahtevanim pogojem, bo sčasoma nadomestila obstoječo GNSS-postajo na mareografu Koper.



Slika 1: GNSS-antena na strehi objekta (levo), omarica za sprejemnik in telekomunikacijsko opremo (desno).

V zadnjih letih je bilo nadgrajenih oziroma zamenjanih kar nekaj stalnih GNSS-postaj omrežja SIGNAL. Glavni namen je omogočiti tudi spremljanje signalov evropskega satelitskega sistema Galileo. Takšno spremljanje trenutno omogoča 14 postaj (Bodonci, Bovec, Brežice, Črnomelj, Ilirska Bistrica, Koper, Lendava, Ljubljana, Maribor, Ptuj, Radovljica, Slovenj Gradec in Trebnje). Seveda se načrtuje nadgradnja še preostalih treh postaj (Idrija, nova testna postaja Koper in Nova Gorica), vendar je to vezano predvsem na zagotovitev finančnih sredstev. Uporaba dodatnih satelitov sistema Galileo je za zdaj mogoča le z neposredno navezavo na posamezno postajo (angl. *single station*) prek formata podatkov *CMRx*. Je pa že bila kupljena programska oprema, ki bo omogočila tudi uporabo satelitskega sistema Galileo v mrežnih rešitvah (*VRS*). Programska oprema se še testira, storitev bo na voljo vsem uporabnikom v prvi polovici leta 2021. Glede na izkušnje bo to dobrodošlo predvsem na območjih, kjer je zaradi zaraščenosti terena ali gostote stavb zmanjšan elevacijski kot sprejema satelitskih signalov. Dodatni sateliti tako omogočijo izmero/določitev koordinat tudi v takih primerih.

Zapisal: mag. Klemen Medved, za Geodetsko upravo RS
e-naslov: klemen.medved@gov.si

DOKONČANA IZBOLJŠAVA ZEMLJIŠKOKATASTRSKEGA PRIKAZA

Projekt *Lokacijska izboljšava zemljiškokatastrskega prikaza*, ki je časovno umeščen od marca 2018 do oktobra 2020 in se izvaja v okviru programa projektov eProstor, je zaključen. Na prvi pogled suhoparno in kratko obvestilo, ki pa v sebi skriva ogromno: veliko količino opravljenega dela, vključenost velikega števila udeležencev projekta iz vseh sfer geodetske stroke, zahtevno organizacijo dela, uporabo strokovno preverjene metode dela. Predvsem pa rezultate, ki bodo omogočali lažje izvajanje prostorske, okoljske in zemljiške politike in vzpostavitev kakovostne podlage za določitev vrste podatkov, ki temeljijo na grafičnih presekih različnih prostorskih evidenc.

Podrobnejši opis strokovnih izhodišč, uporabljene metode in operativnega postopka je bil že predstavljen v Geodetskem vestniku (št. 4/2019 – Lokacijska izboljšava zemljiškokatastrskega prikaza; avtorja Marko Rotar in Kristina Murovec). Zelo priporočljivo branje za strokovno razumevanje in poznavanje vsebine projekta.

Projekt je bil zahteven glede same organizacije dela in koordinacije vseh udeleženi. Pri izvedbi so sodelovali različni deležniki:

- konzorcij geodetskih podjetij (zunanji izvajalec), izbran na javnem razpisu (LGB d.o.o., Digi data d.o.o., Geodetski zavod Celje d.o.o., Ljubljanski urbanistični zavod d.d., Monolit d.o.o), je skrbel za določitev referenčnih – veznih točk na podlagi terenske izmere in interpretacije podatkov državnega ortofota (DOF) ter podatkov LIDAR in za zajem dodatnih geometrijskih pogojev iz arhivskih elaboratov zemljiškega katastra;
- Geodetski inštitut Slovenije je sodeloval v projektu kot vmesni člen med zunanjim izvajalcem in Geodetsko upravo Republike Slovenije (v nadaljevanju: geodetska uprava) ter skrbel za nemoteno izmenjavo podatkov, kontrolo in arhiviranje rezultatov zunanjega izvajalca ter razne prikaze in statistično obdelavo;
- ekipa referentov izboljšave (skupaj 30 referentov), sestavljena iz sodelavcev vseh območnih geodetskih uprav in Urada za nepremičnine, ki je s posebej razvitimi oziroma kupljenimi programskimi

- rešitvami izvajala proces lokacijske izboljšave z metodo homogenizacije podatkov;
- ekipa referentov geodetskih pisarn, ki so se vključevali v projekt, ko se je izvajal na območju njihovih pisarn, tako da so skrbeli za pripravo vhodnih podatkov iz obstoječih lokalnih baz zemljiškega katastra in evidentiranje rezultatov. Ob občasni pomoči ostalih sodelavcev v geodetski pisarni pa so skrbeli še za odpravo napak in neskladij med podatki, ki so bila ugotovljena v procesu lokacijske izboljšave.

Ob vsem tem je, to je treba poudariti, stalno nemoteno potekalo tekoče vzdrževanje podatkov zemljiškega katastra na podlagi izvedenih geodetskih storitev in vloženih zahtevkov strank. Pohvaliti velja tudi geodetska podjetja, ki so v sodelovanju z geodetsko upravo prilagodila načelo pridobivanja podatkov in oddaje elaboratov. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo pri Univerzi v Ljubljani v samem procesu izvedbe projekta sicer ni neposredno sodelovala, je pa zelo veliko prispevala v fazi priprave metodologije, usposabljanja referentov za izboljšave in pri pridobitvi ustreznih programskih rešitev.

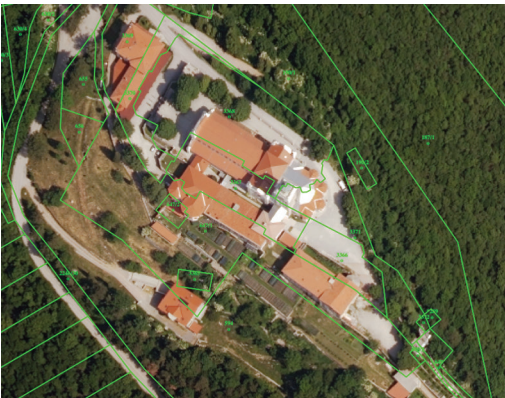
Geodetska uprava je v zadnjih letih izvedla več obsežnih nalog na področju nepremičninskih evidenc za območje celotne države (na primer digitalizacijo katastrskih načrtov, popis nepremičnin, vzpostavitev registra nepremičnin, skeniranje vseh elaboratov zemljiškega katastra in katastra stavb ...), prav tako je po posameznih manjših območjih izvedla različne izboljšave podatkov zemljiškega katastra. Ni si pa še zadala tako obširne aktivnosti, ki bi posegala v vsako katastrsko občino, skoraj v vsako parcelo, evidentirano v zemljiškem katastru, in obenem zagotavljala nemoteno dnevno vzdrževanje podatkov. Kljub začetnim pomislekom glede realnosti načrtovane izvedbe je bil projekt dokončan tako rekoč v načrtovanem roku (do konca oktobra 2020).

Rezultati projekta so položajno izboljšani podatki zemljiškega katastra, ki se odražajo v določitvi koordinat (E, N) vseh lomnih točk zemljiškokatastrskega prikaza (ZKP) ter se grafično prikazujejo v zemljiškokatastrskem načrtu (ZKN). V informacijskem sistemu zemljiškega katastra je ostal ZKP nespremenjen, položajno izboljšani podatki pa so vključeni v ZKN, pri čemer se je obstoječi ZKN (pred lokacijsko izboljšavo) dopolnil s podatki izboljšanega ZKP in tako postal zvezen grafični podatkovni sloj, ki se že uporablja v procesih geodetske uprave, kjer se podatki nepremičninskih evidenc določajo na podlagi grafičnih presekov (na primer dejanska raba zemljišč, boniteta zemljišč), v projektu množičnega zajema poseljenih zemljišč (podlaga za vzpostavitev evidence stavbnih zemljišč), v projektu zajema dejanske rabe zemljišč infrastrukturnih objektov (ceste, železnice), kot podlaga v različnih GIS-okoljih.

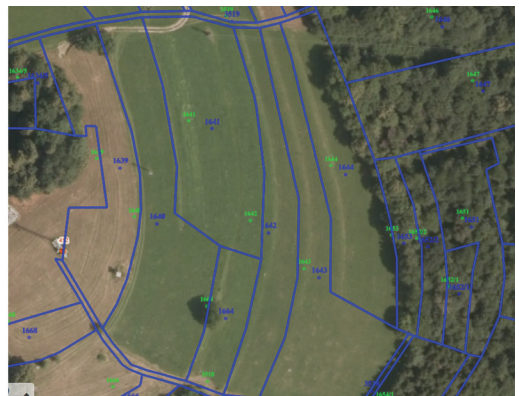
Kakovost rezultatov projekta je glede na izhodišča in uporabljeno metodologijo različna za različna območja. Najboljši rezultati lokacijske izboljšave so na območju stavbnih zemljišč (na območjih urbane rabe), kjer sta gostota in razporeditev veznih točk večji oziroma boljši (slika 1 in slika 2). Manj kakovostni so rezultati na kmetijsko-gozdnih območjih, kjer smo imeli v projektu na voljo manjše število slabše razporejenih veznih točk (slika 3). Rezultatov lokacijske izboljšave oziroma točnosti izboljšanih podatkov žal ne moremo neposredno izraziti v merskih enotah, saj še nimamo na voljo nadštevilčnih opazovanj. Na splošno je ocenjeno, da z lokacijsko izboljšavo dosežemo točnost koordinat, slabšo od enega metra. Predvsem za območja stavbnih zemljišč pa je realno pričakovati, da bo rezultat primerjave izmerjenih koordinat z izboljšanimi koordinatami lokacijske izboljšave pokazal točnost, boljšo od enega metra. To potrjuje tudi več kontrolnih meritev, ki smo jih na geodetski upravi že izvedli na terenu po lokacijski izboljšavi. Prikazan je eden izmed primerov kontrolne meritve na terenu po lokacijski izboljšavi (slika 4).



Slika 1: Primer ZKP pred izboljšavo (levo) in rezultat izboljšave na območju pozidanih zemljišč (desno).



Slika 2: Primer ZKP pred izboljšavo (levo) in rezultat izboljšave na območju pozidanih zemljišč (desno) za območje Svete gore nad Novo Gorico.



Slika 3: Primer ZKP pred izboljšavo (levo) in rezultat izboljšave na območju kmetijskih in gozdnih zemljišč (desno).



KO	IDPOS	ZKT	merjeno		po lokacijski izboljšavi (ZKN)		ZKP		odstopanje (merjeno:ZKN)	odstopanje (merjeno:ZKP)
			Y_D96/TM	X_D96/TM	Y_D96/TM	X_D96/TM	Y_D96/TM	X_D96/TM	[m]	[m]
2226	4028	297	395502.739	121316.58	395503.2	121317.25	395495.18	121314.67	0.81	7.8
2226	4028	296	395494.775	121315.4	395494.76	121315.42	395486.47	121313.95	0.03	8.44
2226	4028	295	395488.055	121325.51	395488.02	121325.62	395480.68	121324.49	0.12	7.45
2226	4028	294	395485.607	121338.69	395485.52	121338.74	395479.73	121339.2	0.1	5.9
2226	4028	298	395496.972	121337.93	395497.4	121338.8	395491.26	121337.73	0.97	5.81

Slika 4: Podatki kontrolne meritve in grafični prikaz ZKP, ZKN, ZKP+ZKN (k. o. 2226 Vrsno; terenske meritve: kombinirana metoda izmere).

Glede na navedeno seveda velja, da tako pridobljenih izboljšanih koordinat **ni mogoče (ni dovoljeno) neposredno uporabiti v geodetskih postopkih** (na primer pri ureditvi meje). Ob razumevanju strokovnih izhodišč lokacijske izboljšave je povsem razumljivo, da se v projektu ni posegalo v lastninske pravice lastnikov in ne v podatke evidence, ki so bili v preteklosti že urejeni s terenskimi meritvami in izvedenimi postopki evidentiranja sprememb (na primer ureditev meje, parcelacije, nove izmere ...). Prav tako s projektom ni bilo mogoče odpraviti neskladij vsebine katastrskega načrta s stanjem v naravi, ki izhajajo iz dejstva, da lastniki po spremembi dejanskega stanja na terenu še niso poskrbeli za pris sprememb v katastrski načrt (na primer v naravi zgrajene nove ali po obliki spremenjene ceste in drugi objekti). Tovrstno usklajenost je mogoče urediti le z angažiranjem lastnikov nepremičnin ter terenskimi izmerami in izvedbo postopkov evidentiranja sprememb podatkov v katastru.

Zelo malo stvari na tem svetu je končnih – dokončnih. Večina se razvija, spreminja, dopolnjuje. Že na uvodni konferenci programa projektov eProstor (december 2017) smo pojasnili, da lokacijska izboljšava ni zgolj enkratno dejanje, ampak je to proces izboljševanja evidentiranih podatkov, ki ga uporabljena metodologija tudi omogoča. Na geodetski upravi se bo s to nalogo tudi v prihodnje ukvarjala posebna skupina referentov, saj je postopek lokacijske izboljšave urejen tudi v predlogu novega Zakona o katastru nepremičnin.

Namesto zaključka – vsem in vsakemu posebej, ki je med pripravo na projekt in njegovo izvedbo kakorkoli pripomogel k uspešnosti projekta, se na tem mestu iskreno zahvaljujem. Sebi in drugim smo pokazali, da skupaj marsikaj zmoremo. To bi si veljalo zapomniti in še kdaj ponoviti.

Zapisal: Franc Ravnihar, za Geodetsko upravo RS
e-naslov: franc.ravnihar@gov.si

PREDLOG ZAKONA O KATASTRU NEPREMIČNIN

Ministrstvo za okolje in prostor je konec leta 2019 opravilo medresorsko obravnavo osnutka Zakona o katastru nepremičnin, ki ga je pripravila Geodetska uprava Republike Slovenije. V prvi polovici leta 2020 je potekalo usklajevanje prejetih pripomb z različnimi resorji. Konec junija 2020 je bil zakon ponovno posredovan v medresorsko obravnavo. Čez poletje 2020 smo uskladili pripombe iz ponovne medresorske obravnave in ga konec novembra posredovali v ponovno koalicijsko obravnavo. Sprejetje zakona je predvideno najkasneje spomladi 2021, saj je njegova uporaba povezana z izvedbo in implementacijo informacijske prenove nepremičninskih evidenc, ki se izvaja v okviru projekta eProstor.

Glavni cilj novega Zakona o katastru nepremičnin je vzpostavitev enotne evidence, imenovane »kataster nepremičnin«, v kateri bodo združeni podatki o parcelah, stavbah in delih stavb v Republiki Sloveniji. Namen vzpostavitve enotne evidence o nepremičninah je zagotavljanje večje učinkovitosti, medsebojne usklajenosti, kakovostnega in lažjega dostopa do evidentiranih podatkov, uveljavljanja novih načinov vlaganja vlog s sredstvi informacijsko-komunikacijske tehnologije, pospešitev postopkov vpisa sprememb, razvijanje novih storitev posredovanja obdelanih podatkov o nepremičninah in zagotovitev dostopa do celovitih podatkov o nepremičninah na enem mestu.

Poleg katastra nepremičnin zakon obravnava tudi področje registra prostorskih enot, evidence državne meje in registra naslovov, nove evidence, v kateri so združeni vsi podatki, ki sestavljajo naslov v Republiki Sloveniji. Bistvena novost pri tem je, da bodo vse evidence, to je kataster nepremičnin, register prostorskih enot, evidenca državne meje in register naslovov, informacijsko združene v enem informacijskem sistemu, to je v informacijskem sistemu kataster.

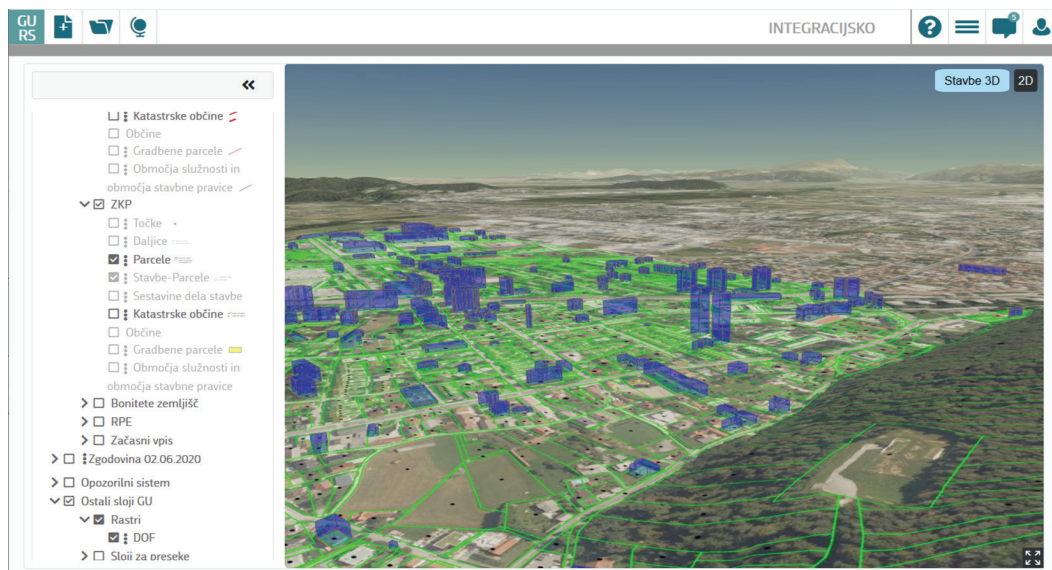
Zakon o katastru nepremičnin prinaša spremembe predvsem na področju naslednjih vsebin:

- shranjevanje in vzdrževanje podatkov o parcelah, stavbah in delih stavb v enotni evidenci;
- informacijska podpora pri izvajanju nalog po predlogu zakona se izvaja v informacijskem sistemu kataster;
- določitev enotnega postopka – tako imenovanega »katastrskega postopka«;
- evidentiranje območja služnosti in območja stavbne pravice ter s tem povezani začasni vpis podatkov v kataster nepremičnin;
- shranjevanje in vzdrževanje podatkov o sestavinah delov stavb (na primer atrijev, parkirnih mest);
- evidentiranje podatkov ob upoštevanju pravne varnosti lastnikov nepremičnin (izdaja odločb, uporaba rednih in izrednih pravnih sredstev); dodan je institut strokovne napake, kjer lahko stranka, ki zatrjuje, da se je v katastrskem postopku zgodila strokovna napaka, priloži tako imenovano drugo mnenje;
- zakon je odprt in podaja možnost nadgradnje še z drugimi pripadajočimi sestavinami zemljišča v naslednjih spremembah in dopolnitvah; opredelitev nepremičnine na primer že vsebuje tudi pojem gradbeno-inženirski objekt.

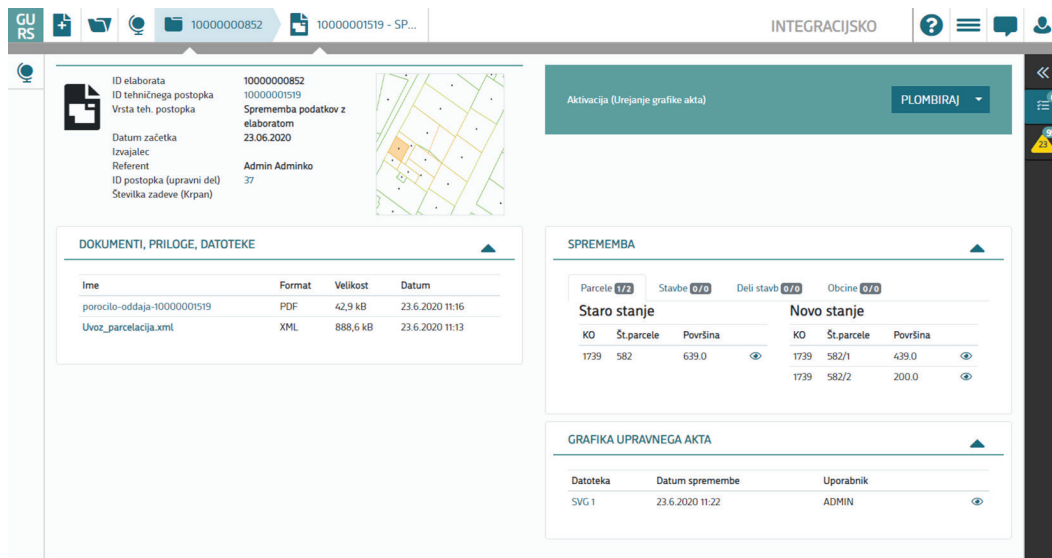
Predlog zakona določa dve poti vpisa podatkov o nepremičninah v kataster nepremičnin. Prva je vpis podatkov o nepremičninah z elaboratom, ki ga izdelata geodetsko podjetje, projektant za nekatere spremembe podatkov, določene v zakonu, ali pa sodni izvedenec. Drugi način vpisa podatkov pa je z vlogo brez elaborata, kjer samo za zakonsko določene podatke vlagatelj vpis podatkov priloži na predpisanem obrazcu.

Vzporedno s pripravo zakona se v okviru projekta eProstor izvaja informacijska prenova nepremičninskih evidenc. Bistven prispevek informacijske prenove je upravljanje vseh podatkov v enotni, povezani

podatkovni zbirki. Elaborate bo v informacijski sistem katastra vlagalo geodetsko podjetje (ali projektant ali sodni izvedenec), s čimer se bodo tehnične pomanjkljivosti preverile že ob oddaji elaborata. Prav tako bo zahtevo za vpis podatkov oddalo geodetsko podjetje (ali projektant ali sodni izvedenec) kot pooblaščenec vlagatelja. V letu 2021 se bo izvajalo uvajanje celotnega prenovljenega informacijskega sistema. Predvideno je, da se zakon in prenovljen informacijski sistem začneta uporabljati 29. oktobra 2021.



Slika 1: Primer 3D-prikaza grafičnih podatkov.

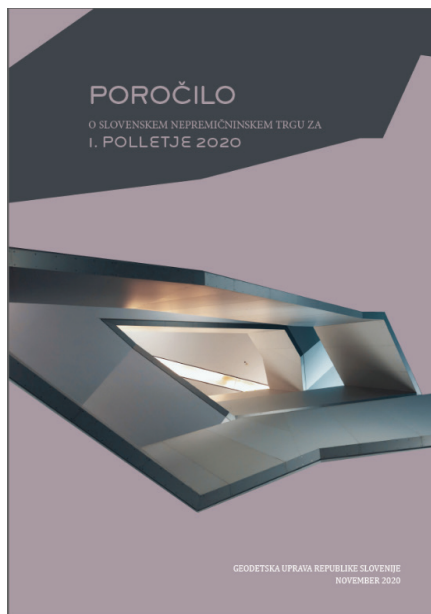


Slika 2: Primer faze iz delovodnika katastra.

Zapisala: mag. Ema Pogorelčnik, za Geodetsko upravo RS
 e-naslov: ema.pogorelcnik@gov.si

POROČILO O SLOVENSKEM NEPREMIČNINSKEM TRGU ZA PRVO POLLETJE 2020

Geodetska uprava je na spletnih straneh objavila redno polletno poročilo o slovenskem nepremičninskem trgu za prvo polletje 2020. Kot smo že poročali, je slovenski nepremičninski trg je v letošnjem prvem polletju povsem zaznamovala epidemija covid-19. S spomladansko razglasitvijo epidemije in ukrepov za njeno zavezitev se je za dva meseca tako rekoč zaustavilo normalno trgovanje z nepremičninami. Občutno se je zmanjšalo število nepremičninskih transakcij, kar je odprlo vprašanje, ali in koliko je oziroma bo to vplivalo na cene nepremičnin, predvsem stanovanjskih nepremičnin.



Slika 1: Naslovnica polletnega poročila.

Izkazalo pa se je, da zaustavitev trgovanja ni vplivala na cene nepremičnin oziroma na trend njihove rasti. Po majskem preklicu ukrepov je namreč stanovanjski nepremičninski trg hitro ponovno oživel, tako da je obseg trgovanja kmalu dosegel raven pred razglasitvijo epidemije. V Sloveniji so se tako cene stanovanjskih nepremičnin in zazidljivih zemljišč v prvi polovici letošnjega leta, kljub precej manjšemu številu realiziranih kupoprodaj, večinoma nekoliko zvišale.

V prvem polletju letošnjega leta smo v Sloveniji evidentirali okoli 13.300 sklenjenih kupoprodajnih pogodb za nepremičnine, katerih skupna vrednost je okoli 900 milijonov evrov. V primerjavi z drugim polletjem 2019 se je število kupoprodajnih poslov zmanjšalo za več kot četrtno, njihova skupna vrednost pa za tretjino. V primerjavi s prvim polletjem 2019 je bilo število poslov prav tako manjše za nekaj več kot četrtno, njihova skupna vrednost pa za približno 37 %.

Vpliv epidemije covid-19 na nepremičninski trg je dobro razviden iz letošnjega mesečnega gibanja števila in skupne vrednosti evidentiranih kupoprodajnih pogodb. Marca, ko je bila pri nas sredi meseca prvič razglašena epidemija, je število sklenjenih pogodb (okoli 2100) v primerjavi z mesecem prej upadlo za nekaj več kot 20 %, njihova skupna vrednost (okoli 160 milijonov evrov) pa za nekaj več kot 15 %. Aprila, ko je bilo

gospodarstvo, vključno z nepremičninsko dejavnostjo oziroma ogledi nepremičnin, ves mesec tako rekoč ustavljeno, se je število sklenjenih poslov z nepremičninami (manj kot 1200 evidentiranih kupoprodajnih pogodb) znižalo za nadaljnjih 45 %, njihova skupna vrednost (okoli 85 milijonov evrov) pa za 47 %. V primerjavi s februarjem je bilo število sklenjenih kupoprodaj manjše že za 57 %, njihova skupna vrednost pa za 56 %. V primerjavi z aprilom 2019 je bilo število evidentiranih poslov manjše za skoraj 65 %, njihova skupna vrednost pa za skoraj 60 %. Maja, ko so bili proti koncu meseca nepremičninski ogledi spet dovoljeni, se je začelo število sklenjenih poslov, bolj ali manj sorazmerno pa tudi njihova skupna vrednost, takoj povečevati. Število sklenjenih kupoprodajnih pogodb je bilo v primerjavi z aprilom večje za 55 %. V primerjavi s februarjem 2020 je bilo sicer še vedno manjše za 33 %, v primerjavi z majem 2019 pa 47 %. Junija se je število sklenjenih pogodb povišalo še za več kot 50 %, tako da je ponovno doseglo februarско raven oziroma je bilo povsem primerljivo z junijem 2019. Še nepopolni podatki za letošnje tretje četrletje kažejo, da se je rast števila nepremičninskih poslov nadaljevala tudi v tem četrletju, tako da je bil nepremičninski trg razmeroma dejaven, oziroma je bilo trgovanje vsaj na podobni ravni kot v lanskem tretjem četrletju.

Gibanje cen rabljenih stanovanj, ki pomenijo daleč največji segment nepremičninskega trga, najbolje odraža trende cen stanovanjskih nepremičnin tudi v letošnjem prvem polletju. Na ravni države je v prvem polletju 2020 povprečna cena rabljenega stanovanja dosegla rekordno vrednost in prvič preseгла mejo 1900 EUR/m². V primerjavi z drugim polletjem 2019 je bila višja za 3 %, v primerjavi s prvim polletjem 2019 pa za 6 %. Cene stanovanj so od prvega polletja 2018 statistično rasle tako rekoč linearno in taka rast se je nadaljevala tudi v letošnjem prvem polletju, kljub upadu števila transakcij za 30 %.

Ocenjujemo, da je bil trend gibanja cen hiš na ravni države, ne glede na nekoliko večja statistična nihanja njihove povprečne cene, v zadnjih treh letih zelo podoben trendu gibanja cen stanovanj, le da je bila rast cen nekoliko šibkejša. Zanimivo pa je, da cene hiš v Sloveniji, v nasprotju s cenami stanovanj v večstanovanjskih stavbah, še vedno niso dosegle rekordnih iz leta 2008. Statistično je bila na ravni države povprečna cena hiše v prvem polletju 2020 v primerjavi z drugim polletjem 2019 sicer nižja za 2 %, v primerjavi s prvim polletjem 2019 pa je bila še vedno višja za 4 %, tako da o kašnem padcu cen zaradi epidemije ne moremo govoriti.

Trg poslovnih nepremičnin si ni opomogel tako hitro kot trg stanovanjskih nepremičnin, saj je število realiziranih kupoprodaj po prvem valu epidemije ostalo pod tistim pred epidemijo. Cene pisarniških prostorov ter trgovskih, storitvenih in gostinskih lokalov so sicer, tako kot že nekaj časa, tudi v prvi polovici letošnjega leta bolj ali manj stagnirale.

Polletno poročilo 2020 je dostopno na spletnem portalu množičnega vrednotenja nepremičnin.

Vir: Geodetska uprava RS

IZVAJANJE ZAKONA O MNOŽIČNEM VREDNOTENJU NEPREMIČNIN V POVEZAVI S 30. ČLENOM O ZAČASNIH UKREPIH ZA OMILITEV IN ODPRAVO POSLEDIC COVIDA-19 (ZZUOP – PKP5)

Zakon o množičnem vrednotenju nepremičnin (ZMVN-1, Uradni list RS, št. 77/2017, 33/2019 in 66/2019), ki je začel veljati 11. januarja 2018, določa standard, število in vrsto modelov, načine vrednotenja, podatke za določanje modelov vrednotenja, sestavine modelov vrednotenja, merila za vrednotenje in postopek za določitev modelov vrednotenja. To pomeni, da so vsa pravila, ki urejajo sistem množičnega

vrednotenja, urejena na zakonski ravni in jih je organ vrednotenja pri oblikovanju modelov vrednotenja dolžan v celoti upoštevati. Zakon natančno določa tudi roke za izvedbo množičnega vrednotenja, ki jih mora upoštevati geodetska uprava kot organ, pristojen za vrednotenje.

Proces množičnega vrednotenja obsega tri faze, in sicer določanje modelov vrednotenja, pripis posplošene vrednosti in ugotavljanje posebnih okoliščin. Postopek določanja modelov vrednotenja je sestavljen iz petih sklopov aktivnosti, ki jih je geodetska uprava, v skladu z določili in v roku, kot ga določa ZMVN-1, izvedla od sprejetja zakona do 31. marca 2020. Tako se je s 1. aprilom 2020 vsem nepremičninam v Sloveniji izvedel pripis posplošene vrednosti na podlagi podatkov, določenih z modelom vrednotenja skladno z Uredbo o določitvi modelov vrednotenja, ki je bila sprejeta 12. marca 2020 in velja od 1. aprila 2020.

Zaradi epidemije SARS-CoV-2 je državni zbor na seji dne 2. aprila 2020 sprejel Zakon o interventnih ukrepih za omilitev posledic epidemije nalezljive bolezni SARS-CoV-2 (covid-19) za državljane in gospodarstvo (ZIUZEOP, Uradni list RS, št. 49 z dne 10. 4. 2020 – tako imenovani prvi protikoronski paket PKP1), ki je začel veljati 11. aprila 2020. V 41. členu je zakon določil zamik javnega izkazovanja podatkov evidence vrednotenja (to je novih vrednostih nepremičnin) na dan 1. januar 2021, zamik pošiljanja zbirnih potrdil o novih vrednostih v čas po 1. januarju 2021, in sicer se zbirna potrdila vsem lastnikom nepremičnin pošljejo v osmih dneh po začetku javnega izkazovanja vrednosti, ter zamik začetka uveljavljanja posebnih okoliščin. Posebne okoliščine bi lastniki lahko uveljavljali od 1. januarja 2021 naprej.

V oktobru 2020 je državni zbor sprejel Zakon o začasnih ukrepih za omilitev in odpravo posledic covid-19 (ZZUOOP, Uradni list RS, št. 152, z dne 23. 10. 2020, tako imenovani peti protikoronski paket – v nadaljevanju PKP5), ki je začel veljati 24. oktobra 2020. V 30. členu PKP5 je določeno, da se, ne glede na 1., 2., in 3. odstavek 41. člena Zakona o interventnih ukrepih za zaježitev epidemije covid-19 in omilitev njenih posledic za državljane in gospodarstvo, roki na področju množičnega vrednotenja nepremičnin ponovno zamaknejo. Skladno s 30. členom PKP5 se podatki evidence vrednotenja, v kateri se od uveljavitve Uredbe o modelih vrednotenja 1. aprila 2020 izkazujejo tudi posplošene vrednosti posameznih nepremičnin, javno ne izkazujejo do naslednje preveritve modelov vrednotenja.

Geodetska uprava v okviru sistema odprtih podatkov, aplikacije e-Geodetski podatki, ki je dostopna za vse uporabnike, zagotavlja možnost prevzema historičnega stanja registra nepremičnin z izračunanimi posplošenimi vrednostmi nepremičnin na dan 31. marec 2020. Geodetska uprava je zagotovila tudi dostop do historičnega stanja nepremičnin in posplošenih vrednosti nepremičnin na dan 31. marec 2020, preko Arhivskega javnega vpogledovalnika v podatke o nepremičninah. Lastnikom se tudi ne pošlje zbirno potrdilo o podatkih evidence vrednotenja, na podlagi katerega bi se seznanili z novimi posplošenimi vrednostmi svojih nepremičnin. Vlogo za uveljavljanje posebnih okoliščin pa bodo lastniki lahko vložili šele po tem, ko bo po preveritvi modelov začela veljati nova Uredba o določitvi modelov vrednotenja nepremičnin.

Glede na to, da je geodetska uprava kot organ vrednotenja, v skladu z 10. členom ZMVN-1, modele vrednotenja dolžna preveriti vsaki dve leti, to pomeni najmanj dveletni zamik izkazovanja izračunanih in v evidenci vrednotenja pripisanih posplošenih vrednosti nepremičnin.

Kljub zamiku rokov na podlagi PKP5 pa je geodetska uprava še naprej zavezana izvajati druge naloge v okviru veljavnega ZMVN-1. To pomeni, da bo spremljala dogajanje na trgu nepremičnin, izdelala ustrezne analize in modele po potrebi – če bo ugotovila, da ne izpolnjujejo več meril ZMVN-1 – prilagodila novemu stanju na trgu nepremičnin. Pri tem ima organ vrednotenja za prilagajanje modelov vrednotenja

trgu nepremičnin na voljo dve možnosti: (1) v celoti določi nove modele vrednotenja ali (2) obstoječim vrednostnim conam zgolj določi nove vrednostne ravni.

Postopek za prvi primer je določen od 14. do 20. člena ZMVN-1: izvesti postopke oblikovanja osnutkov modelov vrednotenja, vključiti strokovno javnost, osnutke modelov vrednotenja uskladiti z občinami, oblikovati predloge modelov vrednotenja, izvesti javno razgrnitev in predstavitev modelov ter po opredelitvi do pripomb iz javne razgrnitve pripraviti predlog uredbe o določitvi modelov ter ga posredovati v sprejetje vladi RS.

V drugem primeru, ko je vrednostnim conam treba določiti le nove vrednostne ravni ali se spremenijo samo datum modela, se taka prilagoditev izvede brez postopka usklajevanja s strokovno javnostjo, z občinami in brez javnih razgrnitev. Še vedno pa je to postopek spremembe Uredbe o določitvi modelov vrednotenja, ki jo sprejme vlada RS.

Šele z dnem uveljavitve nove uredbe bo v evidenci vrednotenja, skladno z določili PKP5, mogoče javno izkazovati pripisane posplošene vrednosti vseh nepremičnin v Sloveniji in uveljavljati posebne okoliščine kot pravno sredstvo za izpodbijanje ustrezno določene posplošene vrednosti posamezni nepremičnini.

*Zapisa: Lidija Stebernak, za Geodetsko upravo RS
e-naslov: lidija.stebernak@gov.si*

DESETO ZASEDANJE UN-GGIM

Deseto zasedanje Odbora strokovnjakov Združenih narodov za globalno upravljanje prostorskih informacij (UN-GGIM) je letos potekalo v virtualni obliki. Sestavljeno je bilo iz treh dvournih sestankov, ki so potekali 26. in 27. avgusta ter 4. septembra 2020. Odločitev o virtualni izvedbi zasedanja je bila sprejeta zaradi ukrepov za preprečevanje širjenja okužb z novim koronavirusom.

Vsebinska tehnična poročila, osnovni dokumenti in podporni organizacijski dokumenti za deseto zasedanje so bili že pred sklicem objavljeni na spletni strani UN-GGIM. Sklic desetega zasedanja konec avgusta je namreč omogočil dovolj časa za pravočasno pisno predložitev stališč do gradiv in dokumentov ter neformalna posvetovanja o tehničnih poročilih.

Odbor strokovnjakov je na desetem zasedanju obravnaval več aktualnih in perečih vprašanj ter prihajajočih trendov, povezanih z vlogo in pomenom integriranega upravljanja prostorskih informacij v nacionalnih, regionalnih in globalnih okoljih. V zadnjem letu dni od devetega zasedanja so bile izvedene številne vsebinske dejavnosti. Predstavljen je bil napredek na naslednjih področjih:

- integriran okvir za upravljanje prostorskih podatkov (IGIF);
- prihodnji trendi pri upravljanju prostorskih informacij;
- okvir za učinkovito upravljanje zemljišč (FELA);
- krepitev upravljanja prostorskih informacij;
- trajnost in kakovost globalnega geodetskega referenčnega okvira;
- kako prostorske informacije podpirajo cilje trajnostnega razvoja ter
- aktivnosti strokovnjakov v regionalnih odborih in delovnih skupinah.

V razpravi je sodeloval tudi generalni direktor GURS Tomaž Petek, ki je kot predsedujoči izvršilnemu odboru UN-GGIM za Evropo podal stališče evropskega regionalnega odbora v zvezi z integriranim okvi-

rom za prostorske informacije – IGIF. Na spletni strani UN-GGIM so bile na voljo tudi postopkovne, logistične in tehnološke ureditve za virtualno sejo. To vključuje tudi načine in postopek predložitve pisnih izjav za vsako tehnično poročilo.

Na začetku zasedanja so bile izvedene volitve in rešene še nekatere druge administrativne zadeve. Za novo sopedredujočo odbora je bila imenovana Ingrid Van der Berghe, direktorica belgijskega kartografskega inštituta IGN. Zadnji dan virtualnega zasedanja je bilo z »metodo neodzivanja« (sprejet je vsak sklep, na katerega kdo od delegatov ne poda nasprotujočega predloga), sprejetih tudi 13 sklepov zasedanja, ki so prav tako dostopni na spletni strani UN-GGIM (<https://ggim.un.org/meetings/GGIM-committee/10th-Session/>).

Zapisal: Tomaž Petek, za Geodetsko upravo RS
e-naslov: tomaz.petek@gov.si

REZULTATI NATEČAJA *PREMIK NAPREJ 2020*

Na XXVII. dnevih slovenske uprave, ki jih organizirajo na Fakulteti za upravo Univerze v Ljubljani, so 25. septembra 2020 med petimi finalisti:

- Avtomatizacija prenosa podatkov med zaledno aplikacijo prekrškovnega organa in mobilnimi enotami pri obravnavi in odvozu zapuščenih in nepravilno parkiranih vozil. Prijavitelj: Mestno redarstvo Mestne občine Ljubljana.
- Model osrednjega klicnega centra za obveščanje in ozaveščanje javnosti v času epidemije. Prijavitelj: Urad Vlade Republike Slovenije za komuniciranje.
- Platforma za upravljanje z invazivnimi tujerodnimi rastlinami. Prijavitelj: Mestna občina Ljubljana.
- Unovčevanje turističnih bonov. Prijavitelj: Finančna uprava Republike Slovenije.
- V eno mrežo vpetih 200 let prostorskih informacij. Prijavitelj: Geodetska uprava Republike Slovenije.

izbrali in razglasili zmagovalca natečaja za najboljšo izboljšavo v javni upravi *Premik naprej 2020*. Zmaga je pripadla Uradu Vlade Republike Slovenije za komuniciranje za projekt Model osrednjega klicnega centra za obveščanje in ozaveščanje javnosti v času epidemije.



Slika 1: Plakata (levo in na sredi) in priznanje Geodetski upravi RS (desno).

Geodetska uprava je v kratki obrazložitvi projekta *V eno mrežo vpetih 200 let prostorskih informacij* zapisala, da je treba po 200-letnem zbiranju in vodenju prostorskih podatkov le-te danes začeti obravnavati kot »digitalno valuto«, zato sta potrebna enoten koordinatni sistem in povezljivost za njihovo dostopnost, uporabnost, transparentnost itd. Prostorski podatek ima vrednost, prostorska informacija pa je bogastvo, ki prek e-uprave, e-poslovanja in e-storitev uporabnikom zagotavlja »en prostor za vse«, saj občutno prispeva h gospodarskemu digitalnemu preoblikovanju, razvoju in rasti, kar je bilo doseženo s predmetno izboljšavo.

Zapisano je vseobsegajoče zajeto v sloganu »Odkrijte moč lokacije.« in grafično stilizirano predstavljeno na plakatih.

Vir: Geodetska uprava RS

SLOVENSKA ZEMLJA NA KATASTRSKIH NAČRTIH

Geodetska uprava Republike Slovenije je v okviru programa eProstor izdala publikacijo z naslovom *Slovenska zemlja na katastrskih načrtih*. Publikacija je izšla v tiskani in digitalni obliki ter vsebuje 280 strani zanimivega branja o katastrskih načrtih od njihovega nastanka do današnjih dni. Vsebina je obogatena z več kot 180 barvnimi slikovnimi prilogi. Večji del je bolj poljudno obarvan in poln zanimivosti, izjemi sta le poglavji Prevedba analognih katastrskih načrtov v digitalni zapis ter Lokacijska izboljšava z membransko metodo, ki sta napisani s strokovno natančnostjo in se bereta kot učbenik.



Slika 1: Naslovna podoba knjige.

Če hočemo dodobra spoznati svojo preteklost, moramo poznati tudi zemljiško politiko, lastninske odnose na nepremičninah, nastajanje in razvoj naselij ter prometa, nastajanje imen krajev, vrhov, rek, pokrajin, upravnih razdelitev in podobno. S tem so namreč povezani družbeni in socialni problemi, prizadevanja naroda za lastno samobitnost in uveljavitev. Mnogo teh vprašanj pomaga razrešiti zemljiški kataster z vsvo dokumentacijo, ki je bila narejena ob njegovem nastajanju in poznejšem vzdrževanju. Med drugim

boste lahko v knjigi prebrali nekaj zanimivosti in življenjskih resnic, ki se v dvesto letih niso prav veliko spremenile. Z okrožnico Ilirskega gubernija, izdano 5. maja 1818 v Ljubljani, so bili določeni pogoji za delo na novi izmeri: »*Geometer mora izpolnjevati naslednje pogoje: biti mora moralno neoporečen, obvladati mora računovodstvo, geometrijo, planimetrijo, in uporabo merilne mizice, deželni jezik v pokrajini, predložiti mora overovljena spričevala in prošnjo za sprejem v službo, ki se jo vloži pri kresijskem uradu.*«

Znano je, da je franciscejska davčna reforma močno udarila po kmečkem prebivalstvu v Kranjski deželi. Tako so se po vsej deželi v revolucionarnem letu 1848 začeli nemiri, kjer so se kmetje organizirali v okviru posameznih gospodstev. Najdrznejši nastop so uprizorili podložniki Ižanskega gradu. V noči z 21. na 22. marec 1848 so vdrli v grad in ga poponoma razdejali. Bleiweisove Novice so v naslednjih dneh sporočile svojim bralcem: »Deležnike hudodelstev na Igu bo zadela roka pravice, storjeno škodo bo treba solidarno poravnati, ker je vsakdo z vsem svojim premoženjem porok tudi za škodo, ki jo napravi njegov sosed. S tem, da so Ižanci sežgali spise gosposke in gruntne bukve, so si sami največjo škodo napravili. S tem, ko so posestne bukve zažgali, so pokončali tudi postavne priče za svoje posestne pravice, noben gruntar se ne bo mogel na svoje posestvo izposoditi denarja, nihče ne bo mogel svojih pravic odstopiti drugemu, dokler ne bodo gruntne bukve (na stroške kmetov) na novo napravljene. Vrh tega pa se marsikatera pravica sploh nikdar več ne bo dala izpričati.« (Vir: Kmetijske in rokodelske novice, 1848)

Najbolj uporabno arhivsko gradivo so katastrski operati. Poleg zgodovinarjev jih proučujejo geografi, etnografi, jezikoslovci, pravniki, ekonomisti, urbanisti, agronomi, gozdarji, umetnostni zgodovinarji, ki v celotnem katastrskem operatu najdejo dokumente in vire za svoje raziskovalno delo. Karl Moritz, eden prvih dialektikov na tem področju, že konec 18. stoletja zapiše, da je legendarni silak Martin Krpan, naj je lik »resnične zgodovine« ali lik »zgodovinske resničnosti«, živel od leta 1680 do leta 1750 v koči na Vrhu pri Sveti Trojici.



Slika 2: Načrt franciscejskega katastra iz leta 1823, kjer je med nadliško pristavo in cerkvijo sv. Urha vrisan objekt št. 37, domnevni dom Martina Krpana. (Vir: <https://mapire.eu/>).

Slavko Petrič, gozdar, inovator, projektant in raziskovalec, pa je z dodatnimi raziskavami in s pomočjo podatkov iz franciscejskega katastra dokazal, da se vas, zaselek Vrh, nahaja na severnem predelu Bloške planote, v bližini vasi Sveta Trojica, in na terenu celo našel razvaline hiše, v kateri naj bi živel Levstikov literarni junak Martin Krpan. Po podatkih franciscejske katastrske mape iz leta 1823 je bilo bivališče Martina Krpana na stavbni parceli št. 37, k. o. Hiteno, in meri 97 kvadratnih metrov (27 sežnjev) in je bilo last nadliškega grofa. (*Vir: Slavko Petrič, Nova vas, 18. aprila 2015*)

Dr. Ivan Tavčar, pisatelj in politik – župan Ljubljane v letih od 1911 do 1921, je leta 1883 zapisal: *»O pomenu mape ali katastra ima priprosti narod misli, katere se ne morajo preostro in preobilokrat pobijati. Naš kmet goji namreč mnenje, da je kataster ali davkarijska mapa za lastninsko pravico merodajna. Stvar se navadno takole prigodi! Kmetič zaide po kakem nesrečnem naključju v davkarijsko mapo, ter opazi s skrivnim veseljem, da pri ti ali oni njegovi parceli meja ni zakrivljena, kakor je doma na polju, temuč, da je ravna črta. Mož toraj opazi, kakor se pravi v življenju, „da mu mapa več kaže, kakor ima“. Komaj čaka, da pride domu. In kadar prvič potem kosi ali orje, kosi ali orje tako, da je meja ravna črta, in da izgine kolobar, o katerem mapa ničesar ne ve. Tožba je narejena! Vžge se srdita pravda, med katero toženi vedno eno in tisto goni, da namreč mapa tako kaže. Pred vsem se mora omenjati, da je davkarijska mapa silo površno napravljena, in da so parcele v mapi vedno drugačnega izgledanja kot so v resnici. Zavaljo mape se tedaj lahko pri vsaki parceli pravda prične in žalostna resnica je, da ta mapa še sedaj provzročuje na stotine motenja v mirni posesti in da izbuja na kupe poželjivega hrepenenja po tuji zemlji. Narodu se mora tedaj praviti in praviti, da nema mapa, kar se tiče lastninske pravice, niti najmanjšega pomena ne. Ker se je mapa samo zavaljo davkov napravila, in ker je silno površno napravljena, nema pri pravadah zavaljo lastninske pravice nikake dokazilne moči. Če ti kaže mapa, da ima sosed na tisoče tvojih štirjaških sežnov, ki jih ima omenjeni sosed v oblasti in posesti, propal boš v vsaki pravdi, če nemaš drugzega dokazilnega pripomočka kot mapo. Mapa ničesar ne dokaže. Kjer si nasprotujeta mapa in posest, premaga vselej posest. Zapazi naj se tedaj, da je posest več vredna kot mapa, kot kataster, ker je posest moč, kataster pa mrtev papir. Sedaj smo dospeli do tje, kjer nam je spregovoriti o tem, kar postave imenujejo „posest“.«*

Torej še danes je tako: *»Kjer si nasprotujeta mapa in posest, premaga vselej posest.«*

V Arhivu Slovenije, Zložba poljedeljskih zemljišč iz leta 1921, preberemo, da komasacija ni produkt novejšega časa: *»Kdor ima veliko parcel, ima seveda tudi veliko mejašev, med katerimi se včasih nahaja tudi tak, ki iz nagajivosti ali celo grabežljivosti zaide s plugom v sosedovo zemljišče in si s tem prilasti del tuje zemlje. Kjer pa je veliko njiv, ki so zelo dolge, in če si tedaj tak nepošten mejaš prisvoji samo eno brazdo, je to vsled dolgosti njive že precejšen kos sveta. Posestnik tako odvetega sveta nima samo te škode, ampak plačuje za ta svet tudi davke. Posledica takega prekoračenja meje, izvršenega s prioranjem, so največkrat pravde, ki povzročajo mnogo razprtij in sovraštva. Po zložbi zemljišč pa vse to odpade. Meje so ravne in dobro zaznamovane s kamni in ker je namesto mnogo majhnih parcel samo nekaj veliko kosov, je tedaj razmerno tudi veliko manj mejašev. Ker je manj mejá, se lažje nadzorujejo te meje, ki tvorijo ravno črto od pota do pota, in če se slučajno kak mejni kamen zgubi ali vsled zlobnosti odstrani, ga vsak posestnik na podlagi novo določene meje lahko sam postavi ...«.*

Prepričani smo, da knjiga *Slovenska zemlja na katastrskih načrtih* ponuja pravo bogastvo besedilnega in grafičnega zapisa ter jo bomo z užitkom prebirali.

Zapisal: mag. Janez Slak, za Geodetsko upravo RS
e-naslov: janez.slak1@gov.si



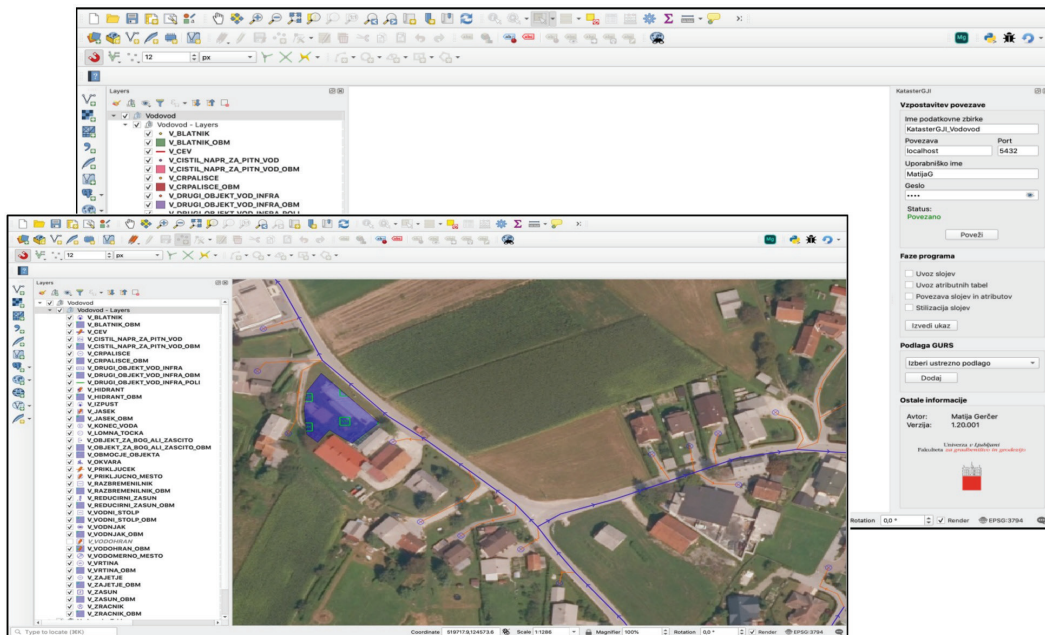
NOVICE FAKULTETE ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO UNIVERZE V LJUBLJANI

FAKULTETNA PREŠERNOVA NAGRADA RAZISKOVALNIMA NALOGAMA MATIJE GERČERJA IN TADEJE VOK

V letu 2020 Univerza v Ljubljani praznuje že 101. rojstni dan, obletnico vsako leto zaznamuje s Tednom Univerze. Zaradi epidemioloških razmer letošnje slovesnosti ne bodo potekale v živo, ampak bomo podelitve nagrad predstavili na čas, ko bo to mogoče. Veseli nas, da sta tokrat med dobitniki fakultetnih Prešernovih nagrad dva študenta geodezije in geoinformatike.

Matija Gerčer je fakultetno Prešernovo nagrado prejel za raziskovalno nalogo z naslovom *Predlog uporabniškega vmesnika za Kataster v okolju QGIS*, ki jo je izdelal pod mentorstvom izr. prof. dr. Anke Lisec in s somentorstvom doc. dr. Matevža Dolenca. Temeljni izziv raziskovalne naloge je bil preveriti možnosti prilagajanja in razširitve funkcionalnosti odprtih programskih rešitev na področju geografskih informacijskih sistemov (GIS) in prostorskih podatkovnih zbirk za specifične namene. Osredotočili smo se na razvoj uporabniškega vmesnika za prevzemanje in vzdrževanje podatkov o omrežjih in objektih gospodarske javne infrastrukture (GJI), kjer smo razvijali razširitev programske rešitve QGIS. Rezultati raziskovalnega dela so izjemno zanimivi, saj nam je uspelo razviti uporabniško rešitev, ki v celoti podpira postopek od prevzemanja, urejanja do vizualizacije podatkov o GJI. Pri tem smo upoštevali tako pravila razvoja odprtokodnih rešitev kot posebne zahteve upravljalcev podatkov o GJI v Sloveniji.

Tadeja Vok je fakultetno Prešernovo nagrado prejela za raziskovalno nalogo z naslovom *Določanje vidnosti satelitov na obzorju z dvovrstičnimi elementi NORAD*, ki jo je izdelala pod mentorstvom doc. dr. Polone Pavlovčič Prešeren in s somentorstvom prof. dr. Krištofa Oštirja. Raziskovalna naloga obravnava tematiko določitve položajev umetnih vesoljskih objektov ter spremljanje njihove vidnosti na obzorju s poljubnega opazovališča na Zemlji. Kandidatka je najprej problem rešila za situacije določitve položaja z globalnimi navigacijskimi satelitskimi sistemi (GNSS) in ga kasneje nadgradila za uporabo v nalogah daljinskega zaznavanja. Problem zaradi omejenih možnosti sprejema satelitskih signalov je rešila na poseben način, tako da je na opazovališču določila mogočo vidnost vesoljskih objektov z uporabo enostavne 360°-kamere, povezane z mobilnim telefonom. Potem je izdelala program za simulacijo vidnosti satelitov nad poljubno točko na zemeljskem površju in iz fotografij upoštevala zakritost obzorja. Pokazala je, da lahko v oteženih razmerah navigacije hitro in enostavno predvidimo časovne intervale, v katerih je mogoče določiti položaj z GNSS. Enako je pridobila informacije o možnosti zajema podatkov s površja Zemlje s sateliti daljinskega zaznavanja.



Slika 1: Uporabniški vmesnik v okolju QGIS in primer uporabe za Kataster GJI. Vir: Matija Gerčer: Predlog uporabniškega vmesnika za Kataster v okolju QGIS. Raziskovalna naloga. UL FGG.



Slika 2: Del eksperimenta so bile fotografije na izbranih točkah (180°-pogled navzgor in navzdol). Vir: Tadeja Vok: Določanje vidnosti satelitov na obzorju z dvorstičnimi elementi NORAD. Raziskovalna naloga. UL FGG.

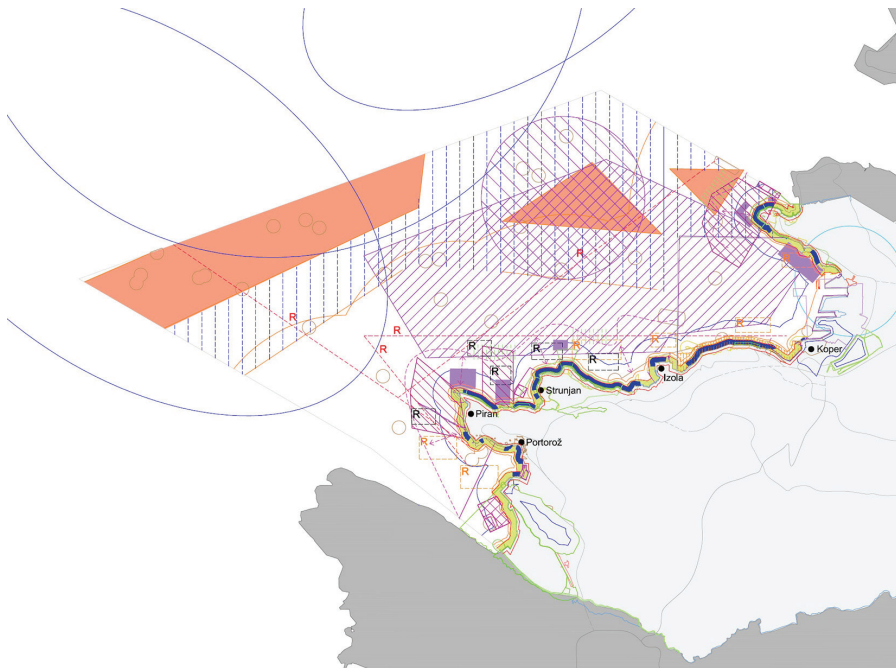
Vir: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

NAGRADA ZA SUPREME – PILOTNI PROJEKT ZA POMORSKI PROSTORSKI NAČRT ZA OBMOČJE SLOVENIJE

Projekt SUPREME (angl. *Supporting Maritime Spatial Planning in the Eastern Mediterranean*) se je izvajal v okviru programa DG MARE/EASME na območju štirih držav (Italije, Slovenije, Hrvaške,

Grčije). Namenjen je bil podpora državam podpisnicam Direktive o vzpostavitvi pomorskega prostorskega načrtovanja (MSP Directive, 2014/89/EU) pri pripravi gradiv za prvo generacijo pomorskih prostorskih načrtov (PPN). V Sloveniji se je izvajal v obliki pilotnega projekta za celotno območje teritorialnih in notranjih morskih voda ter obalnega pasu. Metodološko je obsegal: a) simulacijo postopka priprave načrta in b) simulacijo vsebine načrta. V okviru projekta so se s sodelovanjem širokega kroga deležnikov izvedle številne fokusne delavnice, opredelil se je nabor mednarodnih in nacionalnih razvojnih in varstvenih izhodišč in ciljev, izdelani so bili štirje variantni prostorskorazvojni scenariji morja in obale, vzpostavljena so bila sektorska področja (skladno z direktivo MSP: območja marikulture, ribištva, pomorskega prometa, obrambe, varstva narave in kulturne dediščine, turizma itd.). Rezultat projekta je usklajen osnutek razvojnega scenarija in predlog vsebine PPN. V letu 2020 se je začela priprava pravega PPN, pri čemer se pilotni projekt SUPREME uporablja kot njegova obvezna strokovna podlaga.

Projekt je dobil tretjo nagrado na 29. mednarodnem salonu urbanizma v Kragujevcu (10.–13. novembra 2020), in sicer v kategoriji raziskave, študije in projekti na področju urbanističnega in prostorskega načrtovanja.



Slika 1: Izsek iz idejne zasnove. Avtorja: Gregor Čok, Manca Plazar. Vključene institucije: Regionalni razvojni center Koper, Ministrstvo za okolje in prostor RS, Direktorat za prostor, graditev in stanovanja, Center za pospeševanje podjetništva Piran. Izvedba: 2018–2019.



Slika 2: Priznanje za projekt.

Vir: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

15. BIENALNI SIMPOZIJ GEOGRAFSKI INFORMACIJSKI SISTEMI V SLOVENIJI

Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo pri Univerzi v Ljubljani je kot soorganizator dejavno sodelovala na 15. bienalnem simpoziju Geografski informacijski sistemi v Sloveniji, ki je potekal 30. septembra 2020 v prostorih Znanstvenoraziskovalnega centra Slovenske akademije za znanost in umetnost (ZRC SAZU) v Ljubljani.

Glavni namen bienalnih simpozijev je predstaviti najnovejše dosežke na področju geoinformatike v Sloveniji ter predvsem vzdrževati platformo za izmenjavo mnenj in znanj. Še posebej so taki dogodki pomembni za navezovanje in poglobljanje vezi med raziskovalci in razvijalci različnih institucij in strok, ki lahko s skupnimi močmi razvijajo odlične inovativne rešitve. Simpozij je tudi sicer lep primer večletnega sodelovanja organizacij različnih strok, ki jih povezujejo geoinformacijske tematike. Dogodek namreč organizira Geografski inštitut Antona Melika Znanstvenoraziskovalnega centra Slovenske akademije znanosti in umetnosti v sodelovanju z Oddelkom za geografijo Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani, Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani, Zvezo geografov Slovenije in Zvezo geodetov Slovenije.

Letošnja tema simpozija je bila »pokrajina v visoki ločljivosti«, v tem okviru so bili predstavljeni zanimivi projekti in rezultati raziskav modeliranja entitet v prostoru na podlagi raznovrstnih prostorskih in časovnih visokoločljivih podatkov – od satelitskih podob do letalskih slikovnih podob ali lidarskih podatkov. Predstavitve na simpoziju so bile izbrane med devetnajstimi prispevki, objavljenimi v monografiji *Modeliranje pokrajine*, ki je 15. knjiga v zbirki GIS v Sloveniji. Več informacij s predstavitvami in dostopom do monografij letošnjega in preteklih simpozijev najdete na povezavi: <http://giss.zrc-sazu.si/ZGODOVINA.aspx>.

Zapisala: Anka Lisec, za Univerzo v Ljubljani, Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo
e-naslov: anka.lisec@fgg.uni-lj.si

DRUŠTVENE NOVICE NEWS FROM SOCIETIES



NOVICA ZVEZE GEODETOV SLOVENIJE

48. GEODETSKI DAN: GEODEZIJA ZA KAKOVOSTNE ODLOČITVE V PROSTORU IN ČASU

Letošnja izvedba Geodetskega dneva je za nami in z veseljem lahko ugotovim, da so prejeti odzivi pozitivni. Kot predstavnik organizatorja sem dobil vrsto pohval, ki jih tu spet delim s člani organizacijskega in programskega odbora. Prav posebej se za prizadevnost zahvaljujem predsednici programskega odbora doc. dr. Mihaeli Triglav Čekada in avtorjem ter soavtorjem prispevkov, ki so pomen posveta navkljub zaporedju težav ohranili na visoki ravni.

Tokratno organizacijo je spet prevzelo Ljubljansko geodetsko društvo, ki je posvet letos pravzaprav organiziralo kar dvakrat, če pa upoštevamo neprijetne naloge odpovedi in predavitve, bi rekel, da je bilo delo najmanj potrojeno! Tik pred načrtovano izvedbo sredi marca tega leta je organizacijski odbor sprejel odgovorno odločitev in odpovedal izvedbo oziroma posvet prestavil. Zaradi hitro spreminjajočega se položaja v zvezi z možnostmi za širjenje okužb z virusom SARS-CoV-2 pa je tudi v septembru presodil, da bi celovita izvedba pomenila prehudo tveganje za stroko oziroma zdravje udeležencev, in je zato pripravil strokovni posvet v spletnem okolju. Društvo je zaradi zahtevnosti in obsega nalog v organizacijo pritegnilo tudi strokovne kadre Izobraževalnega središča za geomatiko, ki deluje v okviru Geodetskega inštituta Slovenije, in tudi njim gre zahvala za brezhibno izvedbo. Posvet je bil izpeljan v hibridni konferenčni tehniki s prisotnostjo minimalnega števila gostov, govorcev in predavateljev v dvorani kongresnega centra Domus Medica v Ljubljani ter ob oddaljeni prisotnosti ostalih udeležencev z uporabo aplikacije Zoom. Posvet, ki je potekal v četrtek, 17. septembra 2020, je programsko temeljil na aktualnem dogajanju in predstavitvah vabljenih avtorjev prispevkov.

48. Geodetski dan sta z uvodnima govoroma odprla predsednik Državnega sveta Republike Slovenije g. Alojz Kovšca in minister za okolje in prostor Republike Slovenije mag. Andrej Vizjak, pozdravne govore pa so imeli predsednik Zveze geodetov Slovenije mag. Gregor Klemenčič, generalni direktor Geodetske uprave g. Tomaž Petek in predsednik organizacijskega odbora g. Milan Brajnik. V nadaljevanju sta posvet vodili programski vodji (moderatoriki) posameznih sklopov, ki sta sicer že v pripravljalnem času poskrbeli za usklajenost tem in predavateljev. Udeležencem posveta so bila v pomoč predhodno pripravljena gradiva, delovne predloge pa so bile naknadno objavljene tudi na spletnih straneh dogodka (www.geodetskidan.si) in Ljubljanskega geodetskega društva (www.lgd.si). Celotno število udeležencev se je povzpelo čez pričakovanih 250 oseb.

Prelomnost sedanjega časa zaznamuje tudi menjava v vodstvu Zveze geodetov Slovenije, naše krovne stanovske organizacije. Ta je bila simbolno izpeljana na začetku strokovnega srečanja pred pozdravnim govorom novega predsednika mag. Gregorja Klemenčiča, ko mu je večletni dosedanji predsednik mag. Blaž Mozetič predal častno lento, izdelano iz členov geodetske merilne verige.



Slika 1: Logotip letošnjega strokovnega srečanja.

Kongresni prostori Domus Medice na Dunajski cesti 162 v Ljubljani so se pokazali kot primerni za izvedbo tovrstnih prireditev tudi v tako izjemnih okoliščinah, kot smo jim priča letos, tehnična ekipa pa je zagotovila nemoten potek in spremljanje dogajanja tudi na svetovnem spletu.

Aktualnost programske usmeritve posveta sta uvodoma poudarila že vabljeni tuji predavatelja, ki sta problematiko razvojnih dilem stroke osvetlila skozi mednarodne izkušnje. Teme so bile tudi v nadaljevanju dovolj široko zastavljene, da so vzbudile zanimanje predstavnikov različnih strok, vsebinsko primerno zaokroženi sklopi pa dovolj poučni, da so pritegnili tudi zanimanje geodetskih strokovnjakov.

PROGRAM STROKOVNEGA SREČANJA:

UVODNI POZDRAVI IN PLENARNA PREDAVANJA

- Mag. Gregor Klemenčič (predsednik, Zveza geodetov Slovenije)
- Alojz Kovšca (predsednik, Državni svet Republike Slovenije)
- Mag. Andrej Vizjak (minister, Ministrstvo za okolje in prostor Republike Slovenije)
- Tomaž Petek (generalni direktor, Geodetska uprava Republike Slovenije)
- Milan Brajnik (predsednik, Ljubljansko geodetsko društvo)

Plenarni predavanji

- Prelomne (geo)tehnologije in njihovi vplivi / *Disruptive (geo)technologies and their impacts*
Prof. dr. Joep Crompvoets (EuroSDR in KU Leuven, Belgija)
- Nove tehnologije za boljšo uporabnost uradnih prostorskih podatkov / *New technologies for better usability of official geospatial data*
Dr. ing. Markus Seifert (Geodetska uprava Bavarske, Nemčija)

PREDAVANJA

- Korektna uporaba letalnikov v geodeziji
Dr. Dejan Grigillo, dr. Dušan Petrovič, dr. Klemen Kozmus Trajkovski, dr. Tilen Urbančič, dr. Mojca Kosmatin Fras (UL Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo)
- Nova evropska pravila v zvezi z uporabo brezpilotnih zrakoplovov
Ana Hožič (Javna agencija za civilno letalstvo RS)
- Vzpostavitev in vzdrževanje prostorskih letalskih podatkov in informacij
Primož Kete (Geodetski inštitut Slovenije)

- GeoBIM – izzivi za geodezijo in geoinformatiko

Alen Šraj (Igea d.o.o.), Jernej Tekavec, dr. Anka Lisec (UL Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo)

- Koordinatni sistemi kot temelj za kakovostne odločitve v prostoru

Mag. Klemen Medved, Sandi Berk (Geodetska uprava Republike Slovenije), dr. Božo Koler, dr. Oskar Sterle, dr. Bojan Stopar (UL Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo)

- Funkcionalne regije v Sloveniji

Dr. Samo Drobne (UL Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo)

- Uporaba ocene zmogljivosti komunalne infrastrukture pri pripravi prostorskih aktov

Ajda Kafol Stojanović (Geodetski inštitut Slovenije), dr. Daniel Kozelj, dr. Maruška Šubic Kovač (UL Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo)

- eGraditev

Jurij Mlinar, Jan Brezec, dr. Nikolaj Šarlah (Ministrstvo za okolje in prostor Republike Slovenije), Martina Strniša (Geodetska uprava Republike Slovenije)

- Evidentiranje nepremičnin – novi predpisi in informacijske rešitve

Mag. Ema Pogorelčnik, Franc Ravnihar (Geodetska uprava Republike Slovenije)



Slika 2: Gostje in udeleženci strokovnega posveta (foto: Miha Muck).



Slika 3: »Ustoličenje« novega predsednika ZGS (foto: Miha Muck).

V zaključku pa mi dovolite, da na prigovarjanje kolegov zapišem še nekaj poudarkov iz svojega uvodnega govora, ki naj bodo popotnica ostalim vsebinam tokratnega že 48. Geodetskega dneva. Tradicija naše stroke je res dolga in dobro dokumentirana, tudi začetki organiziranega združevanja geodetskih strokovnjakov na našem ozemlju dokumentirano segajo že v daljno leto 1911. Ob pred kratkim obeleženi 200-letnici zemljiškega katastra, pa dolgi tradiciji izdajanja našega strokovnega glasila Geodetski vestnik, se lahko pohvalimo tudi z že celih 100 let delujočo matično fakulteto! Navkljub temu se sprašujem, ali je ta dolga tradicija tudi dovolj čvrst temelj za kakovostno izpolnjevanje družbenega poslanstva geodetske stroke tudi v bodoče!?

Različne stroke se medsebojno dopolnjujejo, v posameznem časovnem obdobju lahko pomen posamezne sicer zaniha, je pa to kvarno in le uravnoteženost vseh lahko prispeva k uspešnemu družbenemu razvoju. Stroke sicer medsebojno legitimno tudi tekmujejo, to je tudi osnova napredka. Pa vendar se pomen vsake stroke ali dejavnosti v družbi gradi na enakih za vse značilnih dejavnikih, to so:

- številčnost oziroma kadrovski potencial – kjer smo geodeti brez dvoma v manjšini;
- finančni potencial oziroma donosnost – ekonomija obsega ali dodana vrednost v geodeziji tudi ni na visoki ravni;

– naslavljanje pomembnih družbenih problemov – kar pa je v naši domeni.

Sprašujemo se o slabem ugledu oziroma podobi v javnosti!? Menda nenaklonjenem javnem mnenju!? Če res, se vprašajmo, zakaj je tako.

Stroka ima veliko obsežnih področij dela. V zgodovini in v novejšem obdobju je prejela veliko pomembnih priznanj za strokovnost – od kod torej takšne misli? Ali gre bolj za slabo samopodobo v teh prelomnih časih hitrega, morda kar prehitrega razvoja in sprememb, ko se vsak človek sam sebi zdi prepočasen!? Brez dvoma nismo na vseh strokovnih področjih enako uspešni. Potrudimo se, da nas bo okolica bolje razumela. Vztrajno iščimo boljše, razumljivejše načine za predstavitev naših vsebin, ki jih tudi in predvsem neprestano izboljšujemo! Predpogoj za uspešno delo je torej neprekinjeno izobraževanje in razvojno-raziskovalno delo, temu pa moramo slediti prav vsi v stroki, če želimo izboljšati našo podobo v družbi in predvsem pred nami samimi. Pomemben je vsak kamenček v mozaiku – in tu je krilatca na mestu – to je vsak od nas! Znamo torej počistiti pred svojim pragom?

Ali je problem v pomanjkljivem znanju? Sam bolj menim, da težave večkrat žal izvirajo iz nedopustne pozabljivosti v stroki. Se pri svojem delu geodeti še zavedamo in oziramo na temelje našega znanja, na zgodovinska dejstva, na njihov obsežni vpliv na sedanje stanje v stroki in evidencah? Sumim, da je v hitenju za pičlim zaslužkom namerna pozabljivost žal postala vrlina lažne učinkovitosti!

Se še zavedamo nastanka in postopkov vzdrževanja evidenc skozi dolgo obdobje uporabe ter ne nazadnje tudi napak predhodnikov, ki so sicer prisotne pri vsakem delu? Zavedati se moramo občutljivosti svojih ravnanj in posledic za konkretne udeležence oziroma lastnike. Dovolim si citirati pokojnega kolega, sicer pravnika po matični stroki, ki je v okviru obveznih izobraževanj geodetskih strokovnjakov vztrajno ponavljal, da se mora vsak geodet v stiku s strankami v prvi vrsti zavedati, da s svojim ravnanjem lahko povzroči ali pa prepreči, razplamti ali umiri spore med strankami, med sosedi! Etično in dosledno strokovno delovanje naj bo zato stalnica na naši poti in pravi obraz stroke!

Geodeti imamo veliko tehničnega znanja, obvladujemo nove tehnologije, najmanj tudi lahko zatrdimo, da vzdržujemo pomembne podatke za upravljanje z velikim delom državnega premoženja, torej podlagami za gospodarski razvoj države, pa to nikakor ni vse, znamo in zmoremo podpreti široko področje upravljanja s prostorom in več!

Upam, da bodo na letošnjem posvetu obravnavane vsebine prispevale k boljšemu razumevanju in pravilni ter široki uporabi kakovostnih podatkov geodetske službe.

*Zapisal: Milan Brajnik, za Zvezo geodetov Slovenije in Ljubljansko geodetsko društvo
e-naslov: milan.brajnik@gis.si*



NOVICA LJUBLJANSKEGA GEODETSKEGA DRUŠTVA

BISER MED OTOKI

V Ljubljanskem geodetskem društvu se ne damo. Ko nam je covid zaprl pot proti hrvaškim otokom, smo poiskali slovenskega. Ker pa je bolj majhen, smo ga dopolnili s pohodom skozi Pokljuško sotesko in obiskom Radovljice. Pri tem smo se seveda držali vseh priporočil NIJZ. Prednost bližine se je pokazala pri izbiri datuma, saj smo deževni septembrski četrtek zamenjali z naslednjim, oktobrskim.

Ko smo zapustili megleno Ljubljano, nas je pozdravil Sončkov vodič Andrej, ki nas je spoznal že lani. Zatajil ni niti soimenjak agencije, ki je kar vzorno topil jutranji mraz. Beli vrhovi Kamniških planin in Julijcev s šefom Triglavom so se bleščali v njegovih žarkih. V Zatrniku, ki je pred kratkim napredoval iz zaselka v naselje, smo zapustili avtobus in sneli maske, kar je bilo takrat še dovoljeno. Le tako smo se lahko posladkali s sveže nabranim grozdem s Primorske.



Slika 1: Pozdrav iz Zatrnika (levo) in Soteska Ribščice (desno) (foto: M. Ažman).

Mimo skupinice hiš in pašnikov smo prispeli na rob gozda ter se pričeli previdno spuščati po strmi poti proti dnu soteske Ribščice. Tam je hoja postala lažja. Suha fosilna dolina se na več mestih močno zoži in daje občutek neprehodnosti. Sledijo razširitve, ki jim domačini pravijo vrtci in so ponekod opremljene z informacijskimi panoji. Ko smo se osvobodili prvega objema sten, smo prišli na Galerijo kraljeviča Andreja. Lesen balkon je vpet v gladko skalo, globoko pod njim se odpira dolinica, delno zaščitena s skalnim previsom in opremljena s preprostimi klopami. Galerijo so postavili leta 1930 in jo poimenovali po Andreju Karadžorđeviću, rojenem na Bledu. Pred nekaj leti je bila obnovljena. Pokramljali smo z domačinoma, ki sta žagala podrti debela na poti in nam s tem olajšala napredovanje. Še dvakrat so nas stene stisnile v objem, nakar smo na levi zagledali

veliko Pokljuško luknjo. Vzpon do nje in skožnjo je bil zopet nekoliko drznejši, nad njo pa se nam je odprl pogled proti Stolu in Žirovnici pod njim. Tu vodi pot iz Gorij na Pokljuko. Nasproti luknje se v hrib zajeda druga soteska z naravnim mostom. Zadnji del poti smo delili s potokom Ribščico, ki se nekoliko nižje izliva v reko Radovno. Ker v preteklih nekaj dneh ni bilo večjega deževja, smo bili prikrajšani za manjši slap in obilico blata. Prišli smo do zadnje ali pa prve informacijske table, če bi hojo pričeli v Zgornjih Gorjah.



Slika 2: S pletno po jezeru (foto: M. Ažman).



Slika 3: Blejski otok (levo), nekateri so ogled Radovljice zamenjali z rekreacijo na jezeru (desno) (foto: M. Ažman).

Naslednji cilj je bil najznamenitejši slovenski otok, biserček Blejskega jezera. Do njega smo se popeljali iz Mlina na dveh pletnjah, Vanji in Evi. Vzpon po 99 baročnih stopnicah proti vrhu otoka ni bil prehud, ga pa nobena ni užila na rokah moža ali občudovalca. Višinska razlika, ki smo jo premagali, znaša skromnih 18 metrov. Na vrhu smo lahko obiskali cerkev Marijinega vnebovzvetja, zgrajeno v srednjem veku, prezidano v baroku, v zadnjem obdobju pa prenovljeno. Za šest evrov smo lahko pozvonili z zvončkom želja in dosegli nekaj dodatnih

višinskih metrov in boljši pogled z vrha zvonika. Lepo obnovljena sta tudi župnišče in proštija. Po vrnitvi smo se povzpeli še do Vile Bled in pomahali mladim udeležencem izleta, ki so do otoka priveslali na supih. Tretja etapa našega izleta se je zgodila v očarljivem jedru stare Radovljice. Lokalni vodič Sašo Begunjec nas je najprej povedel v Paradiž, kot so Radovljičani nekoč poimenovali grajski park. Bodisi zaradi eksotičnih dreves, med katerimi se je nekoč sprehajala grajska gospoda, morda zaradi kipov Adama in Eve, ki sta kasneje emigrirala v neznano. Danes sta v parku spomenik padlim v vojni in čebelnjak, kakršnega je imel znameniti čebelar Anton Janša, le da je ta pol manjši. Od raja pa so ostali le del zidu, lipe in dva obeliska. Mimo rojstne hiše arhitekta Ivana Vurnika, sina vsestranskega podobarja Janeza Vurnika, smo se podali skozi nekdanji obrambni jarek do vhoda v staro mestno jedro, katerega nastanek sega v daljno 14. stoletje, a je večkrat pogorelo. Stavbe so lepo ohranjene, krasijo jih portali iz zelenkastega tufa, arabeske, kipci in freske, na katerih se največkrat pojavi sv. Florijan, zaščitnik gasilcev. Izstopajo še rojstna hiša prvega slovenskega dramatika Antona Tomaža Linhartarja, najstarejša radovljiška gostilna Lectar, Malijeva hiša s prangerjem, Šivčeva hiša, kot najznamenitejši primer srednjeveške meščanske arhitekture v Sloveniji ter največja med njimi, Graščina. Zgrajena je bila v 13. stoletju, kasneje v 16. in 17. stoletju temeljito predelana in razširjena. Danes so v njej Čebelarški muzej, spominska zbirka Antona Tomaža Linhartarja, glasbena šola, galerija in velika baročna plesna dvorana s freskami, namenjena raznim prireditvam.

Mesto se je pričelo razvijati na naravnem pomolu ob župnijski cerkvi sv. Petra, katere zametki segajo v 10. stoletje. V 13. stoletju so vanjo prenesli sedež nadškofije. Sprva triladijska romanska bazilika je bila okoli leta 1500 predelana v gotško cerkev. Današnja zunanja podoba je s konca 19. stoletja. V njej zasledimo tudi dela treh Vurnikov – očeta Janeza, arhitekta Ivana in njegove žene Helene. Izstopa zlasti bel kip Marije z Jezusom. Ob cerkvi je župnišče z arkadnim dvoriščem iz 16. stoletja ter pročeljem z renesančnimi in baročnimi freskami. Ob spodnjih mestnih vratih je urejena razgledna točka, od koder se vidi sotočje obeh Sav, pogled na Jelovico in Triglav pa so nam že zakrili oblaki.

Dan se je prevesil v večer, ko smo sedli k poznemu kosilu v Vili Podvin. Njen glavni kuhar, chef Uroš Štefelin, si je letos prislužil prvo Michelinovo zvezdico. »Njegova kuhinja je tradicija, ljubezen do doma, kvaliteta, svežina, skrb za zdravo in polno prihodnost,« kot navajajo v svojem predstavitvenem tekstu. Hrana je bila paša za oči, pa tudi za brbončice. S tremi meniji so poskrbeli tako za vegane kot za ljubitelje rib in drugega mesa. Nihče ni odšel lačen.



Slika 4: Eden od prijaznih pogledov s pročelij v Radovljici (levo), sladica v Vili Podvin (desno) (foto: M. Ažman).



NOVICA DRUŠTVA ŠTUDENTOV GEODEZIJE SLOVENIJE

NOVO VODSTVO DŠGS

Društvo študentov geodezije Slovenije ima novo vodstvo. V imenu nove ekipe bi se rad zahvalil dosedanjemu vodstvu, še posebej predsedniku Tinetu Hrenu in dolgoletni ekipi za uspešno vodenje društva študentov v zadnjem dvoletnem obdobju. V tem času je društvo uspešno organiziralo kar nekaj dogodkov. Tudi novo vodstvo ima v prihodnjih dveh letih namen nadaljevati prirejanje tradicionalnih in snovanje novih dogodkov, tako družabnih kot strokovnih, če bodo to dopuščale razmere. Tako želimo pridobiti nove aktivne člane, okrepiti povezanost študentov geodezije ter prispevati k promociji obštudijskih dejavnosti in sploh tudi same Fakultete za gradbeništvo in geodezijo pri Univerzi v Ljubljani.



Novo vodstvo Društva študentov geodezije Slovenije:

- predsednik in zastopnik: Jernej Glavič
- generalni sekretar: Anja Rakonjac
- blagajnik: Filip Barat
- ostali člani IO DŠGS: Nejc Slemenšek
Luka Matovina
Maruša Cestnik
- nadzorni odbor: Patricija Barbo
Lara Letnar
Neža Ema Komel

Jernej Glavič, za Društvo študentov geodezije Slovenije
e-naslov: info.dsgs@gmail.com



NOVICA FAKULTETE ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO UNIVERZE V LJUBLJANI

609

Je soba 609 že od nekdaj in je točka 609 od septembra 2020.

Soba 609 v stavbi Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani (UL FGG) je ena bolj znanih, če ne kar najbolj znana soba te stavbe. Med zdaj že starejšimi zaposlenimi člani oddelka velja za legendarno. Dolga leta, ko je bil osebni stik najbolj običajen in naraven način komunikacije, so se v njej srečevali profesorji, sodelavci Oddelka za geodezijo, pa tudi študenti. V sobi se je vedno kaj dogajalo. Čas je zaradi tehnološkega razvoja, sprememb načina študija, kadrovske širitve oddelka in vsesplošne »evolucije« družbe in stroke prinesel nepovratne spremembe. Soba 609 je sicer večna, a »nikoli več ne bo tako, kot je bilo«. (Milan Kučan, 1990) In kako je bilo in kako je?

Zgodovina sobe 609

Konec sedemdesetih let, osemdeseta leta:

Soba 609 – najpogostejša stična točka zaposlenih in študentov Oddelka za geodezijo Fakultete za arhitekturo gradbeništvo in geodezijo:

Prostor za izposojno opremo za študij: kalkulator HP 25, polarni transporter, čemus, nanašalni trikotniki, interpolator, planimeter ... Prostor, kjer smo kupovali obrazce 1, 1V, 2, 4, 4a, 5, 9, 10, 19, 25, 28 ... 1N, 2N ... niso bili dragi, 4a je bil najbolj zoprni. Kje je indeks, oddaj vaje, pridi na test nonijev ... Tandem Stegenšek-Goršič.

Desetletje kasneje:

Soba 609 – središče zaposlenih Oddelka za geodezijo Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani:

Kavica in druge domače dobrrote, gost cigaretni dim ... burne strokovne in drugačne debate, kakšno zavarovalniško predavanje, praznovanja vseh osebnih in državnih praznikov, valilnica dobrih idej ...

Leto 2020:

Soba 609 – stičišče podobno in različno mislečih Oddelka za geodezijo Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani:

Soba 609 v čisto novi preobleki, elegantno urejena. In septembra vzpostavljeno geodetsko obeležje. V sobi 609 točka 609. Izhodišče novega koordinatnega sistema D609/20-09. Kar tako, za okras, za dušo, za veselje.



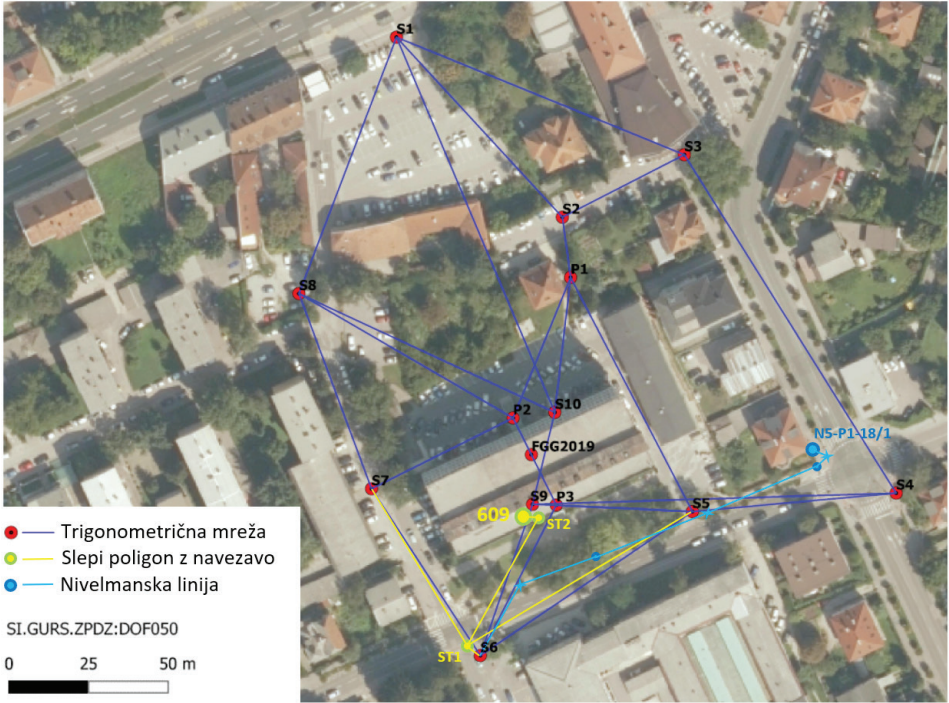
Slika 1: Veselje ob urejanju obeležja točke 609.



Vzpostavitev točke 609

a. Izhodiščna mreža za določitev horizontalnih koordinat e, n

Koordinatna osnova za določitev horizontalnih koordinat točke je geodetska trigonometrična mreža, razvita v okolici stavbe UL FGG na Jamovi 2 (slika 2).



Slika 2: Izhodiščna trigonometrična mreža (vir: Elaborat pri predmetu izbrane vsebine N5-P1-18/1 iz geodetske izmere, 2019, avtorji: J. Rakovec, Z. Bano, M. Pajnič, S. Šanca), navezava točke S6 na reper R18/1 in povezava točke 609 z izhodiščno trigonometrično mrežo.

Mreža je bila določena s kombinacijo meritev GNSS in preciznih klasičnih terestričnih meritev. Meritve GNSS so bile izvedene na vseh S-točkah (S1-S10) mreže ter obdelane ločeno z upoštevanjem preciznih efemerid in vseh znanih vplivov na meritve GNSS. Precizne klasične terestrične meritve v mreži so bile

ustrezno reducirane in izravnane po metodi najmanjših kvadratov v prosti horizontalni mreži. Preračun rezultatov izravnave terestričnih meritev v geodetski datum točk GNSS, v državni koordinatni sistem D96/TM, je bil izveden s transformacijo S z uporabo vseh desetih GNSS-točk mreže. V preglednici 1 so zbrani podatki o treh točkah mreže, ki so izhodišče za določitev horizontalnih koordinat točke 609. Natančnosti koordinat točk so ocenjene iz rezultatov transformacije S.

Preglednica 1: Izhodiščne točke navezovalne mreže za določitev koordinat točke 609 v D96/TM

točka	e [m]	n [m]	a [m]	b [m]	Θ [°]
S5	460.962,9975	100.772,4084	0,0003	0,0002	158
S6	460.896,4796	100.727,2615	0,0002	0,0002	155
S7	460.862,3431	100.779,5966	0,0006	0,0002	152

a. Izhodiščna mreža za določitev višine H

Izhodišče za določitev višine točke 609 je točka S6, ki je z metodo geometričnega nivelmana navezana na reper N5-P1-18/1 na Groharjevi cesti 6 (slika 2). Reper je vključen v delno ponovno izmerjeno in leta 2000 v celoti preračunano mestno nivelmansko mrežo. Dolžina nivelmanske linije z dvema izmeniščema nivelirane v obeh smereh je 133 metrov.

Preglednica 2: Izhodiščni točki višinske mreže za določitev višine točke 609 v SVS2010/Koper

točka	H [m]	σ_H [m]
N5-P1-18/1	294,7930	0,00174
S6	293,4687	0,00180

b. Izhodiščna mreža za določitev težnostnega pospeška g

Vrednost težnostnega pospeška na geodetski točki 609 smo določili po računski poti. Izhodišče je točka GT2000 v kleti stavbe fakultete v prostoru »zimске vaje«. Vrednost težnostnega pospeška v tej točki je bila določena leta 2006 v okviru izmere osnovne gravimetrične mreže Slovenije, vključene v IGSN71. Pri izmeri smo izhajali z gravimetrične točke GT2 (Ljubljana). Meritve so bile izvedene z dvema instrumentoma Scintrex CG-3M po metodi zvezde. Na osnovi relativnih gravimetričnih meritev v vseh sedmih nadstropjih stavbe UL FG na Jamovi 2 ter znanih višinskih razlik je bil v okviru diplomske naloge študija geodezije (Krevh, 2015) izračunan vertikalni gradient težnosti v stavbi na Jamovi 2 in težnostni pospešek točke 106 na strehi stavbe, iz katere smo v nadaljevanju izhajali.

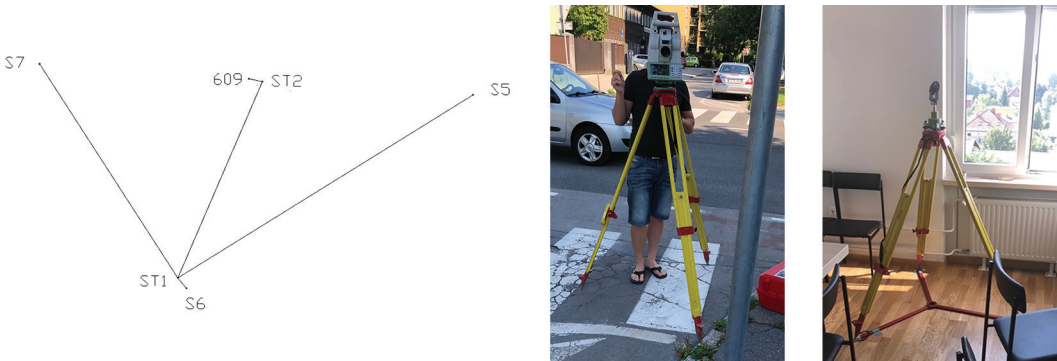
Preglednica 3: Izhodiščni točki gravimetrične mreže (IGSN71)

točka	g [ms ⁻²]	σ_g [ms ⁻²]
GT2000	9,806156657	0,0000001
106	9,8060570	0,0000002

c. Postopek določitve koordinat točke 609 in rezultati

Za določitev horizontalnih koordinat in višine točke 609 smo za zagotovitev vidnosti vzpostavili točko ST1, ekscentrično stojišče točki S6. Koordinate točke ST1 smo določili na način prostega stojišča z

navezavo na točke S5, S6 in S7 datumske mreže (slika 2, preglednica 1). Točko 609 smo s točko ST1 povezali s slepim poligonom z dvema stranicama (slika 2, slika 3). Točka ST2 je bila začasno stabilizirana v sobi 609 (slika 3), centriranje je bilo prisilno. Višinsko razliko smo določili z metodo trigonometričnega višinerstva (obojeustranska in enostranska meritev).



Slika 3: Skica merskih povezav za določitev točke 609, točki ST1 in ST2.

Pri izračunu težnostnega pospeška točke 609 smo izhajali iz vrednosti težnostnega pospeška na točki 106 na strehi stavbe na Jamovi 2 (preglednica 3). Vrednost težnostnega pospeška točke 106 smo povečali ob upoštevanju povprečne vrednosti vertikalnega gradienta v stavbi UL FGG in ocenjene višinske razlike med točko na strehi FGG in stropom sobe 609 (debelina stropa).

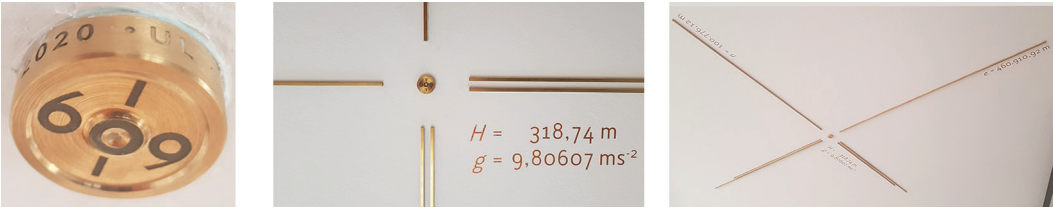
V preglednici 4 so zbrani končni podatki o točki 609. Pri izračunu natančnosti določitve koordinat je upoštevana natančnost izhodiščnih točk, natančnost meritev in način določitve koordinat.

Preglednica 4: Podatki o točki 609 – stabilizirana 28. 9. 2020 (D96/TM, SVS2010/Koper, IGSN71).

609	koordinata	standardni odklon
e [m]	460.910,9239	0,0019
n [m]	100.776,1180	0,0004
H [m]	318,7396	0,0019
g [ms ⁻²]	9,8060741	0,000001

d. Stabilizacija točke in zapis koordinat

Točka 609 je stabilizirana z medeninastim čepom premera 26 mm in debeline 10 mm, ki je vgrajen v strop sobe 609 (slika 4). Na osnovni ploskvi čepa je označen center točke in ime točke, na obodu pa je zapisano UL • FGG • Geodezija • 2020. Dodatno so z medeninastimi palicami debeline 5 milimetrov in dolžin 50, 60, 70, 80, 90 in 100 centimetrov v obliki nitnega križa označene smeri osi koordinatnega sistema e in n . Horizontalni koordinati sta zapisani ob pozitivnih krakih obeh koordinatnih osi, vrednosti sta zaokroženi na dve decimalni mesti. Višina, zaokrožena na dve decimalni mesti, in težnostni pospešek, zaokrožen na pet decimalnih mest, pa sta zapisana ob točki (slika 4).



Slika 4: Stabilizacija točke 609, zapis koordinat in označitev smeri.

Točka 609 navdušuje in tudi ne

Ob postavljanju točke 609 so se porajali različni občutki. Eni smo bili veseli in navdušeni, drugi so nas občudovali, nekateri so samo z roko zamahnili, zadnji so tiho nasprotovali. Avtorji se sprašujemo, ali bi potrebovali posebno dovoljenje, da storimo, kar smo storili ... ker mogoče tega tudi ne znamo??! In v današnjem čudnem svetu se vse bolj pogosto misel kar sama zlije na papir ...

Spoštovani, je včeraj, danes ali jutri?

To mi je v podzavesti. Vsakokrat, ko sem vzel koso v roke, potem ko je star tata že malo omagal in je imel fotr pomembnejše delo ... kot je postavljanje kopišča ..., me je bilo strah. Strah, da bom zarezal preveč dol ... ali gor čez konfin v sosedovo. Ker star tata je vedel in se je tega najbolj bal, oče pa je bil dovolj močan, da je prenesel ... Ker sosed mejaš ni popuščal in je bil sposoben ubijati. Vsaka kadejla sena je bila pomembna za preživetje. Koordinatnih sistemov takrat še nisem poznal, vedel pa sem, da se kamni v naravi kar tako ne premikajo ... in da je parcelna meja stoletja na istem mestu ... vsaj v senožetih.*

Danes bi me bilo še bolj strah. Ker je znanost ugotovila, da se koordinatni sistemi gibljejo. Vsak dan. Poli plešejo in jaz si samo domišljam, da se mi ne vrti. Ker se vrti. Dnevno. Dokazano. 15 metrov gori doli naokoli. Vzamem koso v roke, kosilnice ne obvladam. In kosim. Sodobni navigacijski sistem me vodi, poli se vrtijo. Krožim ... krožim ... in pokosim svoje in sosedovo.

In se vrtijo poli in se premika ekvator in ... v tem globalnem prostoru vsemu sledi tudi soba 609 in z njo točka 609. Vrtiljak je super ... zavriskam.

Vas lepo pozdravljam, Dušan

**kadejla (narečno, Baška grapa, območje poselitve južnih Tirolcev od Granta do Bače in naprej do Sorice in Dajn): manjša količina sena (od 5 do 10 kg), ki ga uredimo tako, da ga lahko nesemo v rokah. Običajno 5 kadejl zložimo v bremo, v kateri na glavi in ramenih nosimo seno po ozkih stezicah, kjer je usak drug transport nemogoč.*

Najbolj zaslužni za vzpostavitev točke 609:

Dušan, Gašper, Janez, Klemen, Aleš, Božo, Gašper, Miran, Miran, Jož

Zapisi: dr. Aleš Marjetič, dr. Miran Kuhar, dr. Simona Savšek, dr. Božo Koler, dr. Dušan Kogoj

V SPOMIN MARJAN JENKO



1928–2020

POMEN DELA MARJANA JENKA, UNIV. DIPL. INŽ. GEOD., ZA RAZVOJ GEODETSKE SLUŽBE V SLOVENIJI

Marjan Jenko, univ. dipl. inž. geod., je vse svoje poklicno delovanje posvetil geodeziji. Poglobljeno se je ukvarjal zlasti z razvojem in vzdrževanjem geodetske koordinatne osnove v Republiki Sloveniji. Predlagal in izvedel je več strokovno zanimivih rešitev, ki so imele velik pomen za kakovost vseh vrst prostorskih podatkov. Treba je izpostaviti dve njegovi strokovni rešitvi, ki sta močno vplivali na geodetsko stroko in službo v obdobju od pojava elektrooptičnih razdaljemerov do uvedbe novega državnega koordinatnega sistema v Sloveniji.

V obdobju klasične geodezije so praktično realizacijo horizontalnega koordinatnega sistema predstavljale astrogeodetska mreža, triangulacijske in vse druge horizontalne geodetske mreže. V nekdanji državi SFRJ je bil za vzpostavitev astrogeodetske in triangulacijske geodetske mreže višjih redov zadolžen zvezni Vojnogeografski inštitut v Beogradu. Posamezne republike so te geodetske mreže lahko uporabljale, niso pa imele pristojnosti za njihovo vzdrževanje. Republiške geodetske službe so tako lahko vzpostavljale triangulacijske mreže nižjih redov, poligonometrične, poligonske in kasneje tudi tako imenovane mestne in navezovalne geodetske mreže, ki so bile namenjene za detajlno geodetsko izmero.

Za osvetlitev pomena dela Marjana Jenka je treba predstaviti nekaj osnovnih dejstev, ki se nanašajo na vzpostavitev astrogeodetske mreže oziroma državnega geodetskega horizontalnega koordinatnega sistema. S pojmom astrogeodetska mreža opisujemo klasično triangulacijsko geodetsko mrežo, s točkami, ki so med seboj oddaljene po 30 ali več kilometrov. V mreži so bili na oddaljenostih od 100 do 200 kilometrov vzpostavljeni tudi pari tako imenovanih Laplacejevih točk. To so bile sosednje točke astrogeodetske mreže, ki so jim bile z astronomskimi opazovanji določene astronomske geografske koordinate ter astronomska azimuta med točkama. Na ravninskih predelih v bližini parov Laplacejevih točk in na medsebojnih oddaljenostih med 5 in 10 kilometri so bile vzpostavljene tako imenovane triangulacijske baze. Dolžine triangulacijskih baz so bile izmerjene z najvišjo dosegljivo natančnostjo in točnostjo. Na osnovi tako imenovanih triangulacijskih baznih mrež so se dolžine triangulacijskih baz uporabile za določitev dolžin stranic trikotnikov, te pa nato, skupaj z meritvami horizontalnih kotov, za izračun koordinat točk mreže. Vendar pa je bilo triangulacijskih baz malo, koordinate točk astrogeodetske mreže so bile zato nižje toč-

nosti. Z vzpostavljanjem geodetskih mrež nižjih redov so se nepravilnosti koordinat točk astrogeodetske mreže prenašale v vse geodetske mreže – do koordinat na ravni detajla.

Astrogeodetska mreža Jugoslavije, in kot njen del tudi astrogeodetska mreža Slovenije, je nastajala skoraj sto let – od sredine 19. do sredine 20. stoletja. Vzpostavljala se je zelo dolgo, kar je dodatno vplivalo na njeno kakovost. Čeprav se je vedelo, da so v astrogeodetski mreži prisotne velike nepravilnosti, ni bilo mogoče točno ugotoviti, kakšne in kako velike so. Šele s pojavom elektrooptičnih razdaljemerov v sredini 70. let prejšnjega stoletja je bilo mogoče ugotoviti, kakšna je dejanska točnost te mreže. Izkazalo se je, da so bile v astrogeodetski in triangulacijskih mrežah višjih redov prisotne velike deformacije merila, koordinate pa so bile preslabe kakovosti za vključitev novih elektronsko izmerjenih dolžin. Kljub temu republiška geodetska uprava ni mogla spreminjati koordinat točk teh mrež, saj je bilo to v pristojnosti Vojnogeografskega inštituta v Beogradu.

Za uporabo meritev dolžin, s katerimi se je geodetska izmera zelo poenostavila, je bilo treba poiskati drugačno rešitev. Predlagal jo je Marjan Jenko, republiška geodetska uprava Slovenije pa jo je uradno sprejela. Rešitev je temeljila na določitvi merila astrogeodetske mreže. Po tem predlogu je bilo treba za vsak trikotnik astrogeodetske mreže izračunati vrednost enote merila (merila dolžin in koordinat). Z vrednostjo enote merila je bilo nato treba množiti vsako izmerjeno dolžino med katerima koli točkama v posameznem trikotniku astrogeodetske mreže. Tako se je sicer poslabšala točnost izmerjenih dolžin, vendar je bilo tako preračunane dolžine mogoče vključiti v obstoječo geodetsko mrežo brez ustvarjanja dodatnih napetosti in neskladnosti med starimi in na novo določenimi koordinatami.

S to rešitvijo je Marjan Jenko dosegel, da so se v geodetskih mrežah nižjih redov, pa tudi na ravni detajla, ohranjale razmere, kakršne so veljale v posameznem trikotniku astrogeodetske mreže. S tem pristopom bi se lahko koordinate na območju celotne države transformirale v homogen koordinatni sistem le z upoštevanjem razmer, ki so veljale v posameznem trikotniku.

Konec 80. let prejšnjega stoletja je Marjan Jenko s sodelavci z Geodetskega zavoda Slovenije izvedel korak, s katerim je skušal astrogeodetsko mrežo Slovenije pripraviti za uporabo tehnologije GNSS. Na podlagi kakovostno izmerjenih dolžin in meritev horizontalnih kotov v astrogeodetski mreži Slovenije, ki jih je pridobil iz arhiva Vojnogeografskega inštituta iz Beograda, je določil nove (delovne) geodetske koordinate točk astrogeodetske mreže Slovenije. Na podlagi geodetskih in astronomskih koordinat točk je astrogeodetsko mrežo poskusno absolutno orientiral glede na dogovorjeni terestrični koordinatni sistem CTS (angl. *Conventional Terrestrial Reference System*). Za vsak trikotnik orientirane astrogeodetske mreže bi bilo tako mogoče določiti kote zasukov in merilo glede na CTS, s čimer bi v državni horizontalni koordinatni sistem lahko vključevali tudi relativne koordinate točk, določene z opazovanji GNSS. Tako bi lahko tudi s to, za geodezijo pomembno tehnologijo posamezne koordinate vstopale v državni horizontalni koordinatni sistem brez ustvarjanja dodatnih nepravilnosti.

S poskusno absolutno orientacijo so bili za vse točke astrogeodetske mreže izračunani odkloni navpičnic, ki so bili nato eden od vhodnih podatkov v prvem izračunu modela geoida za območje Slovenije, leta 1993. Ob elipsoidnih višinah, pridobljenih z izmero GNSS, omogoča model geoida določitev nadmorskih višin.

Tehnologija GNSS je v geodezijo začela vstopati ravno ob nastanku samostojne države Slovenije. V obdobju, ki je sledilo, pa je začel čas teči mnogo hitreje in za poglobljeno obravnavo in uporabo v pre-

teklosti zelo premišljenih rešitev ni bilo več časa, pa tudi pravih priložnosti ne. V Sloveniji se je začelo vzpostavljati evropskega referenčnega koordinatnega sistema ETRS89 in državni koordinatni sistem, ki je temeljil na astrogeodetski mreži, se je začel počasi umikati v arhive. Marsikatera dobra rešitev iz preteklosti je tako ostala neizkoriščena.

Pred dvema letoma smo v Sloveniji vzpostavili nov državni koordinatni sistem. S tem se je v stroki marsikaj spremenilo, vendar pa ostajajo rezultati dela Marjana Jenka prisotni v tako rekoč vseh podatkih državne geodetske službe, ki so nastali v drugi polovici prejšnjega stoletja.

Čeprav nam zelo dobrih idej in rešitev profesorja Marjana Jenka ni uspelo v celoti izkoristiti, pa nam bo ostala v spominu njegova velika predanost stroki in nenehna skrb za njen razvoj.

zapisal: prof. dr. Bojan Stopar

za Univerzo v Ljubljani, Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo

IN MEMORIAM MARJAN JENKO



1928–2020

V zadnjih dneh novembra nas je neprijetno presenetila vest, da smo izgubili strokovnega kolega in vzornika, dolgoletnega in aktivnega člana, ki je bil vedno pripravljen sodelovati pri dejavnostih društva, ki je vedno strogo strokovno nastopal pri obravnavi stanovske problematike, poleg tega je znal s toplo prijaznostjo, pa tudi zbadljivo šaljivostjo pokramljati o aktualnih temah, pri izbiri katerih njegova široka razgledanost ni poznala meja.

Strokovno delo in zasluge cenjenega kolega so bile v Geodetskem vestniku predstavljene pred kratkim in so tudi v tej številki, saj je poleg nagrade Inženirske zbornice Slovenije za življenjsko delo na področju geodezije, ki jo je dobil leta 2010, v letu 2019 prejel plaketo Zveze geodetov Slovenije in ob 100-letnici Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani še srebrno plaketo za izreden prispevek k razvoju in prepoznavnosti fakultete ter stroke.

Marjan se je zgodaj navadil sobivati s težavami. Njegova življenjska pot ga je z družino iz rodne Primorske, zaradi fašističnega nasilja, vodila v tuje italijanske kraje, kjer se je šolal do konca druge svetovne vojne. Gimnazijo je dokončal v Postojni in leta 1952 diplomiral na oddelku za geodezijo Tehniške visoke šole v Ljubljani ter se kasneje strokovno izpopolnjeval še na Kraljevi tehniški visoki šoli v Stockholmu na Švedskem. Zaradi iskrivega zanimanja za vsakovrstne podrobnosti lahko rečemo, da se ni nehal izobraževati vse do svojih zadnjih dni. Problemov se je vedno loteval natančno in sistematično, rešitve je iskal z veliko vztrajnostjo, o njegovih sposobnostih pa pričajo že sami rezultati.

Nekateri društveni kolegi smo ga poznali še iz časov skupnega službovanja na nekdanjem Geodetskem zavodu Slovenije. V spominu so nam ostale ostre razprave pa tudi anekdote, ki vedno spremljajo dolgoletna sobivanja. Kot mlada začetnica sem bila dodeljena na oddelek inženirske geodezije, ki ga je vodil takrat še tovariš Marjan Jenko. Čistemu laiku mi je dal nalogo, da izračunam nivelmanski poligon. Podatke je prinesel s terenske izmere predvidene trase za daljnovod. Bilo me je zelo strah, a sem zaradi njegovega skoraj očetovskega in izrazitega pedagoškega čuta delo opravila odlično. Najbolj pa me je presenetilo, ko je lani na našem društvenem druženju beseda nanese na stare čase in se je še dobro spomnil dogodka ter me pred družbo tudi pohvalil in me s tem močno razveselil.

Kot potomca učiteljskega para ga je poleg raziskovalnega že od mladih let privlačilo tudi pedagoško delo. Ne zgolj kot asistent in kasneje predavatelj na že omenjeni stanovski fakulteti v Ljubljani, ko nam je vrsti generacij geodetov približal svet temeljnih mrež, pedagog je ostal in takega se spomnimo tudi v okviru društvenega delovanja, ko nam je ob vrsti aktivnosti spontano, ali pa po predhodnem dogovoru, predaval o geodetskih ali z geodezijo povezanih temah.

Preteklo leto nam je ob 25. obletnici postavitve obeležja na Krimu tako predstavil pomen in ozadje krimskega koordinatnega sistema na govorniškem odru ob sami izhodiščni točki. K postavitvi obeležja je sicer pomembno pripomogel tudi sam z ureditvijo strokovnih podlag, ostal pa je tudi stalni udeleženec tradicionalnih letnih strokovno-rekreativnih prireditvev ob točki. Tam smo ga nekateri srečali tudi letos, na tradicionalno prvo soboto v juniju, pa čeprav nam v društvu zaradi omejitvenih ukrepov ni uspelo organizirati druženja v običajnem obsegu in obliki.

Zadnja leta se je praviloma udeleževal izletov upokojenih članov društva. Tudi sicer se je – kot velik ljubitelj narave, s katero je sobival vse življenje, saj je bil veliko na terenu – redno udeleževal srečanj, ki jih je društvo prirejalo v okviru strokovnih ekskurzij. Tako smo imeli tudi ekskurzijo v Trebnje, kjer smo obiskali razgledno točko z obeležjem, posvečenem 15. poldnevniku. Marjan nam je na tej točki in ob GEOSS-u, geometričnem središču Slovenije, spontano posredoval bogato strokovno razlago. Naneslo je tudi, da je naš najstarejši udeleženec Marjan strokovne ekskurzije po Dolenjski praznoval 90 let. Ob postanku na zajtrku in kavici v vasi Gabrijele smo mu zapeli, zaželeli veliko zdravja in mu izročili simbolno darilce.

Privlačili so ga tudi vsakoletni pohodi po vrhovih jadranskih otokov, kjer je razlage vodičev pogosto dopolnjeval z zanimivimi strokovnimi vložki, praviloma pa bolje poznal dostopne poti, ki si jih je ogledal vnaprej po dosegljivih podatkih s svetovnega spleta, in nas pravilno usmerjal do cilja. Z nami je lani dosegel tudi zadnje osvojeni vrh na otoku Zlarinu in požel spontani aplavz udeležencev.

Nekateri člani smo bili v stikih z Marjanom tudi v začetku jeseni, še nekaj dni pred nenadno smrtjo, ko smo usklajevali vsebino prispevka, ki je objavljen v tokratni številki Geodetskega vestnika. Objave se je močno veselil, žal je ni dočakal.

Spoštovani kolega Marjan ostaja z nami v spominih in v svojih delih.

*Zapísali: Lija in Miloš Šušteršič, Milan Brajnik
za Ljubljansko geodetsko društvo*

MARJANU JENKU V SPOMIN

V sedanjem čudnem času, v dnevih, ki jih poznamo kot drugi val, ko se Slovenci in svet z nami zapiramo v domove, nosimo maske in se družimo veliko manj, kot smo sicer navajeni, smo dobili žalostno sporočilo – zapustil nas je naš strokovni sopotnik in dragi prijatelj Marjan Jenko. Med tistimi, ki jih je imel rad in s katerimi se je rad družil, smo bili tudi mi, starejši geodetski kolegi. Danes že skoraj vsi vemo, kaj je socialni mehurček in kaj to dejansko pomeni. Mi starejši geodeti – seniorji smo tudi imeli svojega, vendar nekoliko bolj odprtega in bolj trajnega. Največkrat smo se srečevali v Retečah v zgodnjih poletnih dnevih, nad šumečo Soro, pri Marjanu Smrekarju. Ta je med drugim svojega kolega in sovrstnika ter prijatelja Marjana Jenka na začetku univerzitetnega šolanja povabil v njihovo družinsko stanovanje v Ljubljani. Naš seniorski geodetski mehurček si je imel kaj povedati tudi o tem in začetkih Jenkovega strokovnega razvoja. In govorili smo še o vsem drugem. Novi geodeti kolegi in prijatelji so prihajali med nas in tudi odhajali. Obnavljali smo spomine in govorili o pomenu ter sodelovanju, o skoraj vsem in posebej v kakšni strokovni zanimivi strokovni zadevi ali izzivom z našim dragim Marjanom.

Ob njegovi 90-letnici smo se tudi srečali, veselo in prijateljsko, in dan posvetili njemu. Veseli smo nad lepim in priskrčnim dejanjem, ko so ga leta 2019 počastili v Zvezi geodetov Slovenije v Novem mestu. Zelo obširno in dobro je opisano Marjanovo življenje in delo v Geodetskem vestniku. Veliko napisanega je v omrežjih in še kje. Zato je ta zapis drugačen, bolj oseben, opisani so samo nekateri izbrani skupni dogodki, trenutki in izzivi ter pomembne naloge.

Zadnje druženje našega mehurčka je bilo ob letošnjem jesenskem enakonočju. Bila je tudi sedaj reka, a ne več Sora. Albert nas je povabil k Ljubljanici, vsi nismo prišli, razlogi za nenujno in družbeno nepotrebno druženje so bili v tem času znani in zelo glasno povedani. Marjan pa je bil vseeno z nami, voščili smo mu za 92. leto in se spet poglobili v razkošje in težave naše stroke in njenega položaja ter skušali na novo pojasniti dogajanja v svetu in doma. Seveda smo govorili tudi o svojih dragih družinah in vnukih. Spet smo obnavljali nekaj izbranih, za nas pomembnih dogodkov. In ko imaš rojstni dan in dolgo plodno življenjsko in druge izkušnje, si seveda tudi bolj v središču, kot je to običaj. Iz dolgotrajnih druženj in prijateljstva obnavljam nekaj misli.

Kot asistent na geodetskem oddelku Fakultete za arhitekturo gradbeništvo in geodezijo v petdesetih letih prejšnjega stoletja je pokrival vse geodezije, med njimi nižjo in višjo ter še nekaj drugih zadev. Vpisanih nas ni bilo veliko. Tedanja gospodarska kriza je globoko prizadela predvsem stroko in izvajalce geodetskih storitev. Imeli smo logaritmična računalna, logaritemske tablice, velika preračunavanja in tudi nekaj mehaničnih strojev. Ti so imeli tudi ime – »Zagreb« smo jim rekli – in ogromno mehničnega preračunavanja za tedaj majhne geodetske probleme in naloge. Marjan je bil deset let starejši od nas, bil je zelo potrpežljiv z nami, miren in didaktično odličen. Spoznali smo njegov značaj: bil je skromen,

skoraj asket, delaven, miren, empatičen ter strokovno izredno dober in dosleden. In tak je ostal vse svoje življenje. Kasneje smo se srečali na Geodetskem zavodu SRS. Bili so časi velikega skoka in razvoja geodetske stroke, direktor Belec je zbiral strokovnjake, in povabil je tudi Marjana. Kupili smo za tiste čase najnovejšo opremo, dobili smo svoj inštitut in dovolj dobro zastavljenih aplikativnih raziskav. Marjan je bil seveda vključen, spet potrpežljiv razvijalec in sodelavec. Dobil je pravi mini računalnik in vesel je bil njegovih tehničnih sposobnosti. Danes bi se temu tehničnemu čudežu smejali, pa vendar so nastale prve računalniško tiskane tematske karte za tedanji Biro za prostorsko planiranje in druge uporabnike.

Med drugim je pomagal pri dveh razvojnih projektih za promocijo geodezije kot stroke in službe. Dogovorili smo se, da se določi geografsko središče Slovenije – tudi nekateri drugi so ga imeli – tedanja Jugoslavija nekje blizu Sarajeva. V Mainzu v Nemčiji smo videli v mestnem pločniku vgrajen bakren cel vzporednik – 50 stopinj severne širine. Podobno obeležje vidimo še danes na pločniku v Zemljemerski ulici, sedaj je tam geodetska uprava. Kako je prišlo do tega in kdo je to izračunal? Naš Marjan.

Tu je treba izpostaviti odlično sodelovanje s Petrom Svetikom in drugimi. Ko so statistiki prenesli svoj register teritorialnih enot geodetom, je Peter s sodelavci izračunal površine teh enot za vso državo. Marjan jih je uporabil za določanje geografskega položaja našega Geossa. Ta spomenik je ostal priljubljen in obiskan. Stranski, a ne nepomemben učinek tega dela, javnosti manj znan, je bil naslednji korak: statistiki so iz tega prevzeli novo dokončno površino in nekoliko višjo vrednost površine Slovenije, ki se do danes, tudi po osamosvojitvi, ni več bistveno spremenila.

Še o našem druženju: prijateljevali in sodelovali smo ves ta čas, lepo je bilo tudi, ko smo se srečevali z Marjanom in njegovo Tatjano, Petrom in Štefko ter drugimi kolegi tudi na letnih srečanjih na središču Slovenije in na naših drugih druženjih.

Ko smo vsi, ki smo imeli Marjana radi, povedali toliko dobrega o dragem njem, je danes pomembna naša skupna zaveza, da bo med nami dolgo živel spomin na našega prijatelja, na njegovo življenje in delo, na njegov značaj, strokovno znanje, doslednost, skromnost in empatičnost.

Med nami je živel svoje dolgo plodno in skromno življenje Človek, ki ni imel sovražnih misli in dejanj in zato tudi ne sovražnikov. Takega se bomo vsi še dolgo spominjali.

NAGOVOR OB SLAVNOSTNI PODELITVI DIPLOM UL FGG FEBRUARJA 2020 V LJUBLJANI

Joc Triglav

Spoštovane diplomantke in diplomanti/magistrantke in magistranti, spoštovani dekan, spoštovani mentorji in učitelji, cenjeni gostje!

Dovolite mi, naš mladi rod, da vas ob vašem zaključku študija z nekaj besedami pospremim na začetke vaših nadaljnjih poti.

Na teh poteh bo na vaše poklicno delo močno vplivalo dejstvo, da je slovenska geodetska služba lani po skoraj stoletju prešla na nov državni geodetski referenčni sistem. Delo v novem sistemu zahteva od vseh upravljavcev prostorskih podatkov nova znanja in pristope. Drznem si reči, da smo prav geodeti tisti, ki znamo razumeti prednosti in pasti prehoda v novi sistem, čeprav nismo imuni pred tem, da bi si kdaj pogledali skozi prste. Poleg tega so v teku projekti, s katerimi bomo pospešili in izboljšali procese na področjih urejanja prostora, graditve objektov in upravljanja nepremičnin. V letošnjem in naslednjem letu bomo v Sloveniji izvedli popolno informacijsko prenovu nepremičninskih evidenc in programske opreme za njihovo upravljanje. Zato v Sloveniji prav na tem področju v svojih vrstah nujno potrebujemo in pričakujemo vas in vaša trdna temeljna znanja, ki ste jih s pomočjo vaših učiteljev pridobili v letih študija. To velja še dodatno ob dejstvu, da se nas bo v prvi polovici tega desetletja upokojilo veliko število geodetov in geodetek iz baby boom generacije. Ste torej pravi ljudje, s pravimi znanji, na pravem kraju in ob pravem času.

Za to menjavo generacij boste kot mladi rod znali uporabiti silovit tehnološki napredek na področjih geodezije, geoinformatike in daljinskega zaznavanja ter vseprisotnost uporabe globalnih navigacijskih satelitskih sistemov in različnih senzorskih sistemov. Vse to do neslutnih razsežnosti širi naše zmožnosti dojemanja, merjenja in predstavljanja fizičnega prostora, kjer se realni in virtualni svet prepletata v en sam združen geoprostor od podzemeljskih globin do globin vesolja, od širjav naravnega in grajenega okolja do najmanjših detajlov v zunanosti in notranosti stavb. In prav vaša pridobljena znanja vam bodo omogočila, da se boste v tem združenem geoprostoru počutili kot doma.

Kot ste uvodoma slišali, je moj domači geoprostor Prekmurje. To je dežela dobrih ljudi, imamo pa tudi najboljši zemljiški kataster v državi. Ni nastal sam od sebe, ampak skozi dolga desetletja v stotinah projektov novih izmer in komasacij z delom številnih generacij geodetov in geodetek iz vse Slovenije ter s skrbnim nadaljnjim vzdrževanjem. Velja upoštevati dejstvo, da v katastru ni dobrih instant in poceni rešitev. Ko pa si včasih domišljamo, da te obstajajo, se skozi čas prepogosto izkažejo kot najdražje.

Omenil sem že komasacije. Samo na območju geodetske pisarne Murska Sobota smo v zadnjih štiridesetih letih s komasacijami preuredili geoprostor in ga vsestransko pometli na več kot 17.000 hektarjih! Stranski proizvod komasacij, a ne nepomemben, je matematično krasen in položajno točen kataster. Potenciali

in pozitivni učinki komasacij, tako pri kmetijskih kot stavbnih zemljiščih, pa so v Sloveniji žal še vedno skorajda povsem neizkoriščeni. Ena od vaših pomembnih poklicnih nalog naj bo, da pomagate spremeniti to nerazumno prakso. Komasacij se torej v svoji poklicni praksi ne izogibajte, temveč se vztrajno borite zanje. Geodeti namreč v komasacijah s svetovanjem, načrtovanjem in izvajanjem geodetskih del stalno strokovno rastemo, še bolj pomembno pa je, da s tem pomagamo ljudem in celovitemu razvoju podeželja. Znanja, ki ste jih pridobili med študijem, so kot naročena za to! Uporabite jih in jih stalno nadgrajujte!

Spoznali boste namreč, da se vaše učenje z diplomom ni zaključilo, ampak se je šele prav začelo. Nikoli se ne nehajte učiti in prenašati pridobljenih znanj v prakso. Mislite s svojo glavo. Naučite se jadrati v smeri svojih jasnih strokovnih ciljev, tudi ob občasnih močnih nasprotnih vetrovih. Svoje ideje, postopke ali rezultate zapišite in objavite, tako se znanje širi med ljudi in oplaja. Pri svojem delu bodite skrbni, bodite ne samo natančni, temveč tudi točni. Spoštujte različnost ljudi okrog sebe ter skupaj z njimi razvijajte svoje potencialne v skupne uspešne zgodbe. Srčnost naj bo vaša temeljna življenjska odlika, strokovna etika naj bo stalna smer na vašem poklicnem kompasu. Tako boste lahko ob koncu dneva vedno mirno zaspali, v življenju in poklicu pa lažje dali od sebe vse najboljše, kar premorete!

Še nekaj besed vašim učiteljem. Trenutek največjega ponosa je za dobrega učitelja takrat, ko dočaka, da ga njegov učenec preseže v znanju in dosežkih. Takrat je temeljno poslanstvo učitelja izpolnjeno. Spoštovani učitelji, ostanite tudi po zaključku študija v stiku s svojimi učenci, spremljajte njihove dosežke, in vaši izpolnjeni trenutki ponosa se bodo vrstili en za drugim!

Zaključno misel si bom sposodil pri ilustratorici prekrasnih otroških slikanic Jelki Reichman. Pred dnevi je ob svojem visokem življenjskem jubileju povedala, da je za njo sreča v življenju to, če lahko delaš, kar znaš in imaš rad. Iz lastnih izkušenj vam lahko potrdim, da je to res. Tovrstne sreče s sadovi vašega dela in znanja želim tudi vsem vam.

In še zadnja modrost za popotnico v življenje, ki mi jo je pred desetletji zaupal takratni vodilni evropski geodet ob obisku v Murski Soboti: »Za uspeh vsakega projekta so potrebni ljudje, čas in denar. V tem vrstnem redu!« Sam to modrost vedno upoštevam, zdaj jo predajam naprej tudi v vaše roke!

Moj poklon ob vašem zaključku študija in srečno vsem na vaših novih življenjskih poteh!

DIPLOME IN MAGISTERIJI NA ODDELKU ZA GEODEZIJO UL FGG

OD 1. 8. 2020 DO 30. 10. 2020

MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM DRUGE STOPNJE GEODEZIJA IN GEOINFORMATIKA

Robert Brglez	Višinska referenčna ploskev (SLO_VRP2016/Koper) na območju Ljubljane
Mentor:	doc. dr. Miran Kuhar
Somentor:	doc. dr. Božo Koler
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=120604
Lidija Dugon	Uporaba fotogrametričnih podatkov za odkrivanje in spremljanje deponij
Mentor:	doc. dr. Dejan Grigillo
Somentorja:	asist. dr. Klemen Kozmus Trajkovski, asist. dr. Tilen Urbančič
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=121555
Tine Hren	Določitev položaja cerkvenega zvonika v D96/TM z uporabo terestričnega laserskega skeniranja
Mentor:	doc. dr. Aleš Marjetič
Somentor:	asist. dr. Klemen Kregar
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=118186
Neža Ema Komel	Nadgradnja obstoječih algoritmov za tvorjenje plastnic topografskih kart kraškega površja
Mentor:	doc. dr. Dušan Petrovič
Somentor:	asist. dr. Klemen Kozmus Trajkovski
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=119877
Nina Kranjec	Preučevanje gozdnih sestojev in posameznih drevesnih vrst iz normalizirane intenzitete laserskih točk
Mentorica:	doc. dr. Mihaela Triglav Čekada
Somentor:	doc. dr. Milan Kobal
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=120607
Miha Pajnič	Izmera soteske Mlačca in določitev debeline ledene stene z laserskim skeniranjem
Mentorica:	doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren
Somentor:	izr. prof. Tomaž Ambrožič
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=120608

Petra Podržaj	3D lasersko skeniranje Županove jame
Mentor:	doc. dr. Aleš Marjetič
Somentor:	asist. dr. Klemen Kregar
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=118185
Nina Stajnko	Izdelava oblaka točk cerkve sv. Janeza Krstnika v Bohinju
Mentor:	izr. prof. dr. Tomaž Ambrožič
Somentorja:	doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren, doc. dr. Aleš Marjetič
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=120609
Klemen Stoporko	Analiza prečnih profilov na reki Dravi iz podatkov, pridobljenih z različnimi metodami izmere
Mentor:	doc. dr. Božo Koler
Somentorja:	asist. dr. Tilen Urbančič, mag. Aljaž Lesjak
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=119870
Simon Šanca	Samodejna klasifikacija stavb z globokim učenjem
Mentor:	prof. dr. Krištof Oštir
Somentor:	Alen Mangafič
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=120610
Helena Žužel	Katastrski postopek razdružitve solastnine in skupne lastnine agrarne skupnosti
Mentor:	doc. dr. Marjan Čeh
Somentor:	Simon Mansutti
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=120611

MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM DRUGE STOPNJE PROSTORSKO NAČRTOVANJE

Anja Judež	Predlog postopka izdelave ureditvenega območja podeželskih naselij
Mentorica:	doc. dr. Alma Zavodnik Lamovšek
Somentorja:	viš. pred. dr. Mojca Foški, mag. Tomaž Černe
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=121705
Špela Osolin	Varstvo naselbinske dediščine v Sloveniji – primer Črna vas, Ljubljana
Mentorica:	izr. prof. dr. Sonja Iľko
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=121556
Špela Zorko	Vpliv urbanih zelenih površin na vrednost stanovanj
Mentorica:	izr. prof. dr. Andreja Cirman
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=119876

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE STOPNJE GEODEZIJA IN GEOINFORMATIKA

Lucija Bastarda	Analiza kakovosti zakoličevanja z uporabo GNSS
Mentor:	prof. dr. Bojan Stopar
Somentor:	doc. dr. Oskar Sterle
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=120750
Matija Gerčer	Predlog uporabniškega vmesnika za kataster GJI v okolju QGIS
Mentorica:	izr. prof. dr. Anka Lisec
Somentor:	doc. dr. Matevž Dolenc
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=118123
Tanja Grabrijan	Izmera in izračun geodetske mreže Potoška planina
Mentor:	doc. dr. Aleš Marjetič
Somentor:	asist. dr. Klemen Kregar
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=119484
David Hovnik	Analiza pomena atmosferskih popravkov satelitskih posnetkov
Mentor:	prof. dr. Krištof Oštir
Somentor:	asist. Matej Račič
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=120347
Ena Kovič	Analiza izbranih katastrskih postopkov izravnave meje
Mentorica:	izr. prof. dr. Anka Lisec
Somentor:	asist. mag. Peter Golob
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=119873
Matjaž Krebs	Izboljševanje ločljivosti podatkov Sentinel-2
Mentor:	prof. dr. Krištof Oštir
Somentor:	doc. dr. Žiga Kokalj
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=120748
Gaja Medved	Izdelava taktilne karte izbranega območja v Litvi
Mentor:	doc. dr. Dušan Petrovič
Somentor:	mag. Jani Demšar
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=119764

Anja Novak	Projekt karte za tekmovanja v planinski orientaciji
Mentor:	doc. dr. Dušan Petrovič
Somentor:	Mitja Domajnko
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=118226
Paulo Šolič	Izračun trase veslaške proge med Debelim Rtičem in Ankaranom
Mentorica:	doc. dr. Polona Pavlovčič Prešeren
Somentor:	izr. prof. Tomaž Ambrožič
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=120603
Blaž Šušteršič	Projekt izdelave karte dostopov na Martuljske gore
Mentor:	doc. dr. Dušan Petrovič
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=120344

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE STOPNJE TEHNIČNO UPRAVLJANJE NEPREMIČNIN

Kristina Cerar	Opazovanje mestnega toplotnega otoka
Mentor:	prof. dr. Krištof Oštir
Somentor:	doc. dr. Žiga Kokalj
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=120606
Luka Janežič	Izmera geodetske mreže za izračun premikov točk plazu Obešnik
Mentor:	doc. dr. Aleš Marjetič
Somentor:	asist. dr. Tilen Urbančič
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=120127
Anja Purnat	Analiza izbranih katastrskih postopkov – posebni primeri
Mentorica:	izr. prof. dr. Anka Lisec
Somentor:	asist. mag. Peter Golob
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=120130
David Sevšek	Opazovanje koncentracij plinov v ozračju s satelitom Sentinel-5P
Mentor:	prof. dr. Krištof Oštir
Somentorica:	asist. Ana Potočnik Buhvald
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=120605

Vir: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo UL FGG
Za študijski referat: Teja Japelj

GEODETSKI DAN 48

ORGANIZACIJO SO PODPRLI SPONZORJI



GEODETSKA DRUŽBA

GENERALNI



ZLATI



SREBRNI



BRONASTI



SPONZOR



■ Authorized **Leica Geosystems** Distributor

1993 - 2018



30 let

40 mio parcel v produkciji

4 države

30 years

40 mil cadastral parcels in production

4 countries

Upravljam o s prostorom SKUPAJ

Let's manage e-spatially TOGETHER

Srečno 2021!

www.igea.si

Univerza v Ljubljani Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

Študij na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo v Ljubljani je novim generacijam študentov odlično zagotovilo, da bodo svoje poklicne cilje uresničili z opravljanjem zanimivega dela. Izberi si enega od poklicev prihodnosti.

"Na FGG sem študiral geodezijo. Po diplomi smo trije kolegi ustanovili podjetje Modri planet. Navdušeno smo kupili brezpilotno plovilo in pričeli z razvojem programa 3Dsurvey – programa, ki omogoča, da iz neurejenih aerofotografij izdelamo natančne 3D prostorske podatke. Na začetku naša pot ni bila lahka, nam je bilo pa v veliko pomoč znanje, ki smo ga pridobili na FGG. Danes nam gre super. Po celem svetu smo prodali že več kot 800 kopij programa 3Dsurvey. Študijska leta pa imam v najlepšem spominu."

Vid Peterman



"Upam si trditi, da je študij geodezije in geoinformatike na naši fakulteti zelo dobra odskočna deska na trg dela. Omogoča namreč pridobivanje vseh pomembnih znanj, potrebnih za oblikovanje uspešnega in samozavestnega inženirja. Študenti in profesorji ti na tej poti pomagajo z veliko mero pozitivne energije. Izbira študija na tej fakulteti je sigurno ena izmed mojih najboljših odločitev."

Polona Zorinič

Vabljeni na **virtualni sejem Informativa**, ki bo v petek, 22. in v soboto, 23. januarja, kjer bomo predstavili poklic inženirja geodezije in geoinformatike.

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo





Vesele praznike
in srečno novo leto 2021

Merry Christmas
and a Happy New Year 2021



GEODETSKI INŠTITUT SLOVENIJE

Geodetski inštitut Slovenije, Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana

tel.: 01 200 29 00, e-pošta: info@gis.si

medmrežje: www.gis.si

Naj pot vas vodi na
sever, jug, vzhod ali zahod -
v vseh smereh naj
sreča spremlja vas povsod!



ustvarjalno
modro
veselo
SREČNO 2021
zadovoljno
prijateljsko
uspešno
geodetsko
nepozabno
čudovito
nasmejano



Dragi člani,
ob zaključku leta polnega nenadnih sprememb,
ovir in neprijetnih dogodkov, vam vsem želimo
vesele praznike, zdravja in obilo stanovskega
druženja v prihajajočem 2021.

Zahvaljujemo se vam za izraze podpore in
podane pobude, kot tudi za takojšen odziv
ob naših sicer redkih in hitro pripravljenih
aktivnostih v minulem obdobju. Težko
čakamo in takoj ko bo možno, se zopet
srečamo. Ostanite z nami in spremljajte
objave društva – skupaj smo močnejši!

Za Izvršni odbor Ljubljanskega geodetskega društva
Milan Brajnik, predsednik
www.lgd.si



NAJ V LETU 2021 VSE OVIRE POSTANEJO PREMESTLJIVE,
VSE KAR JE BILO PREDALEČ NAJ POSTANE DOSEGLJIVO,
KAR JE BILO NEURESNIČENO NAJ SE URESNIČI,
ČESAR NISMO IMELI PA NAJ OSTANE V DUHU UPANJA,
VZTRAJNOSTI IN POGUMA!

VSE DOBRO VAM ŽELI
DRUŠTVO GEODETOV GORENJSKE





DRUŠTVO GEODETOV



SEVEROVZHODNE SLOVENIJE

*Življenje je potovanje, za katerega nihče ne dobi zemljevida.
Vsakdo potuje po svoje in si sproti riše zemljevid.
Vsaka risba je nov smerokaz za vse, ki hodimo po čudovitih
poteh življenja.*

Leto 2021 naj bo pot dobre volje, ljubezni in zdravja.

Srečen Božič in Novo leto 2021!



**Želimo vam vesele praznike in vse dobro
v prihajajočem letu
Primorsko geodetsko društvo**

*Vsak dan, čisto vsak,
si vzemi 15 minut časa samo zase.
Ko pa pride dan, ko res ni časa,
si vzemi 1 uro!*

Vse dobro v 2021

Fotografija / Boštjan Pucelj



**DOLENJSKO
GEODETSKO
DRUŠTVO**

BOŽIČNO NOVOLETNO VOŠČILO

Novo leto je tu!

Čas, ko se želje po sreči in zdravju selijo iz srca v srce.

V teh časih vam še toliko bolj kot sicer želimo veliko zdravja ...
... in da sreča najde prostor v vaših srcih.



Društvo študentov Geodezije Slovenije



*Za nami je naporno leto,
nabrali smo nove izkušnje ter
iz njega izstopamo močnejši.*

*Naj bo leto 2021 predvsem
zdravo, mirno, srečno in uspešno.*

Zveza geodetov Slovenije



G E O D E T S K I

2020 V E S T N I K

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.

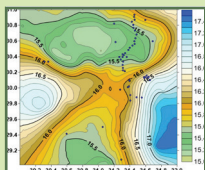
Geodetski vestnik is an open access journal, issued quarterly in print and online versions. It publishes double-blind peer-reviewed academic and professional articles, reviews, discussions, and related works from the fields of geodesy, land surveying, remote sensing, photogrammetry, geoinformatics, spatial 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.

GEODETSKI VESTNIK

ISSN 0351-0271 | EISSN 1581-1328 |

| letn./Vol. 64 | št./No. 4 | str./pp. 457–698 | |



RECENZIRANI ČLANKI | PEER-REVIEWED ARTICLES

Mihaela Triglav Čekada, Marjan Jenko

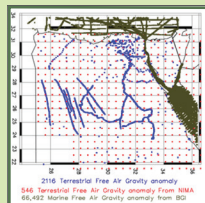
NAČINI STABILIZACIJE TRIGONOMETRIČNIH TOČKI SKOZI ČAS V SLOVENIJI
TYPES OF TRIGONOMETRIC POINTS IN SLOVENIA

Mojca Kosmatin Fras, Urška Drešček, Anka Lisec, Dejan Grigillo

ANALIZA VPLIVOV NA KAKOVOST IZDELKOV UAV FOTOGRAMetriJE
ANALYSIS OF THE IMPACTS ON THE QUALITY OF UAV PHOTOGRAMMETRIC PRODUCTS

Marjan Čeh, Helena Žužel, Simon Mansutti

RAZDELITEV NEPREMIČNIN AGRARNIH SKUPNOSTI: MNOŽIČNA KATASTRSKA
PREUREDITEV V UPRAVLJANJU ZEMLJIŠČ V SLOVENIJI
SUBDIVISION OF JOINT TENURE IN AGRICULTURAL COMMUNITIES: CUSTOMARY
LAND RIGHTS MANAGEMENT IN SLOVENIA



Zoran Kokeza, Miroslav Vujanovič, Miro Govedarica, Brankica Milojević, Gordana Jakovljević

SAMODEJNO ZAJEMANJE ODTISOV STAVB IZ UAV PODOB Z UPORABO NEVRONSKIH MREŽ
AUTOMATIC BUILDING FOOTPRINT EXTRACTION FROM UAV IMAGES USING NEURAL NETWORKS



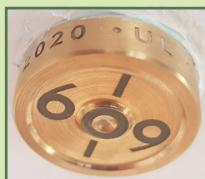
Shaoqi Gong, Wenqin Chen, Cunjie Zhang, Ping Wu, Jing Han

PRIMERJAVA VSEBNOSTI VODNE PARE V STOLPCU ZRAKA NA PODLAGI
RADIOSONDAŽE TER OPAZOVANJ GPS IN FOTOMETRA
INTERCOMPARISONS OF PRECIPITABLE WATER VAPOUR DERIVED FROM
RADIOSONDE, GPS AND SUNPHOTOMETER OBSERVATIONS



Moamen Awad Habib Gad, Oleg Odalović, Sofija Naod

MOŽNOST DOLOČITVE VISOKO NATANČNEGA GEOIDA ZA OZEMLJE EGIPTA
POSSIBILITY TO DETERMINE HIGHLY PRECISE GEOID FOR EGYPT TERRITORY



ISSN 0351-0271



Dostopno na | available at: <http://www.geodetski-vestnik.com>