GEODETSKI VESTNIK

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

Letnik 69, št. 4, str. 447–676, Ljubljana, december 2025. Izidejo štiri številke na leto.
Naklada te številke: 850 izvodov.
Prosto dostopno na spletnem naslovu: http://www.geodetski-vestnik.com.

Vol. 69, No. 4, pp. 447–676, Ljubljana, Slovenia, December 2025. Issued four times a year.
Circulation: 850 copies.
Free on-line access at http://www.geodetski-vestnik.com.

IF JCR (2023): 0,4

IF SNIP (2023): 0,478

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

Social Sciences Citation Index (SSCI)
Social Scisearch (SSS) in
Journal Citation Reports/Social Sciences Edition (JCR/SSE)

Geodetski vestnik je indeksiran in povzet tudi v bibliografskih zbirkah:

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

Geodetski vestnik is an open access journal.
The reviewed papers are indexed and abstracted in:

Social Sciences Citation Index (SSCI)
Social Scisearch (SSS) and
Journal Citation Reports/ Social Sciences Edition (JCR/SSE)

Indexed and abstracted is also in those bibliographic data bases:

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

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

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

Geodetski vestnik is partly subsidized by the Slovenian Research Agency.

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

IZDAJATELJ

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

IZDAJATELJSKI SVET

mag. Toni Levičnik, *predsednik Zveze geodetov Slovenije*
dr. Dušan Petrovič, *glavni urednik*
dr. Miran Kuhar, *odgovorni urednik*
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*

LEKTORIRANJE

Manica Baša

UREJANJE SPLETNIH STRANI

dr. Robert Klinc

TISK

SIMPRO d.o.o., Brezovica

DISTRIBUCIJA

mag. Janez Goršič, e-naslov: *distribucija@geodetski-vestnik.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

Toni Levičnik M.Sc., *president of the Association of Surveyors of Slovenia*
Dušan Petrovič, Ph.D., *editor-in-chief*
Miran Kuhar, Ph.D., *executive editor*
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*

SLOVENE PROOFREADING

Manica Baša

WEB SITE ADMINISTRATION

Robert Klinc, Ph.D.

PRINT

SIMPRO d.o.o., Brezovica

DISTRIBUTION

Janez Goršič, M.Sc., e-mail: *distribucija@geodetski-vestnik.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

RECENZIRANI ČLANKI | PEER-REVIEWED ARTICLES

Slika na naslovnici:

Utrinki z 53. Geodetskega dne in Slavnostne akademije, Terme Čatež, 15.-16. 10. 2025.

Ogledalo The mirror

Milan Brajnik

direktor Geodetskega inštituta Slovenije | Director of the Geodetic Institute of Slovenia

V uvodniku letošnje pomladne številke je kolega glavni urednik dr. Petrovič naslovil pomladitve v strokovnem okolju. V izteku leta, ko se že po tradiciji oziramo nazaj in delamo ocene minulega obdobja, pa je meni pripadla čast uvodničarja zadnje letošnje številke, in to prav v pozni jeseni moje poklicne poti.

Po teh nekaj aktivnih desetletjih še ne bom razmišljal o staranju, tudi ne bom pisal o velikih spremembah v strokovnem okolju, čeprav bi, po teoriji vse hitrejše rasti znanja in tehnološkega razvoja, o tem verjetno lahko zapisal več, kot so v primerljivem obdobju kolegi predhodnih generacij. Pa to nikakor ni mišljeno slabšalno, naše strokovne predhodnike globoko spoštujem in njihovi dosežki so bili v tedanjih razmerah za delo včasih prav neverjetni. O intenzivnem strokovnem razvoju pričajo že prispevki v Geodetskem vestniku ter predstavitve na letnih Geodetskih dnevih, in tako naj tudi ostane.

Na našem pravkar izvedenem letnem strokovnem druženju mi je misli zaposlila druga pomembna, pa čeprav nikakor nova tema – morda kar nekoliko premalo polemična predstavitev z naslovom Ekonomski vidiki geodetskih storitev. Posredovane misli, podane iztočnice in navedeni podatki, ki jih sicer že vrsto let spremljam tudi sam, bi terjali poglobljeno razpravo. Upam, da je predstavitev pritegnila pozornost tudi drugih prisotnih kolegov geodetov. Prav bi bilo, da se z javno objavo iztočnice in podatki posredujejo širše, da jih ponotranjijo predvsem tisti, ki so jim res namenjeni. Tisti, ki nam močno krojijo v prispevku izpostavljeno slabo podobo stroke v družbi.

Vtis, pravzaprav posebej prvi vtis, je izjemno pomembna »dobrina«, ki se je geodeti premalo zavedamo. Še več, uglajen nastop celo pogosto javno zavračamo kot »nepotreben arhaizem«, ostalino preteklih časov, snobizem! Ali je to res, naj se vpraša vsak od nas v svojem odnosu do okolice. Ali staro reklo »Obleka naredi človeka.« res ne velja več? Ali res ne ravnamo in sprejemamo množice vsakodnevnih odločitev na podlagi ustvarjenih vtisov, hitrih splošnih ocen? Ali se v prometu ne umaknemo (pa čeprav godrnjaje) hitreje bahavim nemškim »ledvičkam« kot pa manj cenjenim francoskim »strešicam«? Priznajmo si, da se prvih vtisov, ki pogosto postanejo globoki predsodki, težko znebimo. Popravimo torej prvi vtis o geodetih skupaj. Vsak od nas mora prispevati svoj delež!

Če je v polpretekli zgodovini podoba geodeta, »gospoda žolnirja«, močno bleščala, mu je nadaljnji razvoj prinesel bolj kislo mesto v družbi. Hiter tehnološki preskok, ki je prispeval tudi k poenostavitvi opazovanja in določitve lokacije v vse manjšem svetu, je pomembnost geodetskega strokovnjaka močno

zatresel. A tudi odprl nova obzorja, omogočil izvedbo zanimivih nalog, pred geodeta postavil zahtevne izzive, s katerimi se prej v domačem okolju ni srečeval. V našo stroko se je hitro razširila nekakšna dvopolnost. Uspešno izvajamo zahtevne naloge, predstavljamo inovativne rešitve, opazne v samem svetovnem strokovnem vrhu, in s tem prestavljamo mejnike dejavnosti. Po drugi strani pa cepetamo na mestu in žanjemo neprestane očitke okolice pri izvedbi tradicionalnih nalog na področju zagotavljanja podatkov o temeljni človekovi pravici, pravici do (nepremične) osebne lastnine.

Opisano težavo smo zaznali že pred desetletji in med poglavitnimi akterji, tako imenovanimi »stebri« strokovne dejavnosti, zastavili izboljšavo podobe in dvig strokovne usposobljenosti geodetskih strokovnjakov v državi. Brez poudarjanja zaslug posameznikov lahko ugotovimo, da so se programi izobraževanja geodetskih strokovnjakov izdatno posodobili, in tudi periodično usposabljanje je postalo samoumevna stalnica v stroki. Geodetski inženirji, šolani v Sloveniji, so iskani in se hitro uveljavijo ter zasedajo vodilna mesta tudi v tujini. Število doktorjev znanosti s področja geodezije je, glede na ne tako davne čase, prav neverjetno naraslo. Tudi stanovsko revijo Geodetski vestnik nam je uspelo iz pretežno društvenega glasila lokalnega pomena povzdigniti na raven močno razširjene, v svetu priznane strokovne revije. Posebej velja poudariti še eno izjemno mednarodno priznanje domači stroki, saj kar več slovenskih kolegov zaseda vodilna mesta v organih stanovskih organizacij na evropski in svetovni ravni. S tem in tudi z organizacijo slavnostne akademije ob 50-letnici izdajanja Geodetskega vestnika in medaljo za zasluge, ki jo je Zvezi geodetov Slovenije podelil predsednik republike, smo dokazali, da se geodeti dobro znajdemo in vrtimo tudi na pološčenem parketu, v slavnostnih oblekah!

Žal je ta intenzivni tok vzpona izrazito zavrla zadnja pandemija, katere kvarne posledice za družbo so opazne vsepovsod. Nenadoma je prav vse postalo težje, skoraj nemogoče. Splošne vrednote in z njimi tudi delovne navade so se spremenile, poslabšali so se medčloveški odnosi. Moti me, da v jutranjih radijskih oddajah iz tedna v teden poslušam: »Groza, zopet je tu ponedeljek …« in proti koncu tedna: »Hvala bogu, da je petek …«, delo menda ni več vrednota, pa je res trpljenje!? Nikar si ne dovolimo tega – v stroki je treba streti še veliko trdih orehov, obilo je zanimivih izzivov za radovedne posameznike in ne nazadnje, geodezija je tista, ki nam reže kruh! Zavedajmo se, da moramo kot posamezniki stroki pomagati, jo graditi in s tem tudi vračati od nje prejeto.

Mi pa zopet ugotavljamo, da imamo slabo podobo v javnosti. Da stroka ni visoko cenjena, je boleča resnica! Pa se zavedamo, da to lahko spremenimo zgolj mi sami in nihče drug!? Da moramo v stroki pravzaprav najprej pozorno pogledati v ogledalo in prenehati z odvračanjem pogleda!?

Prepogosto sem ob svojem delu žal seznanjen oziroma se srečujem tudi s prav neverjetno slabimi gradivi stanovskih kolegov in prav sram me je, ko vsebina in oblikovanje na primer preprostega vabila strankam, kaj šele končnega elaborata geodetske storitve, nista primerni oziroma nista »na nivoju« podobe, za katero vzdihujemo. Ko pa takšen pisni stik s stranko, poleg sramotno polomljene slovenščine (kolega se je nekoč drastično izrazil kar z »retardirano«), površne ali celo napačne izvedbe spremlja še »pomečkan« osebni nastop, neurejenost, morda sprejem stranke v copatih ali kratkih športnih hlačah, podoba »gospoda žolnirja« kljub vsemu nakopičenemu strokovnemu znanju hitro izpuhti!

Seveda tudi z lastnimi izdelki nisem vedno zadovoljen, vsakomur kdaj zdrsne, se mu kaj ponesreči, ne opravi naloge z odliko, a to je razumljivo, popravljivo in nikakor ni primerljivo z omenjenimi slabimi

gradivi. Kar nekaj resnih razočaranj bi lahko naštel v stroki, a naj bosta dovolj dve najbolj izstopajoči izkušnji. Če bodo akterji morda prebrali prispevek in se prepoznali, upam, da vsaj ponovno zardijo. Osebno me je bilo najbolj sram, ko me je mladi kolega s pravkar doseženo najvišjo stopnjo akademske izobrazbe v zvezi s takšnim neprimernim gradivom vprašal: »Kaj bomo storili s tem zmazkom?« Pri tem je dobro vedel, da gre za elaborat kolega z enako stopnjo akademske izobrazbe, ki sem ga osebno priporočil kot enega najbolj kompetentnih za izvedbo strokovno zahtevnejše naloge. Že splošni pregled elaborata bi celo nestrokovnjaku vzbudil dvom o kakovosti izdelka kot celote, dotični avtor tega žal ni sprevidel niti po seznanitvi z nepravilnostmi.

Kljub takšni izvedbi se tudi ta kolega vztrajno pritožuje nad nizkimi urnimi postavkami in splošno podcenjenostjo stroke ter ob tem našo zunanjo kontrolo, brez sramu, dolži »dlakocepstva« – je to pravi vzor in popotnica novim rodovom geodetov? Če je, me je dvakrat sram!

Nadaljujem še z največjim razočaranjem, ki sem ga doživel glede tedaj in še vedno dobro stoječega geodetskega podjetja – v želji po čim večjem dobičku so, po odločitvi tedanjega vodstva, namerno potvorili rezultate oziroma popravili slab izdelek! Šarlatanstvo je zopet razkrila dobra zunanja kontrola in dobiček je »kazensko« sicer izpuhtel v ponovitvi del, a zavedanje o nepričakovano nizki poslovni in strokovni etiki mi je pustilo res zelo grenak priokus.

Takšne podobe v ogledalu ne želim gledati, ne želim biti del takšne podobe! Prav vsi si moramo letvico strokovne odličnosti postaviti višje in pri tem vztrajati, če želimo spet izboljšati strokovno podobo in povečati svoj vpliv (in ceno) v družbi. Pri tem si ne moremo dovoliti nikakršnih odklonov in ker v vseh okoljih obstajajo tudi »umazani« igralci, ostajam zagovornik doslednega zunanjega nadzora. Pridružujem se pobudi za vzpostavitev sistemske zunanje kontrole kakovosti izvedbe geodetskih storitev in dosledno sankcioniranje nedovoljenih odstopanj. Ne čakajmo, s sodelovanjem pri vzpostavitvi takega sistema si v stroki medsebojno pomagajmo že danes, za boljši jutri geodetov novih rodov!

Prav mladi kolegi, ki jih v zadnjih letih srečujem tako v ožjem delovnem okolju kot v okviru širše stroke, me navdušujejo. Po dolgem obdobju poudarjenega individualizma v družbi in stroki opažam prebujanje potrebe po druženju, skupinskem delu, pogostejši izmenjavi pogledov in željo po aktivnem sodelovanju pri reševanju problemov. Vesel sem tega spoznanja, saj posameznik ne more oziroma težko resneje vpliva na dogajanje v širšem okolju. Rezultate daje le skupen nastop, sodelovanje oziroma delovanje širše sredine v dogovorjeni smeri.

Prav zaradi spoznanja o »novem vetru« in elana, ki ga je čutiti v teh rodovih, sem optimist za prihodnost geodetske stroke. Stroke, katere predstavniki smo že večkrat dokazali ne le trdoživost, temveč tudi usposobljenost in znanje, da ostanemo pomemben člen gospodarskih temeljev države Slovenije in dobrobiti njenih državljanov tudi v bodoče.

In his introduction to this year's spring issue, my colleague, editor-in-chief Dušan Petrovič, PhD, addressed the rejuvenation of our profession. Now, at year's end, when it is usual to look back and take stock of what has passed, the honor of penning this final editorial has fallen to me – fittingly, perhaps, in the autumn of my own career.

After several active decades, I'm not ready to dwell on aging yet, nor will I write about profound transformations in our profession – though given the rapid pace of knowledge and technological advancement, I could likely fill more pages than my predecessors of comparable tenure. This is meant with no disrespect; I hold our professional forebears in the deepest regard, and their accomplishments, achieved under the constraints of their time, were often nothing short of extraordinary. A rapid development of our profession has also been reflected in the pages of Geodetski Vestnik and in the presentations at our annual Land Surveying Days – and long may it continue.

At our recent annual professional meeting, my thoughts were taken up with another pressing matter – though hardly a new one. The presentation "Economic Aspects of Geodetic Services" was perhaps too measured, too diplomatic for the urgency of its message. Everything said, the questions raised, and the data presented – figures I've been tracking myself for years – call for a wider debate. I hope the presentation caught the attention of other colleagues in attendance. The insights and statistics presented deserve to be published, especially to reach those they were predominantly addressed to; those who are inadvertently sculpting the poor public image of our profession that the presentation laid bare.

Impressions – especially first impressions – are precious currency we surveyors too often undervalue. Worse still, we routinely dismiss polished professional presentation as "pointless formality," a dusty relic, or mere pretension. But is this really the case? Let each of us examine our own conduct. Has the old adage "clothes make the man" truly lost its meaning? Don't we navigate our daily lives based on snap judgments and subjective impressions? Don't we instinctively yield road space – albeit grudgingly – to those sleek German sedans with their distinctive kidney grilles rather than to cheaper French models? Let us be honest: first impressions stick, often hardening into stubborn prejudice. So, let us reshape the first impression of surveyors together. Each of us must play our part!

While a surveyor of yesteryear – the distinguished "gentleman surveyor" – once cut an impressive figure, subsequent developments have dealt the profession a harsher hand. The rapid technological development that made positioning and measurement widely accessible in our shrinking world has undermined the geodetic professional's perceived indispensability. Yet it has also opened up new horizons, enabled fascinating work, and set before us challenges that our profession in Slovenia had never faced before. One could say that this has caused a curious split in our field. On the one hand, we successfully take on demanding projects, pioneer innovative solutions that gain recognition at the pinnacle of global expertise, and push the boundaries of what is possible. On the other, we are stuck in place and targeted for persistent criticism for our handling of traditional tasks – particularly in providing the information needed to ensure a fundamental human right: ownership of property.

We recognized this predicament decades ago, and the main players, the so-called "pillars of our profession", moved to enhance both our public image and the competence of surveying professionals nationwide. Without singling out individuals for praise, we can observe that education programs in surveying have been thoroughly modernized, and continuing professional development has become standard practice. Surveying engineers trained in Slovenia are sought after even internationally, quickly proving themselves and rising to leading positions abroad. The number of PhDs in surveying has grown remarkably compared to the recent past. We've transformed our professional journal, Geodetski Vestnik, from what was essentially a local association newsletter into a

widely circulated, internationally respected publication. Particularly noteworthy is the international recognition our profession has earned, with numerous Slovenian colleagues holding leadership positions in European and global professional bodies. Through all this and through hosting the ceremonial academy marking the 50th anniversary of Surveyors' Day – where the President of the Republic of Slovenia awarded the Medal for Merit to the Association of Surveyors of Slovenia – we've demonstrated that surveyors can hold our own even in formal settings, navigating the polished floors of ceremony in our dress clothes with grace.

Sadly, this steady advancement was dramatically slowed by the recent pandemic, whose corrosive effects rippled through every corner of society. Overnight, everything became harder, nearly impossible. Core values shifted, and along with them work habits deteriorated and human relationships frayed. It troubles me to hear week after week on morning radio: "Ugh, Monday's here again..." and come Friday: "Thank God it's finally the weekend..." – as if work itself has ceased to be worthwhile, has become mere drudgery! We mustn't allow this attitude to take root. Our profession still has plenty of tough problems to crack, abundant challenges for the intellectually curious, and let's not forget – surveying puts food on our tables! We must recognize that as individuals we have a duty to nurture and build our profession, giving back what it has given us.

Yet, here we are again, confronting our poor public standing. The uncomfortable truth is that our profession commands little respect. But do we grasp that we alone – and no one else – can change this? That we must first take a hard, honest look in the mirror and stop averting our gaze?

Far too often in my work I encounter truly abysmal output from professional colleagues, and I'm mortified when the content and presentation of something as simple as a client invitation – let alone a final geodetic survey report – fall woefully short of the image we aspire to project. When such written communication, marred by appallingly mangled language (one colleague once described it bluntly as "intellectually deficient") and work that is sloppy or downright wrong, is coupled with a disheveled personal appearance, slovenliness, or perhaps greeting clients in house slippers or gym shorts – well, the dignified image of the "gentleman surveyor" evaporates instantly, all our accumulated expertise notwithstanding.

Naturally, I'm not always satisfied with my own output either. Everyone has off days, makes mistakes, falls short of excellence occasionally – that's understandable, easily remedied, and not remotely comparable to the egregious work I'm describing. I could catalog numerous serious disappointments within our profession, but let me confine myself to the two most glaring. Should the parties involved recognize themselves in these pages, I hope they have the decency to feel shame anew. My greatest personal embarrassment came when a young colleague with a freshly minted doctorate asked me, regarding such substandard work: "What are we supposed to do with these shambles?" He knew full well this was the output of a colleague with identical academic credentials; someone I had personally vouched for as among the most qualified to handle technically demanding assignments. Even a cursory review would have raised red flags for a layperson about the overall quality – yet the author remained oblivious even after being confronted with the deficiencies.

Despite delivering such work, this same colleague persistently bemoans low hourly rates and the profession's general underappreciation, while shamelessly dismissing our quality oversight as "nitpicking" – is this the example we want to set for the next generation? If so, my shame is doubled!

My greatest disappointment involves a geodetic firm that was – and remains – well established. Driven by profit maximization, the then management made the deliberate decision to falsify results and doctor a substandard

product. Good external oversight exposed this fraud, and their ill-gotten gains "evaporated punitively" in the cost of redoing the work – but the revelation of such unexpectedly low professional and business ethics left an exceedingly bitter taste.

I refuse to see such a reflection in the mirror. I refuse to be part of such an image! We must all raise the bar of professional excellence and hold fast to it if we hope to restore our professional reputation and command greater respect (and compensation) in society. We cannot tolerate any compromise on this, and because every field has its bad actors, I remain a firm advocate of rigorous external oversight. I support the initiative to establish systematic external quality control of surveying services with consistent enforcement of penalties for violations. Let us not delay – by working together to build such a system, we help one another today, creating a better tomorrow for the surveyors who come after us!

The young colleagues I've encountered in recent years, both in my immediate workplace and across the broader profession, make me feel heartened. After a long era of pronounced individualism in both society and our field, I see signs of a renaissance: a renewed appetite for collegiality, collaborative work, vibrant exchange of ideas, and genuine engagement in problem-solving. This gives me hope, because individuals in isolation struggle to meaningfully influence the broader environment. Real results come only from united action, from a community moving purposefully together.

It is precisely this sense of "fresh winds blowing" and the energy I feel in these younger generations that makes me optimistic about the future of the surveying profession. Time and again, we've proven ourselves not merely resilient but capable and knowledgeable – ensuring we remain a vital pillar of Slovenia's economic foundation and the well-being of its citizens for years to come.

Ostanki beneške meje na mejah katastrskih občin na Kraškem robu okoli Črnotič

The remains of the former Venetian border hidden in the cadastral municipality boundaries on the Kraški rob plateau around Črnotiče

Mihaela Triglav Čekada, Branko Bratož - Ježek

UDK: 528.44(497.4)
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01
Prispelo: 3. 8. 2025
Sprejeto: 10. 9. 2025

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2025.04.459-501
SCIENTIFIC ARTICLE
Received: 3. 8. 2025
Accepted: 10. 9. 2025

IZVLEČEK

Ostanki nekdanje beneške meje so se ponekod na terenu ohranili kot označevalci veljavnih mej katastrskih občin. Tako na Kraškem robu najdemo podolgovate kupe kamenja, ki jih domačini imenujejo muše. *Na južnem robu katastrske občine Črnotiči smo jih izmerili 27. Na terenu smo identificirali še dve naravni mejni točki iz časa Beneške republike: izvir Brstenik ter brezno na zgornjem robu vrtače, imenovane V jami. Predstavili bomo še tri klesane apnenčaste mejnike iz časa franciscejske zemljiškokatastrske izmere z letnico 1819 ter 21 mejnikov srenj, večinoma brez napisov, ki so na severovzhodni meji katastrske občine Črnotiče ali v njeni bližini (dva z letnico 1865). Tu najdemo še jamo Špirnico, ki velja za mejnik te katastrske občine vsaj od časa franciscejske izmere naprej. Zelo zanimiv je še tromejnik katastrskih občin Črnotiče, Podgorje in Podpeč iz Krapnika na načrtu franciscejske izmere, imenovan Rjavi kamen v štirni. Mejnik predstavlja večji grobo klesan kamen temnejše rjave barve, na njem najdemo vklesano letnico 1865 ter pod njo ostanek pahljačastih črt, na drugi strani pa razpadajočo krožno obliko. Stoji le slabih 500 metrov severneje od nekdanje vogalne točke beneške meje na Debelem hribu, zato sklepamo, da bi to lahko bili ostanki beneškega in avstrijskega grba, torej bi to lahko bil nekdanji beneški mejnik.*

KLJUČNE BESEDE

mejnik, beneška meja, *muša*, agrarna skupnost, Črni Kal, Črnotiče, Krapnik, Slovenija

ABSTRACT

The remains of the former Venetian border have been preserved in some places as boundary points of the cadastral municipalities. On the Kraški rob, Slovenia, special elongated piles of stones have been preserved, which are called muše *by the locals. We measured 27 of them on the southern border of the cadastral municipality of Črnotiči. Two natural boundary points from the time of the Venetian Republic were identified: Brstenik spring and a small cave near a doline called V jami. Additionally, three carved limestone boundary stones from the time of the Franciscan land cadastral survey bearing the year 1819 and 21 boundary marks, mostly without inscriptions (two with the year 1865), located on or near the northeast border of the cadastral municipality of Črnotiči, are presented. Here, the Špirnica cave was also identified as a boundary point, at least since the time of the Franciscan land cadastral survey. At Krapnik, named on the Franciscan land cadastral map* Rjavi kamen u štirni *(Eng. brown stone in the well), a boundary stone of the three cadastral municipalities of Črnotiče, Podgorje, and Podpeč can be found. It is a larger, roughly hewn stone of a dark brown colour, with the year 1865 carved into it and the remains of fan-shaped lines on one side and a decaying circular shape on the other. It is located just 500 m north of the former corner point of the Venetian border on Debeli hrib, so it may even be an old Venetian boundary stone.*

KEY WORDS

boundary marks, *muša*, Venetian border, common land, Črni Kal, Črnotiče, Krapnik, Slovenia

1 INTRODUCTION

Until 1797, the Venetian Republic included part of present-day Slovenia. Part of the former Venetian border thus ran along the edge of the areas around the towns of Bovec and Tolmin, and part through Istria (Coradazzi and Spinato, 1993; Kozorog and Triglav Čekada, 2025). The border in Istria remained largely unchanged from 1523 until the fall of the Venetian Republic in 1797 (Rutar, 1896). Nevertheless, areas of undivided or disputed land plots, called *differentie*, continued to exist on the Venetian border for a long time after this border settlement. People on both sides of the border had the right to use such land plots, which in practice led to numerous very long and bloody disputes. During this period, the border was frequently marked with new boundary marks, as each time the border was re-examined or newly demarcated it was discovered that the majority of the old boundary marks had been destroyed. Moreover, it was often found that the old men who knew the exact course of the border on the ground had died in the interim (Bertoša, 1983; 1985; 1986; Darovec, 1990; Bertoša et al., 2009, Bradara et al., 2013; Bradara, 2017). Regular border demarcations were mostly one-sided affairs (Bertoša, 1986; Bradara, 2017). For the locals, knowing the exact course of the border could even be dangerous, and a document has been preserved from the early 18th century which describes how a farmer was imprisoned after showing the boundary marks and course of the border on his own land plot to the authorities on the other side of the border (Bertoša, 1986).

During the Venetian Republic, all sorts of boundary marks were used in Istria: naturally recognizable topographical features such as hills, peaks, and trees (poplars, oaks), the oldest simple serif crosses carved into naturally occurring rocks or carved stones, carved crosses with added letters, carved horseshoes, carved coats of arms in naturally occurring rocks or carved stones, brick pillars with two carved slabs on each side bearing coats of arms, ditches, drystone walls or elongated piles of stones (Bertoša, 2016, Bradara et al., 2013; Bradara, 2017). The last of these are called *muše* in Slovenian Istria (Medveščček, 1992; Vilfan, 1957, 1996; Kocjančič and Bratož – Ježek, 1997; Darovec and Mihelič, 2024), and according to some explanations, the name is derived from a word meaning a donkey in the local dialect (e.g., Kerševan, 2016). Here, the relation to donkey may be due to one of the old methods of transporting goods along the main road on Črni Kal slope, where a caravan of donkey drivers was referred to as *mussolati*, in contrast to the caravans of porters who carried goods on their backs and were called *spalanti* (Bertoša, 1986). The term was once so well known that it even gave its name to an area of land on the former Venetian border (Darovec and Mihelič, 2024). The name Mušovlje is still written on national topographic maps on scales of 1:5000 and 1:50.000 at the present boundary between the cadastral municipalities of Gabrovica and Socerb, and today describes the area between the two quarries in Črni Kal (Tivnik and Grucelj). The main roads across the Kraški rob plateau once ran here, along which goods were transported from Istria to the interior (Darovec, 1990).

These special boundary mark structures – *muše* – have survived in Slovenian Istria at least along the former Venetian border between Osp and Socerb, on the borders of the cadastral municipalities of Podgorje (cadastral municipality No 2583) and Podpeč (No 2616), and on the slopes of mountain Kojnik (Kocjančič and Bratož – Ježek, 1997; Darovec and Mihelič, 2024). *Muše* are piles of stones about 20 m long, up to one metre high, and two to three metres wide. Today, without the help of a local, it is very difficult to distinguish them from the many deteriorating drystone walls in this area. Indeed, they can also be located in drystone walls, where they look like a form of reinforcement. In this article, we will present the locations of *muše* that have been verified in the field, as well as some other old boundary marks that are now located near the border of the

cadastral municipality of Črnotiče (No 2599). They were shown to the co-author Branko Bratož – Ježek by older locals in previous decades, and in 2023 and 2024 we revisited them together and measured their locations.

During the Franciscan land cadastral survey, which was carried out in the Slovenian Karst region in 1818–1819, the boundaries of the cadastral municipalities were defined and measured based on the Venetian border, and these boundaries remain valid to this day (Novak, 2020; Bradara and Kuzmanović, 2020; Triglav Čekada and Bratož – Ježek, 2024). Therefore, the Venetian boundary marks preserved in their original locations, including the special boundary mark structures called muše, may still represent the administratively valid boundaries today.

2 THE VENETIAN BORDER AND BOUNDARY MARKS ABOVE ČRNI KAL OVER TIME

The former Venetian border entered the present-day Slovenian Istria in the north from Italy, just above the village of Osp, and exited into Croatia at the top of the hill Kosmačič (736 m). The entire border in Istria can be traced on the GIS portal of the Archaeological Museum of Istria in Pula (AMI GISportal, 2025), and our interpretation is shown in Figure 11. In this paper, we will focus on the area between Črni Kal and Črnotiče, which is shown on an old topographical drawing of the border from the 17th and 18th centuries (Figure 1) from point A to point F. On Vincenzo Dini's map of the Venetian border in Istria from the 18th century (Figure 2), the areas in question are marked with squares, and these are shown in greater detail in Figures 5 and 9.

Figure 1: Topographical drawing of the plateau Kraški rob with the border line between the Venetian and Austrian territories in the 17th and 18th centuries, showing the border between villages Mačkolje (Caresana), which is now in Italy, and Črnotiče now in Slovenia (source: ASVe[1], DRI, f. 19, c.1).

[1] *Archivio di Stato di Venezia.*

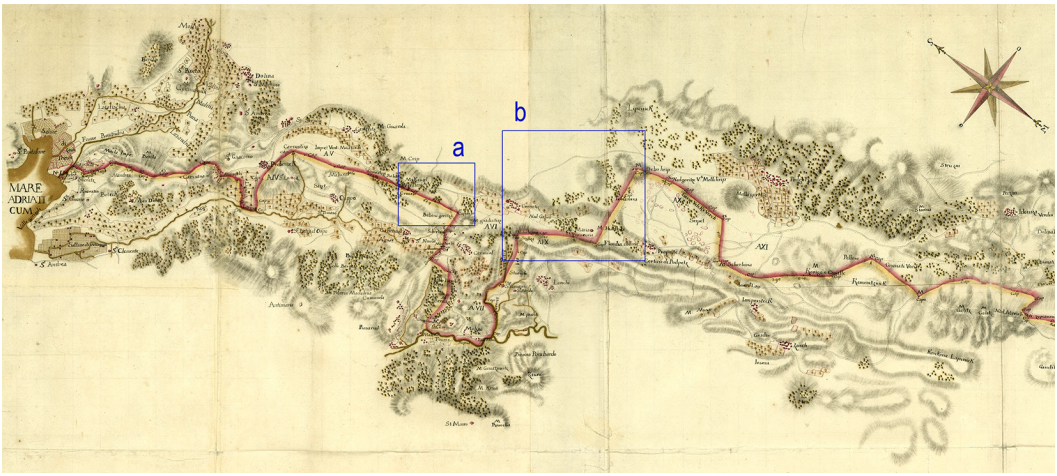


Figure 2: Excerpt from Vincenzo Dini's map of the Venetian Republic and the Habsburg Monarchy border in Istria, from the gulf of Milje to Rakitovec, 18th century (map source: ASTs [2], DFAP, c. 327). The blue squares represent the areas under consideration: a) above the village of Gabrovica around the spring Brstenik, and b) below the village of Črnotiče around the Church of St Marija Snežna.

2.1 Different types of Venetian boundary marks with coats of arms

Since Venetian boundary marks were regularly destroyed to conceal the course of the border, many have been moved to secondary locations. In Slovenian Istria, for example, there are several relocated remains of former rectangular limestone slabs measuring 49×49 cm with the coat of arms of the Venetian lion or the Austrian shield from 1755 (Premrl, 2024a; 2024b), which were once embedded in stone boundary pillars (their current locations are also shown in Figure 11): a) the Venetian lion at the address Črnotiče 29, placed to the left of the entrance portal around 1980, before this slab is said to have served as a cover for a drainage channel for a very long time; b) a Venetian lion broken into two pieces at the address Osp 43 (Figure 3a), which was built into a supporting wall about two decades ago, having previously been used as two bricks of an older house wall; each part was found separately when the old house was demolished, so they were also built into the newer wall separately; c) the Austrian coat of arms on the house at Črni kal 51; and d) the Austrian coat of arms built into the inner side of the cemetery wall of the Church of St Janez Krstnik in Predloka (Figure 3b), which was placed there during the renovation of the church floor in 1892 (Župančič, 2007). Two Venetian lions are also located in the Koper Regional Museum (Bradara, 2017). Between 1755 and 1757, 104 such stone pillars were erected along the entire Istrian border. They had a cross-section at the base of 100×100 cm or 120×130 cm and a pyramid shape at the top. Two rectangular carved limestone slabs were attached to each pillar: the one on the front with the Venetian lion, and the one on the back with the Austrian coat of arms. No original pillars from this period have been preserved in Istria, with only their foundations remaining in a few places (Bradara, 2017; Bradara and Kuzmanović, 2020). Similar Venetian border pillars are preserved in the Venetian lagoon, being slightly younger, dating from 1791 (Caniato, 2021).

[2] *Archivio di Stato di Trieste.*

Figure 3: Parts of preserved Venetian slabs from 1755, which are no longer in their original locations: a) two halves of the Venetian coat of arms built into a wall at Osp 43, b) the entire Austrian coat of arms on the inside of the cemetery wall of St Janez Krstnik in Predloka (photo: M. Triglav Čekada, 2024).

There are still preserved coats of arms carved into the natural rocks or into irregularly shaped boundary stones in some places along the former Venetian border. Just above the present-day northern Slovenian border in Italy, almost halfway between lake Predil and the Sella Nevea Mountain pass, near the intersection of the main road and a river with the meaningful name Rio Confine (Eng. *Border River*), two Venetian lions from 1757 are said to have been preserved, carved into the natural rocks (Coradazzi and Spinato, 1993). During a field inspection in 2023, we found only the northern one, which is nicely described on a new information board (Figure 4). This border later represented also the border between provinces and even between countries, and therefore on the top of this natural rock there is an additional state border mark between the Kingdom of Italy and Austria-Hungary from the year 1887. In Slovenia, a boundary mark with both coats of arms carved into the natural rock has been preserved from 1753 near the village of Golobi above Livek[3] (Kozorog, 2008; Kozorog and Triglav Čekada, 2025; Coradazzi and Spinato, 1993). In Croatian Istria, a 70 cm high irregularly shaped boundary mark called Baba has been preserved, located at the tri-border point of the cadastral municipalities of St Lovreč – Dvigrad – Kringa, with both coats of arms preserved on it (Bertoša et al., 2010; Bradara, 2017). The location of this boundary mark was already mentioned in the *Istrski razvod* (Bradara, 2017), describing the demarcation procedure covering just a part of the Venetian border in present-day Croatian Istria in 1275 (Bratulić, 1978). Bradara et al. (2013) found a large number of a special type of carved boundary marks in Croatian Istria, 100 to 190 cm high, trapezoidal in shape and with a circular upper part, on which the Venetian coat of arms is also carved, but unfortunately these do not have the date on them. Moreover, a significant number of these are no longer preserved in their original locations.

[3] *It is listed in the Register of Cultural Heritage of Slovenia under the number of 1-00325.*

Figure 4: The Venetian lion (a) and the Austrian coat of arms (b) from 1757, carved into the natural rock, located 60 m north of the main road between lake Predil and the Sella Nevea Mountain pass in Italy, near the Rio Confine river (photo: M. Triglav Čekada, 2023).

2.2 Course of the former Venetian border in the areas under consideration

The course of the Venetian border for the areas in question has been taken from the Treaty of Gorizia, which was signed on December 26, 1754, and ratified by both parties in 1755. The treaty was published in Croatian and Italian in Bradara (2017). Here we will summarise only the sections that describe our test areas. In the description of the border, the locations where the stone boundary pillars were erected at that time are numbered sequentially and described with their local names. On the excerpts from Vincenzo Dini's old map (Figures 5 and 7), these locations are marked with *Cap*., or *Capitelo*, which is the Italian word for pillar. The hilltops are marked with the letter M (for the Italian word *Monte*).

The agreement in Gorizia contained the following description of the section of the border above Črni Kal before the border turns perpendicularly downwards below the Kraški rob plateau (area a in Figure 2):

> *From number 11 to point 14, located on the road before the spring called Brestenich, an average line shall be drawn dividing this part of the disputed territory transversely; this line shall be 1,160 pertikas long.*[4] *The aforementioned spring will thus be divided into two parts, with half of the water belonging to the Venetian side and half to the Austrian side. Around it and towards the road, there shall remain approximately 20 pertikas of common land, which will serve as access for both municipalities, which will drive their livestock there to water.*
>
> *From the point marked with the number 14, the border runs along the road called Brestenich, all the way to the field marked with the letter B, which belongs to the Church of the Holy Cross in Castellez*

[4] *A pertik is an old unit of length.*

and will remain Venetian. At the end of the field, a line 664 pertikas long shall be drawn along the same road to the point on the road called Cranzi, which leads to Cernicala, and this point shall face directly towards Babbinagoriza, where point number 17 is located, and the aforementioned road shall remain Austrian.

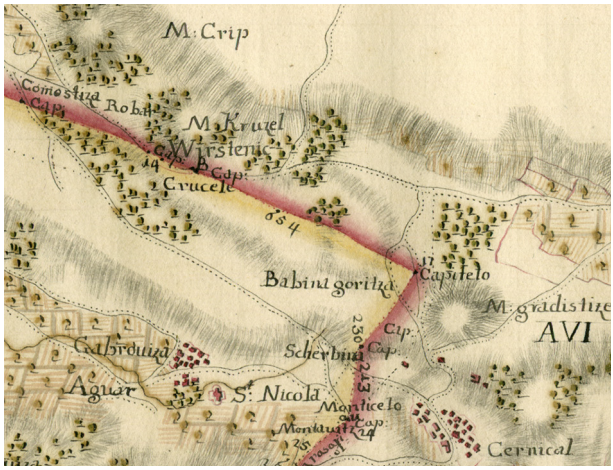


Figure 5: Detail of the area in question from Vincenzo Dini's 18th-century map of the border between the Venetian Republic and the Habsburg Monarchy – area a in Figure 2 (map source: ASTs, DFAP, c. 327).

Figure 6: The Brstenik spring is located just above the remains of an old road below the Grucelj quarry, or below the former hilltop Gaber (photo: M. Triglav Čekada, 2024).

Figure 7: Sketch of the Venetian border covering the Socerb, Prebeneg, Gabrovica, and Kastelec: A) Brstenik spring, B) border road (source: ASVe, Provveditori alla Camera dei Confini, b. 234, c. 6).

In Bradara (2017), the place names from this description are interpreted as follows: *Brestenich* is the spring Berstenik, *Castelleza* is Kastelec, *Cranci* are Kranjci, *Cernical* is Črni Kal, and *Babbinagorica* is Babina Gorica. Darovec (1990) refers to the *Brestenich* spring as Brstenik, according to the locals from Črni Kal and Črnotiče, while the locals from Kaštel call it *Pr' kostelšče staje*. If we compare the old maps in Figures 1 and 5, we can quickly see that point B is located in the immediate vicinity of the spring, which can be easily recognised in Figure 1 by the topographical sign of two connected black circles at the location marked with the letter A, and in Figure 5 by the name *Wirstenic*. On the drawing of the Venetian border between Socerb and the Brstenik spring in Figure 7, the spring is drawn as a small lake and marked with point A, and in the caption section referred to as *Bristinich*. The caption also tells us that the sketch of the border in Figure 7 is more recent than the previous two, as it states that the Brstenik spring itself, or point A, is already the tripoint of the Venetian villages of Gabrovica and Osp and the Austrian village of Kastelc. On the map of the first military survey of the Habsburg Monarchy from 1784–1785[5], a boundary mark named *Berstenik* is drawn here, while on the map of the Franciscan and Reambulation land cadastral surveys of the cadastral municipality of Prebeneg (today Socerb)[6], which is based on data from 1819, it is named *Quelle Prestenig*. Today, the tripoint of the cadastral municipalities of Osp (No 2597), Gabrovica (No 2601), and Socerb (No 2598) is located about 100 m lower than the spring.

If we look at more recent maps, the spring of Brstenik is marked on an old national topographic map on a scale of 1:5000 (TTN5), but without a name. The water from the Brstenik spring sinks under an older road, then we encounter it again in the ravine above the area named Zabreg. This ravine still represents the boundary between the cadastral municipalities of Osp and Gabovica. The Brstenik spring itself also

[5] *Source: Arcanum Maps: https://maps.arcanum.com/en/map/firstsurvey-inner-austria/?bbox=1541346.4391224459%2C5709824.045495721%2C1548612.7341238055%2C5712313.026229257&map-list=1&layers=138*

[6] *Source ASTs: https://a4view.archiviodistatotrieste.it/patrimonio/bafd7675-af61-4348-a273-b95fd18a78de/675-a-07-mappa-catastale-del-comune-di-prebenigo-foglio-vii-1819-1872*

gave its name to the old border road that ran below it from the village of Kastelec towards Črnotiče – the road is marked with the letter B on the drawing in Figure 7.

From a surveying perspective, another interesting feature is the Venetian boundary mark which once stood halfway between the Brstenik spring and the hilltop of Babina Gorica (Figure 5), now above Mušovlje, at the point where the boundaries of the three cadastral municipalities of Gabrovica, Socerb, and Črnotiče meet. At least at the time of the Franciscan land cadastral survey, which was carried out here in 1818–1819, the tripoint of cadastral municipalities was marked by an old Venetian boundary marker – *Alt Venizianicher Confin* (Figure 8). Today it no longer exists, and only the corner of drystone walls remains here. Only with a great deal of the imagination can this boundary stone be linked to the boundary pillar location named *Crucele*, which is located a little east of the Brstenik spring on a section of an old map of the Venetian border (Figure 5).

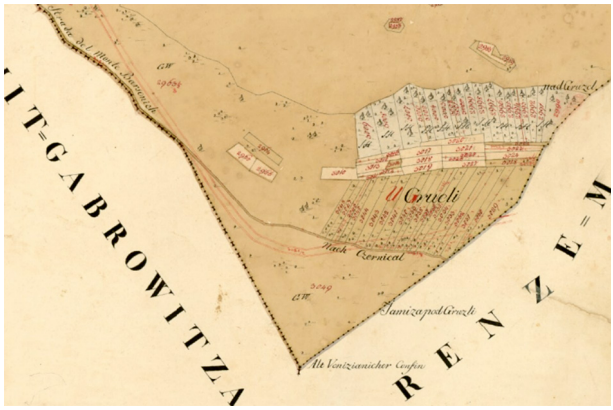


Figure 8: Tripoint of the cadastral municipalities of Gabrovica, Socerb, and Črnotiče, today above Mušovlje, where at least during the Franciscan land cadastral survey an old Venetian boundary mark still stood (source: ASTs: map of the Reambulation land cadastral survey of the cadastral municipality of Prebeneg from 1872, based on 1819).

Continuing from the agreement in Gorica, we give the description of the section of the border above the village of Črni Kal, at the point where the border returns on the top of the Kraški rob plateau and then runs along the Kraški rob to the Church of St Marija Snežna, where it makes a right angle and continues inland to the hill Debeli hrib (area b in Figure 2):

> *...you will come above Carsa at point 10, which the Austrians call Nadiegliza and the Venetians Igliza. Then cross the disputed area (differencie) along a straight line 620 pertikas long to reach stone numbered 2, marked with crosses and called Prosscoria. From here, follow a straight line to number 5 at a location called Flandia Dolina. From here, draw an average straight line 544 pertikas long to Foibanere (Tabia nera) at the number 9, then follow a straight line 336 pertikas long to the number 12 at a location called Debeli Crip. Then go over the second peak, which the Austrians call Nadgorice and the Venetians call Mali Crip, to number 30. Continue over the following peaks, which the Venetians call Gorize, to the number 48, which the Austrians call Veliki Verch.*

The place names from the second group were interpreted in Bradara (2017) as follows: *Carsa* is Kras, *Igliza* is unknown (Figure 9), *Tabia nera* is thought to be Na jame, *Debeli Crip* is Debeli hrib, *Nadgorice* is Nadgorica, and *Mali Crip* is Mali hrib.

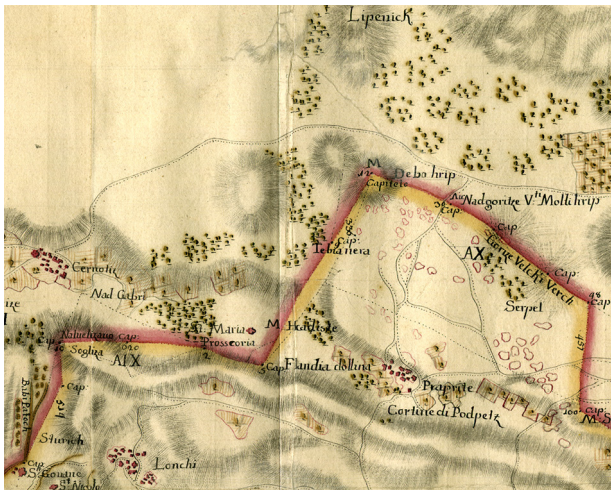


Figure 9: Detail of the area in question from Vincenzo Dini's 18th-century map of the border between the Venetian Republic and the Habsburg Monarchy – area b in Figure 2 (map source: ASTs, DFAP, c. 327).

The location of Igliza (in Figure 9, *Sogliza*) (Eng. Small Needle) could be interpreted as the present-day names of the hilltops Škrbina (Eng. Stub) or even Marčev hrib, both being the hilltops of the Kraški rob plateau. Unfortunately, the toponym *Dizhliza*, which is similar to *Iglica*, appears for the last time on the map of the first military survey of the Habsburg Monarchy from 1784–1785. Later, on the map of the Franciscan land cadastral survey from 1819[7], the entire area of today's hilltop of Marčev hrib is named Na Kribi. This name, in the variant Na hribi (Eng. On Hill), can also be found on the map of the third military survey of the Austro-Hungarian Monarchy from 1869–1887[8]. In the variant Za hribam (Eng. Behind Hill), it can be found on the map of the first military survey of the Habsburg Monarchy immediately after the name Dizlica. Today, the name Hrib (Eng. Hill) is located on an old national topographic map on a scale of 1:5000 (TTN5) immediately after the Marčev hrib to the east and represents a gently rolling area of Kraški rob plateau. From this, we can conclude that Iglica most likely represents the old name for the small hilltop of Marčev hrib.

The border between the cadastral municipalities of Črni Kal (No 2600) and Črnotiče (No 2599) has, since the time of the Franciscan land cadastral survey, descended slightly eastward below the Kraški rob plateau just before the castle of Črni Kal and returned to the Kraški rob plateau a few hundred metres east of the hilltop of Marčev hrib. However, the boundary between the common lands of two villages has run along the upper edge of the Kraški rob plateau since the time of the Franciscan land cadastral survey. In nature, this is marked by an old at the top circular-shaped boundary stone with inscriptions, which will be described in detail later (Figure 18a).

The location of *Prosscoria* can be interpreted, if we look more closely at Figure 9 and TTN5, as a location on the western slope of the hill Gradišče below the Church of Marija Snežna (*Maria Prosscoria*), where

[7] *ASTs source: https://a4view.archiviodistatotrieste.it/patrimonio/55de1e13-90fd-4d03-8841-7e4a132b780f/447-b-05-mappa-catastale-del-comune-di-s-sergio-foglio-iv-sezione-v-1819-sec-xix-primo-quarto*

[8] *Source Arcanum Maps: https://maps.arcanum.com/en/map/thirdsurvey25000/?bbox=1542864.6870821042%2C5706802.267182566%2C1550130.9820834638%2C5709291.247916102&map-list=1&layers=129*

the former border line breaks slightly. *Flandia Dolina* is a small valley between the hills of Gradišče and Stena, the latter being again a gentle peak on the edge of Kraški rob plateau. Older locals also refer to this location as Bəzəvišćen bori (Kerševan, 2016). This is where the border turns at a right angle, now heading almost to the northwest (Figure 10a). If we compare Figures 1 and 2, we can interpret the location of *Flandia Dolina* as location E and *Tabia nera* as location F. On the first military survey map of the Habsburg Monarchy (1784–1785), the location of *Tabia nera* with a boundary mark is called Na jami (Eng. On Cave). Today this location is represented by a deep doline called V jami (Eng. In Cave), which has on its upper western side a smaller entrance to the abyss or vertical cave[9] (Figure 10b). This can also be linked to the detailed description of point F on the old map from Figure 1 – *Foiba Cernaiana*, which can be translated to Black Cave. Location V jami is located very close to a topographical name Na konfinu, meaning in the coastal dialect either that a boundary mark once stood here[10] or, which is more likely in the Podgorski Kras area, that some kind of boundary once ran here[11].

Figure 10: Two former Venetian locations: a) Flandia Dolina – a drystone wall corner with larger stones without inscriptions, b) V jami – entrance to a cave in the middle and a deep doline surrounded by a drystone wall on the left (photo: M. Triglav Čekada, 2024).

2.3 Former points of dispute (differentie) in the area under consideration

Bertoša (1986) and Darovec (1990) mention as the first area under dispute in the Koper region from the 16th century the village of Gabrovica and pastures on its border. Then they name as very problematic the areas following two border roads, the first named Brstenik leading from Kastelec to Črnotiče (marked B in Figure 7), and the second called Tivnik, which is perpendicular to Brstenik and leads across Tivnik to Črnik Kal[12]. Both roads had a double function of being at the same time the most important transport routes for goods from Istria to the interior, as well as a border line. There were thus on both sides of the road ambushes and attempts to steal the cargo being moved by porters and mule drivers

[9] *The cave in front of doline V jami is not yet inscribed in the Slovenian Cave Register.*

[10] *On the* Per Konfini *field by the Lokev–Bazovica road, there is a very tall boundary marker numbered XXIII of the Švarceneg estate with Trieste, described in more detail in Triglav Čekada et al. (2022a). The name of this area is preserved only on archival land cadastral maps, but not on TTN5.*

[11] *In the Podgorski Kras area, the term* konfin *more often refers to a border rather than a specific boundary mark (Darovec, 2005). Thus, the old saying by the people who live around the border* "We are neither Čiči nor Brčini, we are just on the confini" *(Vilfan, 1957; Kerševan, 2016; Rožanc Darovec, 2005). The term also gave the name to the Slavnik Mountaineering Society's mountaineering diary (Dobrila and Bratož, 2023).*

[12] *The map showing the two main trade routes from Koper to Kranjska via Črni Kal and Rakitovec is drawn in Darovec (2005).*

from the other side, and the boundary marks erected along these roads were also regularly destroyed. The next disputed area is the Brstenik spring, which was used to water livestock from both sides of the border and was therefore an undivided plot of land and a constant source of quarrels. At the same time, another spring located in Podpeč on the border also caused many disputes, although it was intended to be used equally by both sides.

A good 200 years later, in the middle of the 18th century, the severe disputes at all these points of contention had still not subsided, with issues remaining on the border above Gabrovica village and around the Brstenik road. The people of Podgora were still quarrelling with those from Podpeč, stealing each other's livestock, destroying crops and boundary marks, and occasionally even committing documented murders. In addition, new disputes between the villages of Rožar and Črni Kal flared up (Bertoša, 1986).

3 RESULTS OF THE FIELD SURVEY

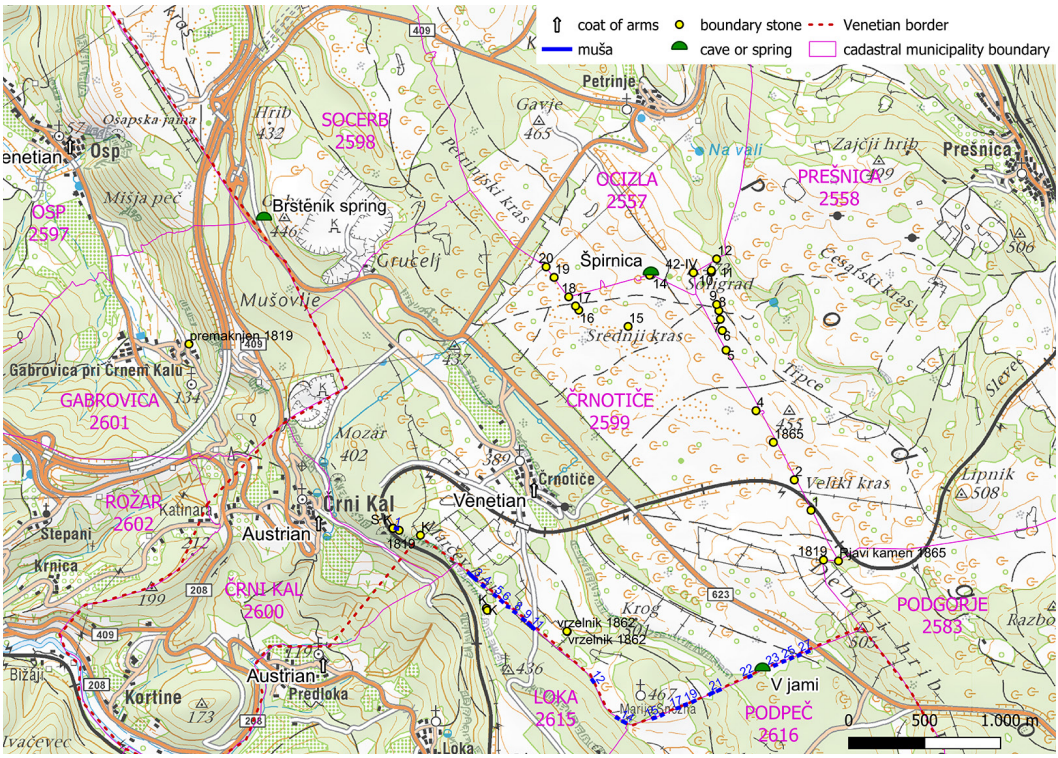


Figure 11: The locations verified in the field (Map source: DTK50, Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia).

3.1 Special boundary mark structures called muše

In the field, we measured the locations of 27 elongated piles of stones, which locals had previously shown to one of the co-authors, Bratož – Ježek, claiming that they could be a special type of Venetian boundary mark structure called muše (Table 1, Figure 11). The coordinates should be considered approximate, measured with an accuracy of one metre, as it is very difficult to identify the exact starting or ending

point of such boundary mark structures in nature, especially where it starts or ends in the remains of a drystone wall.

Figure 12: Typical examples of boundary mark structures called *muše* on the boundaries of the cadastral municipality of Črnotiče: a) No 6, b) 15, c) 17, d) 19, e) 23, and f) 26 (photo: M. Triglav Čekada, 2024).

In nature, we can identify these special boundary mark structures as long piles of smaller stones being between 20 and just under 10 metres long. Today, they are two to three metres wide, and in the middle, the pile of stones can be a metre or even more high. Not all of them are equally prominent, as they have been subject to decay for a long time (Figure 12). No 1, 26, and 27 are the most difficult to recognise in the field, as today they simply look like similarly sized stones scattered in an elongated line where one

would not expect them (Figure 12f). Many of them are found in the remains of former drystone walls, which may be based on boundary drystone walls dating back to the time of the Venetian Republic (Bradara, 2017). Almost all of them are located on the still valid boundary between the cadastral municipalities of Črnotiče, Loka (No 2615) and Podpeč (No 2616). The only exception is No 1, which is located on the western slope of the Marčev hrib hill, on the former common land boundary, which dates back to at least the time of the Franciscan land cadastral survey. All, except No 1, follow the former Venetian border. Since in the previous chapter we were unable to confirm with certainty that the location of the former Venetian name Iglica is at the hilltops of Marčev hrib or Škrbina, this matter stays open for the future research, when it may become clearer whether the special boundary mark structure No 1 once also marked the former Venetian border.

Figure 13 shows two special examples of boundary mark structures called *muše*: No 12 Pod lisično, inside which the remains of a rectangular wall can be seen, and No 22, located 90 m before the doline V jami and beginning with a semicircular shape. The one at Pod lisično is located near the former site of a Venetian stone pillar called a *Proscoria*. The semicircular shape of No 22 resembles a World War II shelter for soldiers. Here we should note that during this conflict and at various locations on the Kraški rob plateau, the Germans dug defensive trenches, underground bunkers, and other defensive structures (Beltram, 1990).

Figure 13: Special examples of boundary mark structures called *muše*: a) No 12 Pod lisičino – see the square wall inside it; b) No 22 in front of the doline V jami, note the semi-circular form at the beginning of this boundary mark structure (photo: M. Triglav Čekada, 2024).

Table 1: Basic data on boundary mark structures called *muše* measured in the field. Field names are taken from an old national topographic map on a scale of 1 : 5000 (TTN5).

Serial no.	Location name according to TTN5	Length (m)	Start coordinates (D96)		End coordinates (D96)	
			E (m)	N(m)	E (m)	N(m)
1	western slope of Marčev hrib	10	413033	46097	413042	46094
2	Hrib	29	413515	45802	413536	45782
3	Hrib	34	413536	45782	413561	45760
4	Hrib	7	413608	45720	413614	45716

Serial no.	Location name according to TTN5	Length (m)	Start coordinates (D96)		End coordinates (D96)	
			E (m)	N(m)	E (m)	N(m)
5	Šamovce	6	413686	45655	413691	45651
6	Šamovce	9	413730	45619	413737	45613
7	Šamovce	5	413775	45578	413772	45580
8	Šamovce	7	413815	45546	413821	45542
9	Šamovce	11	413872	45497	413881	45491
10	Šamovce	15	413907	45467	413919	45457
11	Šamovce	12	41393	45445	413943	45437
12	Pod lisično	11	414329	45094	414335	45086
13	between Gradišče (St Marija Snežna) and Stena	9	414490	44847	414497	44843
14	between Gradišče (St Marija Snežna) and Stena	14	414532	44821	41455	44815
15	between Gradišče and Pleče	10	414731	44843	414740	44847
16	between Gradišče and Pleče	6	414785	44864	414790	44867
17	between Zagradišče and Pleče	10	414889	44910	414898	44913
18	between Zagradišče and Pleče	7	414939	44932	414946	44935
19	between Zagradišče and Pleče	10	414992	44953	415001	44957
20	between Zagradišče and Na konfinu	20	415104	45002	415122	45012
21	between Zagradišče and Na konfinu	14	415155	45025	415168	45032
22	near doline V jami	9	415361	45118	415370	45122
23	between Parti and Štefance	8	415531	45193	415538	45196
24	between Parti and Štefance	7	415585	45218	415592	45219
25	between Parti and Štefance	6	415637	45239	415643	45242
26	Krmčevka	9	415687	45258	415694	45261
27	Krmčevka	9	415744	45281	415752	45284

3.2 Potential Venetian boundary mark at Krapnik and other boundary marks along the north-eastern border of the cadastral municipality of Črnotiče

Near the north-eastern border of the cadastral municipality of Črnotiče, there are 22 boundary marks of the former common lands of villages, which are today also known as agricultural communities, 13 of which are located on the borders of the cadastral municipalities and nine on the borders of land plots.

The first two boundary marks are located under the hill Debeli hrib in an area named Krapnik. The first of these, dating to the year 1865, marks the tripoint between the cadastral municipalities of Podgorje, Črnotiče, and Prešnica, and is located in a smaller overgrown valley, which is named *Stirnizza* or *Rjavo Čamen u Štirni* on old land cadastral maps (Figure 15a). The name can be translated to "brown stone at spring" and is easily explained by the presence of water in this small valley, which in the past enabled grazing sheep to shelter there, but today everything is overgrown by vegetation and only a muddy puddle where wild pigs bathe has remained. The boundary stone is a natural rock of a darker colour, i.e. brown, 102 cm high with a cross-section at the base of 70×55 cm. On the side facing towards the top of Debeli hrib, there is a carved 28×13 cm square made without a template with the year 1865 inside.

On the same side, but more to the right, some poorly visible fan-shaped lines (Figure 15a) can be seen, which are very reminiscent to the remains of the wings of the Venetian lion, similar to those carved into the natural rock near the village of Golobi above Livek (Kozorog and Triglav Čekada, 2025) and the natural rock called Baba, near the village of Draguzeti in Istria, Croatia, that was mentioned earlier (Bertoša et al., 2010; Bradara, 2017). This assumption is further supported by the decayed circular shape with slightly visible longitudinal crossbars on the back of the stone, facing away from Debeli hrib, which could have once represented the coat of arms of the Austrians (Figure 14b). Could this boundary mark have stood on top of the gentle hilltop of Debeli hrib during the Venetian Republic, or did the Venetian border once run 500 m further north? Either way, this boundary mark must have already stood in this valley during the Franciscan land cadastral survey, as its name can be seen in the maps from this period (Figure 15a), while the year when they demarcated the common lands boundaries was carved on it later. Based on which side of the boundary mark the probable Venetian (south) and Austrian (north) coats of arms are placed, it is evident that the boundary stone has not been moved, as the coats of arms are facing in the correct directions.

Figure 14: Potential Venetian boundary mark at Krapnik named on the Franciscan land cadastral maps as *Rjavo Čamen u Štirni*: a) on the left part of the front side is a square with the year 1865, on the right side are fan-shaped lines, b) on the back side there is a round shape with indicated transverse lines (photo: M. Triglav Čekada, 2023).

Another boundary mark from the area around Krapnik is a typical example of such a mark for cadastral municipalities or districts from the time of the Franciscan land cadastral survey (Figure 16a). It is located in a drystone wall at the sharp bend of the boundary between the cadastral municipalities of Črnotiče and Podgorje. It is 92 cm high and has a cross-section of 25×42 cm (in Figure 11 it is labelled 1819). It is similar to the boundary stone below Marčev hill and the boundary stones around Socerb and in the Glinščica Valley (Triglav Čekada and Bratož – Ježek, 2024), as it is carved from limestone, with a semi-

circular shape at the top, and has the year and village names carved into it using a template. On each side, it bears the year 1819 and the inscription GEMAINDE PODGORIE / GEMEINDE CERNOTICI.

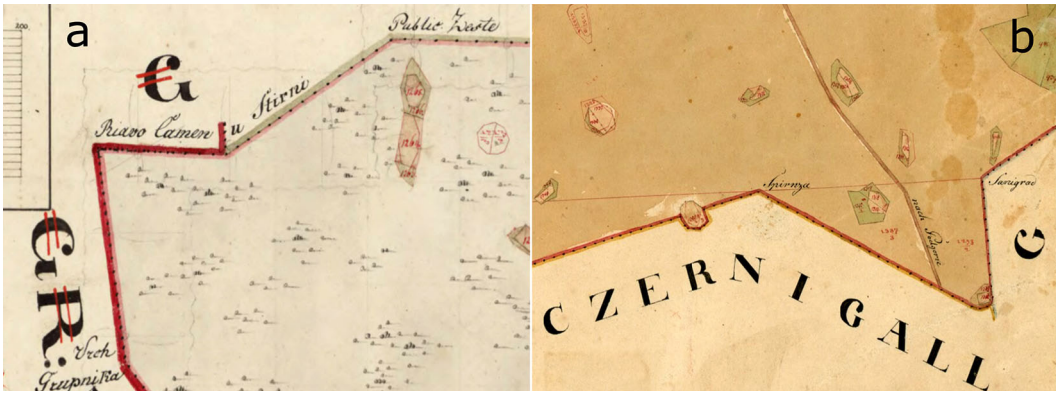


Figure 15: Old land cadastral survey maps: a) Krapnik from 1819 (eZKN: 2583_2880_0026), b) Špirnca cave from 1819 (ASTs[13]).

If we follow the border between the cadastral municipalities of Črnotiče and Prešnica from the valley near Rjavi kamen in Krapnik towards the northwest, then after a good 370 m, on the area named Za goricami, just before crossing the railway line, we find the first boundary mark made of sandstone without any inscriptions (Figure 11, boundary mark No 1). Across the railway line, 230 m from the first sandstone boundary mark, there is another one made from sandstone and without any inscriptions, with only a small hole drilled at the top. After 280 m, we come to a small doline, just before we pass by the abandoned grass runway of the former local Črnotiči airport on the eastern side. Here a natural rock outcrop from limestone stands with the year 1865 carved on one of its sides and a cross carved on top. An additional small hole is drilled in the middle of this cross (Figure 16b). Parallel to the end of the runway, next to another small doline, we find another boundary mark carved from sandstone (No 4), without inscriptions and just a small hole drilled on the top. After about 450 m, we come to a small grove where we find a partly disintegrated sandstone boundary stone without any inscriptions (No 5). Here we must turn away from the cadastral municipality boundary and now follow the boundary of the land plots once dividing common lands, which runs slightly more to the north. If you follow this land plot boundary to the cross-section of the Prešnica and Ocizla (No 2557) cadastral municipality boundaries, i.e. to the location named Pri štali under Soligrad, which lies on the slope below the top of the gentle hill Soligrad[14] and above the wooded area named Trpce, we find another six sandstone boundary stones without inscriptions. On the cross-section between the cadastral municipalities another boundary mark made from limestone is incorporated into a drystone wall with a cross carved on its south side (Figures 11, boundary stones Nos 6-11). This land plot boundary is already drawn on the Franciscan land cadastral map, therefore it can be concluded that this is an old common land boundary. By studying the Land Registry's historical records of property ownership this can be verified. Today, the boundary of the cadastral municipality here also represents the boundary between the common lands of the villages of Prešnica and Črni Kal. The common land of Črni Kal is located within the cadastral municipality of

[13] *ASTs source: https://a4view.archiviodistatotrieste.it/patrimonio/8b677944-7c7d-4329-a87d-3e929c366dd6/314-a-10-mappa-catastale-del-comune-di-occisla-foglio-x-sezione-x-1819-1872*

[14] *This name originates from the place where sheep or goats were once given salt (Rožanc Darovec, 2005).*

Črnotiče. An interesting folk tradition has been preserved about how the Črni Kal village got its common land here, being located in the wider area named Trpce[15] (Vilfan, 1972; Kerševan, 2016).

Given that all the sandstone boundary marks from the location of Krapnik to Pri Štali under Soligrad are of the same shape (Figure 16c), we can reasonably conclude that they were erected at the same time as the boundary of common lands was demarcated. Based on one uprooted boundary mark (No 6 in Figure 11), which is 95 cm long, and the others that are still standing and are between 50 and 75 cm high, we can conclude that the boundary marks which are still standing have between 20 and 30 cm of the stone in the ground. The average cross-section of such a boundary mark is between 23×25 cm and 37×34 cm, and all have a slightly rounded top.

Figure 16: Different types of boundary marks on the north-eastern border of the cadastral municipality of Črnotiči: a) carved boundary mark with inscriptions in Krapnik from 1819; b) limestone boundary mark with the year 1865 below Črnotiči airport; c) above the area named Trpce: a roughly carved boundary stone without inscriptions made of sandstone (No. 7 in Figure 12); and d) Soligrad: on the left, an Italian concrete trigonometric pillar and, on the right, an uprooted boundary stone made from sandstone (photo: M. Triglav Čekada, 2023).

At the top of the gentle hill of Soligrad (473 m) there stands an Italian-type concrete trigonometric pillar[16] of trigonometric point Bo. 42-IV-18. It is 56 cm high and has a square cross-section of 40×38 cm, close to it an uprooted sandstone boundary stone can be seen that is 95 cm long and with a cross-section

[15] *According to a folk tradition of the Črnotiče and neighbouring villages, there was once a county in Trpce. In the end, only one lady remained there. She asked the people of Črnotiče to give her a horse so she could leave, but they refused. In contrast, the people of Črni Kal gave her a blind mare and in return she gave them Trpce (Vilfan, 1972). According to a more recent version (Kerševan, 2016), this lady was a princess who wanted to return home to Italy. The people of Črni Kal gave her a mare that was blind in one eye and received Trpce in return.*

[16] *More about Italian-type trigonometric pillars from the interwar period can be found in Triglav Čekada et al. (2022b).*

of 50×24 cm (Figure 16d). Around it, there are the remains of defensive trenches from World War II, as this was the location of the second branch of the defensive line that ran from the village of Črnotiče across the Podgorski Kras towards the village of Vodice (Beltram, 1990).

The next sandstone boundary mark is located on the southwestern side of the larger entrance pit to the Špirnica cave[17] (Figure 17a). The entrance pit alone already represented the boundary point between the cadastral municipalities of Ocizla and Črnotiče at the time of the Franciscan land cadastral survey in 1819, as its name can be found on map No 10 of the cadastral municipality of Ocizla (Figure 15b) and later it was also written on land cadastral maps from the Italian and the post-war periods (source: eZKN[18]).

Figure 17: Other boundary marks: a) sandstone boundary mark in front of the Špirnica boundary cave, b) a roughly carved limestone boundary mark without inscriptions at a location named Pri kaliču (No. 17 in Figure 11) (photo: M. Triglav Čekada, 2023).

The next series of at least five limestone and one uprooted sandstone boundary marks can be found on the field known as Pri kaliču. They present an old land plot boundary, which is already drawn on the Franciscan land cadastral map from 1819 (boundary markers Nos 15 to 20 in Figure 11). The individual boundary stones have a smooth, rectangular surface on one side, on which we did not recognise any inscriptions during our field survey (Figure 17b). This land plot boundary begins with boundary mark No 5 and joins the corner of the cadastral municipalities of Ocizla and Črnotiče at boundary mark No 18. Among those carved boundary stones, there are also smaller piles of individual natural stones or just individual natural stones up to 30 cm high turned upright. These were also used as a special type of boundary mark in the Primorska region in the past and are referred to as *škrle* by Renčelj (2002) or *skrle* by Belingar (2015).

Boundary mark No 19 marks the boundary of the land plot which runs almost exactly in a straight line from east to west. It passes through the Špirnica cave and ends at the hilltop of Soligrad.

3.3 Other boundary marks near the Kraški rob plateau

Near the first boundary mark structure called *muše* in front of the hill of Marčev hrib there is an old carved limestone boundary mark, 53 cm high and 38×12 cm in cross-section, dating to 1819 and bearing

[17] *The Špirnca cave is listed under the number 1399 in the Slovenian Cave Registry.*
[18] *eZKN: map no. 2557_2880_0010.djvu from the Italian period and 2557_2880_0021.djvu from the post-war period.*

the inscription GEMEINDE CERNOTICH / DORF CERNICAL (Figure 18a). It is located below the path just above the cliff edge of the Kraški rob plateau.

If we continue along the mountain trail from the first boundary mark structure down towards the railway, just before we turn onto the steep bends, we find two smaller boundary stones made from concrete and with a cross-section 15×15 cm, one with the letter S on top and the other with K (picture 18b). If we follow the mountain trail in the opposite direction, i.e. uphill towards the hilltop of Marčev hrib, we soon come across another boundary mark made from concrete with the letter K on top. Just before Šamovce there are two more, also with the letter K on the top (Figure 18d). The last three are located in the remains of a former narrow stone fence, which begins with an old carved boundary mark from 1819 (see the map TTN5). The first three are located on still valid boundaries of land plots. The last two, the ones near Šamovce, no longer serve this purpose today. We found this type of boundary marks accidentally during our field survey, but more of them probably still remain in or around the area we examined in nature.

Figure 18: Different types of boundary marks on the southwestern side of the cadastral municipality of Črnotiči: a) limestone boundary mark from 1819 near special boundary mark structure No 1, b) a smaller boundary mark made from concrete with the letter S on top located under special boundary mark structure No 1, c) drystone wall gap stones with the years 1862 carved into them on the Srkavce hayfield, and d) a smaller concrete boundary mark with the letter K on top on Marčev hrib (photo: M. Triglav Čekada, 2024).

Near the topographic location Ravna under Črnotiče, on the hayfield named Srkavce, there are two interesting drystone wall gap stones. They are located about 40 m south of the main walking trail from

Črnotiče to the hill of Gradišče or the Church of St Marija Snežna. The first drystone wall gap stone is 130 cm high and the second 150 cm (Figure 18c). They are made from two natural stones set upright with the year 1862 carved into them. They still serve as boundary marks of land plots. Premrl (2024a) found out that a self-taught stonemason named Luka Škorja from Črnotiči constructed this drystone wall, as well as carved the years into the drystone wall gap stones.

4 DISCUSSION

Near the present-day border of the cadastral municipality of Črnotiče there are several noteworthy old boundary marks from the time of the Franciscan land cadastral survey, from those with inscriptions carved into them by a template, to carved boundary stones made of limestone or sandstone bearing no inscriptions. The latter were most likely erected in 1865, as there are two boundary stones with this date among them. The first is located in a small valley at Krapnik, it is named *Rjavi kamen u štirni* on the Franciscan land cadastral map and today represents the tripoint of the cadastral municipalities of Črnotiče, Podgorje, and Prešnica. The presence of poorly preserved fan-shaped carved lines on it suggests that it may have functioned as a genuine Venetian boundary marker in the past. Furthermore, the presence of two caves (V jami and Špirnica) along this border, which represent a special type of natural boundary marker, indicate that boundary caves have been preserved in Slovenia as well, not only in the immediate vicinity of the Slovenian-Italian border above Boljunec on the Italian side (Triglav Čekada and Bratož – Ježek, 2024).

We have also presented a special type of boundary mark structure, which can only be found on the former Venetian border. These are elongated piles of stones, which the locals call *muše* (Medveščček, 1992; Vilfan, 1996, Kocjančič and Bratož – Ježek, 1997; Darovec and Mihelčič, 2024). They should not be mistaken for round piles of stones found within land plots, which locals call *grublje* (Belingar, 2015; Ciglič, 2005; Vilfan, 1972), as the latter were merely rubble dumps for ubiquitous stones and most of them did not serve as boundary marks. According to Medveščček (1992), the locals themselves erected those special boundary structures on the Venetian border in order to prevent anyone else from changing the course of the border. Given the centuries-long disputes that took place on the former Venetian border in the Karst region due to undivided land plots or poorly defined borders (Bertoša, 1983; 1985; 1986; Darovec, 1990; Bradara, 2017), which we have also briefly described in this paper, such proactive behaviour on the part of the locals would certainly be understandable. This would also mean that the local maintenance of the special boundary structures continued even after the abolition of the Venetian Republic, which would explain why they have been preserved to this day. Field measurements of 27 special boundary structures revealed that 26 are located on the border of the cadastral municipality of Črnotiče, while one, located on the western slope of Marčev hrib, is located on the former common land border. Therefore, surveyors can use them in their measurements as a special type of line boundary marker, i.e. a boundary mark with a similar function to that of a drystone wall. Since, according to the literature (Darovec and Mihelčič, 2024), these markers have also been preserved elsewhere along the entire former Venetian border in Slovenian Istria, they certainly deserve to be considered in our work.

Figure 19: Relocated boundary mark in the village of Gabrovica from the time of the Franciscan land cadastral survey (photo: M. Triglav Čekada, 2024).

Unlike classic old carved boundary stones, these special boundary structures have another advantage: due to their size, it is highly improbable that anyone will move them or take them to their yard or local museum. This happens all too often with boundary stones bearing inscriptions that were erected during the Franciscan land survey. For example, a boundary marker with the inscription CRNOTICI / PETRINJE once stood in front of the Grucelj quarry office, while another with the inscription COMUNE DI GABROVIZA / GEMEINDE CERNICAL can now be found in the village of Gabrovica (Figure 19a). Based on the matching inscriptions and height, this is most likely a boundary mark that was "rescued" by locals from a forest fire in 2013 (Dolenc, 2013). Therefore, the inventory of old boundary marks that we have compiled in this paper is important not only for geodesy, but also from a cultural and historical perspective, as this will ensure that our descendants will one day know where such boundary marks stood in the past.

Acknowledgments

The authors would like to thank Dr Miha Čekada for joint fieldwork and information on Slovenian caves, Božidar Premrl for tips on where to find more material related to preserved Venetian lions in Slovenia, Dr Darko Darovec for advice on how to contact Italian archives, and Rado Škafar for checking the location of the tripoint of the cadastral municipalities of Gabrovica, Socerb, and Črnotiče.

This work was carried out as part of the applied research project L2-50090: *Geodetic marks as material witnesses of geodetic networks development in Slovenia*, funded by the Slovenian Research and Innovation Agency and the Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia.

Literature and sources:

AMI GISportal (2025). GIS-portal Arheološkega muzeja Istre, www.gisportal.hr/ami, dostop 9. 7. 2025.

Belingar, E. (2015). Suhi zid, gradnik kulturne krajine na Krasu. Kronika, 63 (3), 703–716.

Beltram, V. (1990). Med narodnoosvobodilnim bojem. Kraški rob in Bržanija: zbornik v počastitev 500-letnice fresk v Hrastovljah. Koper: obratovalnica IMO – Turistično posredovanje, Skupščina občine.

Bertoša, M. (1986). Mletačka Istra u XVI i XVII stoljeću II: Društvene strukture, populacija, gospodarstvo. Istarska naklada: Pulj.

Bertoša, M. (1985). Između gospodarske kategorije i socialne napetosti (sukobi na mljetačko-austrijskoj granici u Istri od 16. do 18. stoljeća). Problemi sjevernog Jadrana, 5, 58–146.

Bertoša, M. (1983). Nemirne granice knežije (Građa u Državnom arhivu Venecije o graničnim sukobima između metlačke Pokrajine Istre i Istarske knežije). Vjesnik historičnih arhiva v Rijeci i Pazinu, 26, 9–79.

Bertoša, S. (2016). Granice u Istri od prapovijesti do konca XVIII. stoljeća. Ekonomska- i Ekohistorija. (12) (1), 15–43.

Bertoša, S., Bradara, T., Kuzmanović, N. (2010). Kunfini i zlamenja – oznake granica i međa u Istri od srednjeg veka do našega doba. Histria archaeol., 40/2009, 115–145.

Bradara, T. (2017). Mletačko-austrijska granica u Istri. Monografije i katalozi 29. Pula: Arheološki muzej Istre.

Bradara, T., Kuzmanović, N. (2020). Katastar Franje I. i granične oznake na istarskom poluotoku: primjer Ćićarije. V: Zupanc, I.: Franciscejski kataster v Istri: vzpostavitev, raziskave, dediščina. Prispevki s študijskega dneva 29. 10. 2019. Koper: Histria Editiones.

Bradara, T., Kuzmanović, N. (2017). Novootkrivene granične oznakle u istarskim šumama. Histria archaeol., 47/2016, 283–297.

Bradara, T., Bertoša, S., Kuzmanović, N. (2013). Kamik na kunfinu: granične oznake u istarskim šumama. Monografije i katalozi 22. Pula: Arheološki muzej Istre.

Bratulić, J. (1978). Istarski razvod. Studia i Tekst. Pula: Čakavski sabor.

Caniato, G. (2021). L'Argomento – I cento cippi di conterminazione lagunare. https://lazzarettiveneziani.it/it/largomento-i-cento-cippi-di-conterminazione-lagunare, dostop 9. 7. 2025.

Coradazzi, M., Spinato, G. (1993). Antichi termini confinari del Friuli: Localizzione e itinerari alla loro riscoperta. 2. Prealpi Giulie e Collio. Udine: Del Bianco Editore.

Darovec, D. (1990). Od prihoda Slovanov do propada Beneške republike 1797. Kraški rob in Bržanija: zbornik v počastitev 500-letnice fresk v Hrastovljah. Koper: obratovalnica IMO – Turistično posredovanje, Skupščina občine.

Darovec, D. (2005). Rakitovec v starini. V V. Rožac Darovec (ur.), Meje in konfini: Rakitovec, vas kulturnih, družbenih in naravnih prepletanj. Koper: Založba Annales.

Darovec, D., Mihelič, D. (2024). Statuti komuna Koper. Koper: Založba Annales, Zgodovinsko društvo za južno Primorsko.

Dobrila, V., Bratož, B. (2023). Dnevnik Planinskega društva Slavnik, »Smo Čiči in Brčini jušto na konfini«: dnevnih vrhov in pohodov v Brkinih, Čičariji in Malem Krasu. Hrpelje: Planinsko društvo Slavnik. https://www.pzs.si/javno/obhodnice/202404-Obhodnica%20Smo%20Cici%20in%20Brcini%20KNJIZICA.pdf, dostop 25. 7. 2025.

Dolenc, I. (2013). Črnokalski požar je razkril kamnitega dvestoletnika. Primorske novice. https://primorske.svet24.si/2013/04/24/crnokalski-pozar-je-razkril-kamnitega-dvestoletnik, dostop 30. 7. 2025.

Kerševan, N. (2016). Vekoli riti u garžet: folklorne in spominske pripovedi s Kraškega roba do Brkinov. Ljubljana: Založba ZRC.

Kocjančič, K., Bratož-Ježek, B. (1997). Slovenska Istra, Čičarija, Brkini in Kras: planinski vodnik. Ljubljana: Planinska založba Planinske zveze Slovenije.

Kozorog, E. (2008). Mejna znamenja na Severnem Primorskem. Goriški letnik: zbornik Goriškega muzeja, 32, 77–90.

Kozorog, E., Triglav Čekada, M. (2025). Mejniki gospostvev severne Primorske. Geodetski utrinki. Ljubljana: Geodetski inštitut Slovenije.

Medvešček, P. (1992). Skrivnost in svetost kamna: zgodbe o čarnih predmetih in svetih znamenjih na Primorskem. Trst: Založništvo tržaškega tiska.

Novak, A. (2020). Uporabnost arhivskih podatkov zemljiškega katastra pri rednem geodetskem delu: primer zaselka Kozloviči. V I. Zupanc (ur.). Franciscejski kataster v Istri: vzpostavitev, raziskave, dediščina. Prispevki s študijskega dneva, Koper, 29. 10. 2019. Koper: Humanistično društvo Histria, 181–196.

Premrl, B. (2024a). Vas Črnotiče med Krasom in Istro: vaško in cerkveno stavbarstvo ter njegovi mojstri. Ljubljana: Založba ZRC.

Premrl, B (2024b). Mejniki – izpisi iz terenskih zvezkov in drugega gradiva. Osebna korespondenca.

Renčelj, S. (2002). Kras: kamen in življenje. Koper: Libris.

Rožanc Darovec, V. (2005). Do koder seže spomin. V V. Rožac Darovec (ur.), Meje in konfini: Rakitovec, vas kulturnih, družbenih in naravnih prepletanj. Koper: Založba Annales.

Rutar, S. (1896). Samosvoje mesto Trst in mejna grofija Istra. Ljubljana: Matica Slovenska.

Slak, J., Triglav, J., Koračin, K., Ravnihar, F. (2020). Slovenska zemlja na katastrskih načrtih = Slovenian land on cadastral maps. Ljubljana: Geodetska uprava Republike Slovenija.

Triglav Čekada, M., Kozorog, E., Premrl, B. (2025). Mejniki gospostva Jama (Luegg) v gozdovih Hrušice. Geodetski vestnik, 69 (2), 180–204. DOI: https://dx.doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2025.02.180-204

Triglav Čekada, M., Bratož-Ježek, B. (2024). Mejna jama in drugi zanimivi katastrski mejniki okoli Socerba in doline Glinščice. Geodetski vestnik, 68 (1), 11–39. DOI: http://dx.doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2024.01.11-39

Triglav Čekada, M. (2023). Meje katastrskih občin pod Krimom: po sledeh meje med Bistro in Engelshausi iz leta 1726. Geodetski vestnik, 67 (3), 325–342. DOI: https://dx.doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2023.03.325-342

Triglav Čekada, M. (2022). Meje katastrskih občin in rimske ostaline. Geodetski vestnik, 66 (4), 553–561.

Triglav Čekada, M., Rože, A., Škafar, R. (2022a). Mejna znamenja katastrskih občin na Krasu, Matarskem podolju in v Brkinih: med dejstvi in mitologijo. Geodetski

vestnik, 66 (3), 367–386. DOI: https://dx.doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2022.03.367-386

Triglav Čekada, M., Lojk, I., Škafar, R., Stopar, B. (2022b). Značilnosti stabilizacij trigonometričnih točk na Primorskem. Geodetski vestnik, 66 (2), 189–219. DOI: https://dx.doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2022.02.189-219

Vilfan, S. (1996). Zgodovinska pravotvornost in Slovenci. Ljubljana: Cankarjeva založba.

Vilfan, S. (1972). Komun v Črnotičah. Traditiones, 1, 155–172.

Vilfan, S. (1957). Podobe iz nekdanje živinoreje med Trstom in Slavnikom. Kronika, 5 (2), 69–87.

Župančič, M. (2007). Arheološke najdbe in dejavnost L. K. Moserja v Ospu, Predloki in Črnem Kalu v istrski Sloveniji. Annales Ser. Hist. Sociol., 18 (1), 15–30.

Triglav Čekada M., Bratož-Ježek B. (2025). The remains of the former Venetian border hidden in the cadastral municipality boundaries on the Kraški rob plateau around Črnotiče. Geodetski vestnik, 69 (4), 457-499.
DOI: https://doi.org/geodetski-vestnik.2025.04.457-499

Ostanki beneške meje na mejah katastrskih občin na Kraškem robu okoli Črnotič

OSNOVNE INFORMACIJE O ČLANKU

GLEJ STRAN 459

1 UVOD

Beneška republika je do leta 1797 pokrivala tudi del današnje Slovenije. Del nekdanje meje je tekel po današnjem Bovškem in Tolminskem in del po Istri (Coradazzi in Spinato, 1993; Kozorog in Triglav Čekada, 2025). Meja v Istri je ostala bolj kot ne nespremenjena od leta 1523 do propada Beneške republike leta 1797 (Rutar, 1896). Na njej pa so kljub temu še dolgo obstajala območja nerazdeljenih oziroma spornih parcel, imenovanih *differentie*, kjer naj bi imele pravico do uporabe obe strani, kar je v praksi povzročilo mnogotere, tudi krvave ter zelo dolgotrajne spore. Mejo naj bi v tem obdobju vseskozi označevali z novimi mejniki, saj so ob vsakem ponovnem terenskem pregledu ugotovili, da je bila večina starih mejnikov medtem že uničena. Ne samo to, pomrli so tudi stari možje, ki so kaj vedeli o poteku meje na terenu (Bertoša, 1983; 1985; 1986; Darovec, 1990; Bertoša et al., 2009, Bradara et al., 2013; Bradara, 2017). Redni terenski obhodi in pregledi meje so bili večinoma enostranski (Bertoša, 1986; Bradara, 2017). Zato je bilo poznavanje poteka meje za domačine lahko tudi zelo nevarno. Tako je ohranjen dokument z začetka 18. stoletja, v katerem je opisano, kako je kmet mejnike in potek meje na lastni parceli, ki jo je užival, pokazal nasprotni strani ter si s tem prislužil ječo (Bertoša, 1986).

V času Beneške republike so v Istri kot mejnike uporabljali vse od: v naravi lahko razpoznavnih topografskih danosti, kot so grape, vrhovi, drevesa (topoli, hrasti), najstarejših preprostih serifnih križev, vklesanih v naravno prisotne skale ali klesane kamne, vklesanih križev z dodanimi črkami, vklesanih podkev, vklesanih grbov v naravno prisotne skale ali klesane kamne, zidanih stebrov z dvema klesanima ploščama na vsaki strani, na katerih sta bila grba, izkopanih jarkov, suhih zidov ali samo podolgovatih kupov kamenja (Bertoša, 2016; Bradara et al., 2013; Bradara, 2017). Slednji so v slovenski Istri poimenovani *muše* (Medveščček, 1992; Vilfan, 1957, 1996; Kocjančič in Bratož-Ježek, 1997; Darovec in Mihelič, 2024). Po nekaterih razlagah je poimenovanje izpeljanka iz domače popačenke za oslico, ki ji rečejo *muša* (npr. Kerševan, 2016). Oslica je lahko povezana z enim od nekdanjih načinov tovorjenja blaga po črnokalskem klancu – s karavanami oslovodcev, ki so jih imenovali *mussolati*, medtem ko so nosači, ki so jih imenovali *spalanti*, blago nosili na hrbtih (Bertoša, 1986). Poimenovanje je bilo nekoč tako poznano, da je celo dalo ime ledini, ki je na nekdanji beneški meji (Darovec in Mihelič, 2024). Ledinsko ime Mušovlje je izpisano na TTN5 in tudi DTK50 ob današnji meji katastrskih občin Gabrovica in Socerb, to je danes predel med kamnolomoma Tivnik in Grucelj v Črnem Kalu. Tod je nekoč tekla tudi glavna cesta čez Kraški rob, po kateri so tovorili blago iz Istre v notranjost (Darovec, 1990).

Do danes so se muše v slovenski Istri ohranile vsaj na nekdanji beneški meji med Ospom in Socerbom, na mejah katastrskih občin Podgorje (šifra katastrske občine 2583) in Podpeč (šifra 2616) ter na pobočju Kojnika (Kocjančič in Bratož-Ježek, 1997; Darovec in Mihelič, 2024). Muše so okrog 20 metrov dolgi

kupi kamenja, ki so bili visoki do enega metra ter široki od dva do tri metre. Danes jih brez domačina zelo težko ločimo od razpadajočih suhih zidov, ki jih je tod veliko. Muša je lahko tudi del samega suhega zida in je videti kot dodatno utrjen suhi zid. V članku bomo predstavili na terenu preverjene lokacije muš ter nekaterih drugih starih mejnikov, ki danes stojijo v bližini meje katastrske občine Črnotiče (s šifro 2599). Soavtorju Bratožu – Ježku so jih v preteklih desetletjih pokazali starejši domačini, v letih 2023 in 2024 pa sva jih ponovno skupaj obiskala in izmerila njihove lokacije.

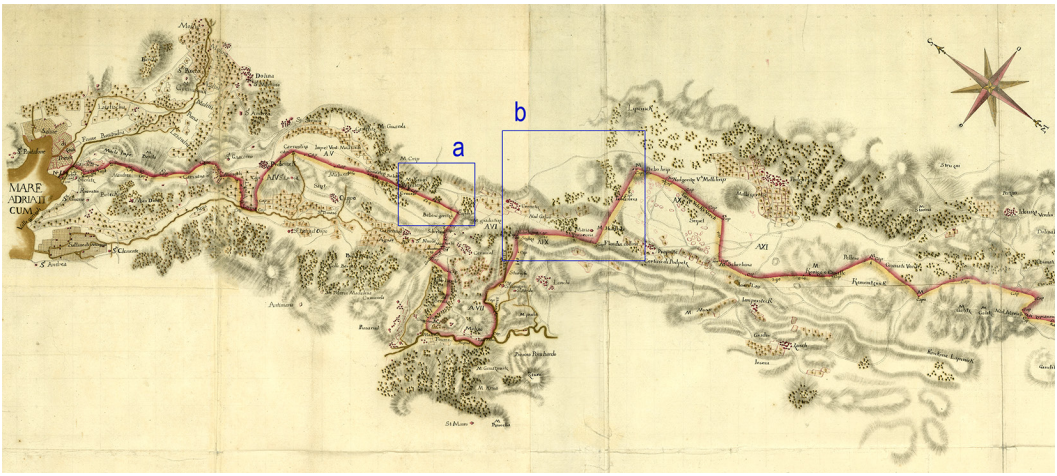
V času franciscejske zemljiškokatastrske izmere, ki so jo na Kraškem robu izvajali v letih 1818–1819, so na podlagi beneške meje opredelili in izmerili meje katastrskih občin, ki so ohranile veljavo do danes (Novak, 2020; Bradara in Kuzmanović, 2020; Triglav Čekada in Bratož-Ježek, 2024). Zato na originalnih lokacijah ohranjeni beneški mejniki, kamor sodijo tudi muše, lahko še vedno označujejo upravno veljavne meje.

2 BENEŠKA MEJA IN MEJNIKI NAD ČRNIM KALOM SKOZI ČAS

Nekdanja beneška meja je vstopila v današnjo Slovenijo v Istri na severu iz Italije malo nad vasjo Osp, iz nje pa izstopila na Hrvaško na vrhu hriba Kosmačič (736 m). Celotni meji v Istri lahko sledimo na GIS -portalu Arheološkega muzeja Istra iz Pulja (AMI GISportal, 2025), naša interpretacija je na sliki 11. V tem članku se bomo osredotočili na območji med Črnim Kalom in Črnotičami, ki je na stari topografski risbi meje iz 17. in 18. stoletja (slika 1) prikazano od točke A do točke F. Na karti istrske beneške meje iz 18. stoletja (slika 2) sta podrobneje obravnavani območji označeni s kvadratoma. Podrobneje prikazana izseka te karte sta na slikah 5 in 9.

Slika 1: Topografska risba Kraškega roba z vrisano mejno črto med beneškimi in avstrijskimi deželami v 17. in 18. stoletju, ki prikazuje mejo med Mačkoljami (Caresana), ki so danes v Italiji, in Črnotičami (vir: ASVe[1], DRI, f. 19, c.1).

[1] *Beneški državni arhiv (Archivio di Stato di Venezia).*



Slika 2: Izsek iz karte Vincenza Dinija, ki prikazuje mejo med Beneško republiko in Vojvodino Kranjsko v Istri, od Miljskega zaliva do Rakitovca, 18. stoletje (vir karte: ASTs[2], DFAP, c. 327). Modra kvadrata označujeta naši obravnavani območji: a) nad vasjo Gabrovica okoli izvira Brstenik in b) pod vasjo Črnotiče okoli cerkve sv. Marije Snežne.

2.1 Različne vrste beneških mejnikov z grbi

Ker so beneške mejnike redno uničevali, da bi zakrili potek meje, jih veliko najdemo premaknjenih na drugotne lokacije. Tako v slovenski Istri najdemo več premaknjenih ostankov nekdanjih pravokotnih apnenčastih plošč dimenzij 49 × 49 cm z grbom beneškega leva ali avstrijskega ščita iz leta 1755 (Premrl, 2024a; 2024b), ki so bili nekdaj vgrajeni v zidane mejne stebre (njihove današnje lokacije smo prikazali tudi na sliki 11): a) beneški lev na naslovu Črnotiče 29, vzidan okoli leta 1980 levo od vhodnega portala, pred tem naj bi plošča zelo dolgo služila kot pokrov odtočnega kanala, b) na dva dela razbit beneški lev na naslovu Osp 43 (slika 3a), ki so ga kaki dve desetletji nazaj vgradili v podporni zid, pred tem pa so dela posamezno uporabili kot zidaka za staro hišo, ob podiranju katere ju niso našli hkrati, zato so ju tudi vgradili ločeno; c) avstrijski grb na hiši Črni kal 51 in d) avstrijski grb na notranji strani pokopališkega zidu cerkve sv. Janeza Krstnika v Predloki (slika 3b), kamor so ga premaknili ob obnovi tlaka cerkve leta 1892 (Župančič, 2007). Dva beneška leva sta še v Pokrajinskem muzeju Koper (Bradara, 2017). V letih 1755–1757 so po celotni istrski meji postavili 104 take zidane stebre. Pri tleh so imeli presek med 100 × 100 cm in 120 × 130 cm ter so bili piramidasto zaključeni. Na vsakem sta bili pritrjeni po dve pravokotni klesani apnenčasti plošči: na prednji strani z beneškim levom in na zadnji z avstrijskim ščitom. V Istri se ni ohranil nobeden zidan steber iz tega obdobja, ponekod so vidni le njihovi temelji (Bradara, 2017; Bradara in Kuzmanović, 2020). Nam najbližje najdemo ohranjene malo mlajše zidane beneške mejne stebre iz leta 1791 v beneški laguni (Caniato, 2021).

Ponekod na nekdanji beneški meji so se ohranili še grbi, vklesani v živo skalo, ali grbi, vklesani v mejnike nepravilnih oblik. Tik nad današnjo severno slovensko mejo, skoraj na sredini med Rabeljskem jezerom in Nevejskim sedlom, v bližini križišča glavne ceste in potoka s pomenljivim imenom Rio Confine, naj bi se ohranila dva beneška leva iz leta 1757, vklesana v žive skale (Coradazzi in Spinato, 1993). Ob terenskem

[2] *Tržaški državni arhiv (Archivio di Stato di Trieste).*

Slika 3: Deli ohranjenih beneških plošč iz leta 1755, ki nista več na originalnih lokacijah: a) razpolovljen beneški grb, vgrajen v zid na Ospu 43; b) celoten avstrijski grb na notranji strani cerkvenega zidu sv. Janeza Krstnika v Predloki (foto: M. Triglav Čekada, 2024).

Slika 4: Beneški lev (a) in avstrijski grb (b) iz leta 1757, vklesana v živo skalo, ki je 60 metrov severno nad glavno cesto med Rabeljskim jezerom in Nevejskim sedlom v Italiji ob potoku Rio Confine (foto: M. Triglav Čekada, 2023).

pregledu leta 2023 smo našli le severnega, ki je zelo lepo opremljen z informativno tablo (slika 4). Tod je pozneje potekala tudi meja dežel ter kasneje tudi držav, zato je na vrhu skale še državni mejnik med Avstro-Ogrsko in Italijo z letnico 1887. V Sloveniji se je ohranil mejnik z obema grboma, vklesanima

v živo skalo, iz leta 1753 pri naselju Golobi nad Livkom[3] (Kozorog, 2008; Kozorog in Triglav Čekada, 2025; Coradazzi in Spinato, 1993). V hrvaški Istri se je ohranil 70 centimetrov visok mejnik nepravilnih oblik, imenovan Baba, ki je na tromeji katastrskih občin Sv. Lovreč – Dvigrad – Kringa. Tudi ta ima vklesana oba grba, vsakega na svoji strani (Bertoša et al., 2010; Bradara, 2017). Lokacija tega mejnika naj bi bila omenjena že v Istarskem razvodu (Bradara, 2017), ki opisuje obhod po delu beneške meje v današnji hrvaški Istri iz leta 1275 (Bratulić, 1978). V hrvaški Istri so Bradara et al. (2013) našli še večje število od 100 do 190 centimetrov visokih klesanih mejnikov trapezoidne oblike s krožnim gornjim delom, na katerih je prav tako vklesan beneški grb, vendar žal nimajo letnice. Prav tako jih precej več ni ohranjenih na originalnih lokacijah.

2.2 Potek nekdanje meje na obravnavanem območju

Potek beneške meje za obravnavani območji smo povzeli iz Sporazuma v Gorici, ki je bil podpisan 26. 12. 1754 ter ratificiran z obeh strani v letu 1755. Sporazum je v hrvaškem in italijanskem jeziku objavljen v Bradara (2017). Tu bomo povzeli le odseke, ki opisujejo naši testni območji. V opisu meje so z zaporedno številko oštevilčene in hkrati z ledinskim imenom opisane lokacije, kjer so takrat postavili zidane mejne stebre, na izrezih stare karte (sliki 5 in 7) so te lokacije označene s *Capitelo* ali *Cap*., kar je italijanska okrajšava za steber. Vrhovi hribov pa so označeni s črko M (it. *monte*).

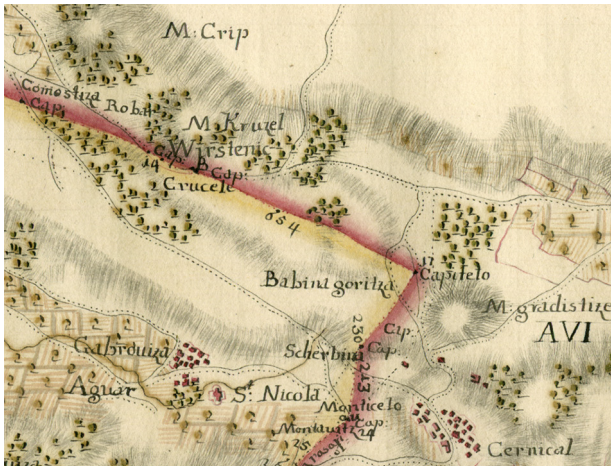
Po Sporazumu v Gorici povzet opis odseka meje nad Črnim Kalom, preden meja zavije pravokotno navzdol pod Kraški rob (na sliki 2 območje a):

> *»Od številke 11. do točke 14., ki se nahaja na cesti pred izvirom, imenovanim Brestenich, naj se potegne povprečna črta, ki bo razdelila prečno ta del spornega terena, ta črta naj bo dolga 1160 pertik[4]. Naveden izvir se bo tako razdelil na dva dela, tako da bo polovica vode pripadala beneški in polovica avstrijski strani. Okoli nje in proti cesti naj ostane približno 20 pertik skupne zemlje, ki bo služila za dostop obema občinama, ki bosta tja gnali napajat živino.*
> *Od točke, označene s številko 14., gre meja po cesti, imenovani Brestenich, vse do polja, ki je označeno s črko B in ki pripada cerkvi svetega Križa iz Castelleza ter bo ostalo beneško. Po koncu polja naj se potegne dolžino 664 pertik po isti cesti vse do točke na cesti, imenovane Cranzi, ki gre do Cernicala in ta točka bo gledala naravnost na Babbinagoriza, kjer je nameščena točka številka 17. in omenjena cesta bo ostala avstrijska.«*

V Bradara (2017) interpretirajo ledinska imena iz tega opisa kot: *Brestenich* je izvir Berstenik, *Castelleza* je Kastelec, *Cranci* so Kranjci, *Cernical* je Črni Kal, *Babbinagorica* je Babina gorica. Darovec (1990) izvir Brestenich imenuje Brstenik, kot naj bi ga imenovali domačni iz Črnega Kala in Črnotič, domačini iz Kaštela pa so mu rekli *Pr' kostelšče staje*. Če primerjamo stari karti s slik 1 in 5, lahko hitro ugotovimo, da se točka B nahaja v neposredni bližini izvira, ki ga na sliki 1 hitro prepoznamo po topografskem znaku dveh povezanih črnih krogov na lokaciji, označeni s črko A, na sliki 5 pa po imenu *Wirstenic*. Na risbi beneške meje med Socerbom in izvirom Brstenik na sliki 7 je izvir izrisan kot manjše jezerce in označen s točko A, v podpisu je poimenovan *Bristinich*. V podpisu tudi izvemo, da je skica meje na sliki 7 novejšega nastanka kot prejšnji dve, saj tu trdijo, da je sam izvir Brstenik oziroma točka A že tromejnik beneških vasi Gabrovica ter Osp in avstrijskega Kastelca. Na karti prve vojaške izmere habsburškega imperija iz

[3] *V Register kulturne dediščine je vpisan pod številko 1-00325.*
[4] *Pertik je stara dolžinska enota.*

let 1784–1785[5] je tu izrisan mejnik z imenom *Berstenik*, na karti franciscejske in reambulančne izmere katastrske občine Prebeneg (danes Socerb)[6] katere osnova je iz 1819 pa *Quelle Prestenig*. Danes se tromeja katastrskih občin Osp (s šifro 2597), Gabrovica (s šifro 2601) in Socerb (s šifro 2598) sicer nahaja kakšnih sto metrov nižje.



Slika 5: Detajl obravnavanega območja s karte meje med Beneško republiko in Vojvodino Kranjsko iz 18. stoletja – na sliki 2 območje a (vir karte: ASTs, DFAP, c. 327).

Slika 6: Izvir Brstenik je tik nad ostanki stare ceste pod kamnolomom Grucelj oziroma pod nekdanjim vrhom hriba Gaber (foto: M. Triglav Čekada, 2024).

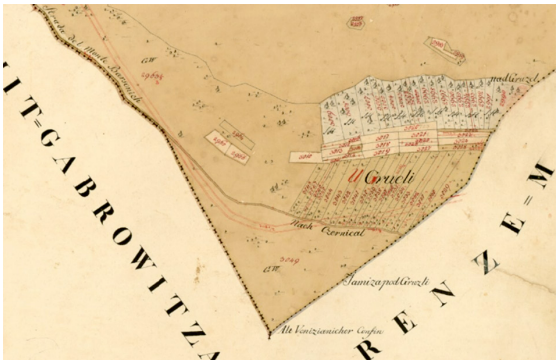
[5] *Vir Arcanum Maps: https://maps.arcanum.com/en/map/firstsurvey-inner-austria/?bbox=1541346.4391224459%2C5709824.045495721%2C1548612.7341238055%2C5712313.026229257&map-list=1&layers=138.*

[6] *Vir ASTs: https://a4view.archiviodistatotrieste.it/patrimonio/bafd7675-af61-4348-a273-b95fd18a78de/675-a-07-mappa-catastale-del-comune-di-prebenigo-foglio-vii-1819-1872.*

Slika 7: Skica beneške meje na območju Socerba, Prebenega, Gabrovice in Kastelca: A) izvir Brstenik, B) mejna cesta (vir: ASVe, Provveditori alla Camera dei Confini, b. 234, c. 6).

Če pogledamo novejše karte, je izvir Brstenik na TTN5 sicer označen, vendar nima imena. Voda iz izvira Brstenik ponikne pod cesto, potem jo ponovno srečamo v grapi nad ledino Zabreg. Ta grapa še danes predstavlja mejo katastrskih občin Osp in Gabovica. Sam izvir Brstenik je dal ime tudi stari mejni cesti, ki je potekala pod njim iz Kastelca proti Črnotičam – cesta je označena s črkami B na risbi na sliki 7.

Z geodetskega vidika je zanimiv še beneški mejnik na pol poti med izvirom Brstenik in vrhom ledine Babina Gorica (slika 5), danes nad ledino Mušovlje, to je v točki, kjer se danes stikajo meje katastrskih občin Gabrovica, Socerb in Črnotiče. Vsaj še v času franciscejske zemljiškokatastrske izmere, ki so jo tod izvajali v letih 1818–1819, je tu tromejo katastrskih občin označeval star beneški mejnik – *Alt Venizianicher Confin* (slika 8). Danes ga ni več, na tem kraju najdemo le stik suhih zidov. Mejnik bi le z veliko domišljije lahko povezali z mejnikom, poimenovanim *Crucele*, ki na izseku stare karte beneške meje (sliki 5) stoji malo vzhodneje od izvira Brstenik.

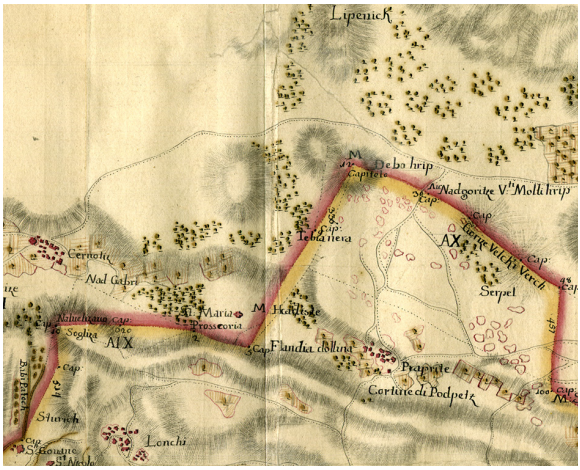


Slika 8: Tromeja katastrskih občin Gabrovica, Socerb in Črnotiče, danes nad ledino Mušovlje, kjer je vsaj še v času franciscejske zemljiškokatastrske izmere stal star beneški mejnik (vir ASTs: karta reambulančne izmere katastrske občine Prebeneg iz leta 1872, osnova je iz 1819).

Nadaljujemo s po Sporazumu v Gorici povzetim opisom odseka meje nad Črnim Kalom, na mestu, kjer se meja vrne na Kraški rob ter potem poteka po njem vse do cerkve sv. Marije Snežne, kjer se pravokotno lomi in gre naprej v notranjost na Debeli hrib (območje b na sliki 2):

> *»… pridete nad Carsa na točko 10., ki jo Avstrijci imenujejo Nadiegliza, Benečani Igliza. Nato prečkajte sporno območje (differencie) po ravni črti dolžine 620 pertika, da pridete do kamna številka 2, označenega s križi, imenovanega Prosscoria. Od tu po ravni črti do številke 5 na lokaciji, imenovani Flandia Dolina. Od tu potegnemo povprečno ravno črto dolžine 544 pertika do Foibanere (Tabia nera) na številki 9, potem v ravni črti dolžine 336 pertika do številke 12 na lokaciji Debeli Crip. Zatem gremo prek drugega vrha, ki ga Avstrijci imenujejo Nadgorice, Benečani pa Mali Crip, do številke 30. Nadaljujemo preko sledečih vrhov, ki jih Benečani imenujejo Gorize, vse do številke 48, ki jo Avstrijci imenujejo Veliki Verch.«*

Ledinska imena iz drugega sklopa so v Bradara (2017) interpretirali kot: *Carsa* je Kras, *Igliza* – njene lokacije niso znali določiti, lokacija na stari karti beneške meje (slika 9), označena kot *Tabia nera* – naj bi predstavljala ledino Na jame, *Debeli Crip* je Debeli hrib, *Nadgorice* je Nadgorica, *Mali Crip* pa Mali hrib.



Slika 9: Detajl obravnavanega območja s karte meje med Beneško republiko in Vojvodino Kranjsko iz 18. stoletja – na sliki 2 območje b (vir karte: ASTs, DFAP, c. 327).

Lokacijo *Igliza* (na sliki 9 *Sogliza*) bi se dalo interpretirati tudi kot današnji poimenovanji vrhov s Kraškega roba Škrbina ali celo vrh Marčevega hriba. Žal se toponim *Dizhliza*, ki je podoben Iglici, nazadnje pojavi na karti prve vojaške izmere habsburškega imperija iz let 1784–1785. Celotno območje današnjega Marčevega hriba je na karti franciscejske izmere iz leta 1819[7] imenovano Na Kribi, to ime v varianti Na hribi najdemo še na karti tretje vojaške izmere Avstro-Ogrske iz let 1869–1887[8]. V varianti Za hribam ga najdemo na karti prve vojaške izmere takoj za imenom Dizlica. Danes se ledina Hrib nahaja na TTN5, takoj za Marčevim hribom. Iz zgornjega lahko sklepamo, da je Iglica najverjetneje kar staro poimenovanje za vrh Marčevega hriba.

Meja katastrskih občin Črni Kal (s šifro 2600) in Črnotiče (s šifro 2599) se sicer že od časa franciscejske izmere naprej na vzhodu malo pred Črnokalskim gradom spusti pod Kraški rob ter se nekaj sto metrov

[7] *Vir ASTs: https://a4view.archiviodistatotrieste.it/patrimonio/55de1e13-90fd-4d03-8841-7e4a132b780f/447-b-05-mappa-catastale-del-comune-di-s-sergio-foglio-iv-sezione-v-1819-sec-xix-primo-quarto.*

[8] *Vir Arcanum Maps: https://maps.arcanum.com/en/map/thirdsurvey25000/?bbox=1542864.6870821042%2C5706802.267182566%2C1550130.98208346 38%2C5709291.247916102&map-list=1&layers=129.*

vzhodneje od vrha Marčevega hriba spet vrne na plato Kraškega roba. Vendar tod po zgornjem robu planote že od časa franciscejske izmere naprej poteka meja parcel dveh srenj. V naravi to označuje star klesani polkrožno zaključen mejnik z napisi, ki ga bomo podrobneje opisali kasneje (slika 18a).

Če podrobneje pogledamo sliko 9 in TTN5, lahko lokacijo *Prosscoria* interpretiramo kot lokacijo na zahodnem pobočju hriba Gradišče, torej na pobočju Gradišča pod cerkvijo Marije Snežne, kjer se nekdanja mejna črta nekoliko lomi. *Flandia Dolina* predstavlja dolinico med hriboma Gradišče in Steno, ki je eden izmed položnih vrhov Kraškega roba. Starejši domačini lokaciji pravijo tudi Bəzəvišćen bori (Kerševan, 2016). Tu se je meja lomila pravokotno, saj se je obrnila skoraj proti severozahodu (slika 10a). Če primerjamo sliki 1 in 2, lahko lokacijo *Flandia Dolina* interpretiramo kot lokacijo E in *Tabia nera* kot lokacijo F. Na karti prve vojaške izmere habsburškega imperija (1784–1785) se tam lokacija *Tabia nera* z mejnikom imenuje Na jami. Ledina V jami je še danes globoka vrtača, ki ima na vrhnji zahodni strani tudi manjši vhod v brezno[9] (slika 10b). To se da povezati s podrobnim opisom točke F na stari karti meje s slike 1: *Foiba Cernaiana*, ki jo lahko interpretiramo kot črno jamo. Ledina V jami danes stoji zelo blizu ledine s pomenljivim imenom Na konfinu, ki lahko v primorskem narečju pomeni, da je tu nekoč stal mejnik[10] ali, kar je na Podgorskem krasu še verjetneje, da je tod nekdaj potekala meja[11].

Slika 10: Današnja podoba nekdanjih beneških lokacij: a) *Flandia Dolina* – lom suhih zidov z večjimi kamni, na katerih ni ostankov napisov; b) V jami – vhod v brezno na sredini in s suhim zidom obzidana globoka vrtača levo (foto: M. Triglav Čekada, 2024).

2.3 Nekdanje sporne točke (*differentie*) na obravnavanem območju

Bertoša (1986) in Darovec (1990) za 16. stoletje omenjata kot prvo sporno lokacijo na koprskem območju vas Gabrovico in njene obmejne pašnike. Zelo problematični sta bili tudi mejni cesti Brstenik, ki je vodila iz Kastelca v Črnotiče (na sliki 7 označena z B), in nanjo pravokotna cesta, imenovana Tivnik, ki je vodila čez Tivnik v Črnik Kal[12]. Obe cesti sta bili hkrati mejni črti in najpomembnejši transportni žili za prehod blaga iz Istre v notranjost, zato sta ob njiju obe strani postavljali zasede ter kradli tovor nosačev

[9] *Jama pred vrtačo V jami v Katastru jam ni opisana.*

[10] *Na ledini* Per Konfini *ob cesti Lokev–Bazovica stoji zelo visok mejnik, oštevilčen s številko XXIII Švarceneškega gospostva s Trstom, podrobneje opisan v Triglav Čekada et al. (2022a). Ime te ledine je ohranjeno le na arhivskih zemljiškokatastrskih načrtih, ne pa na TTN5.*

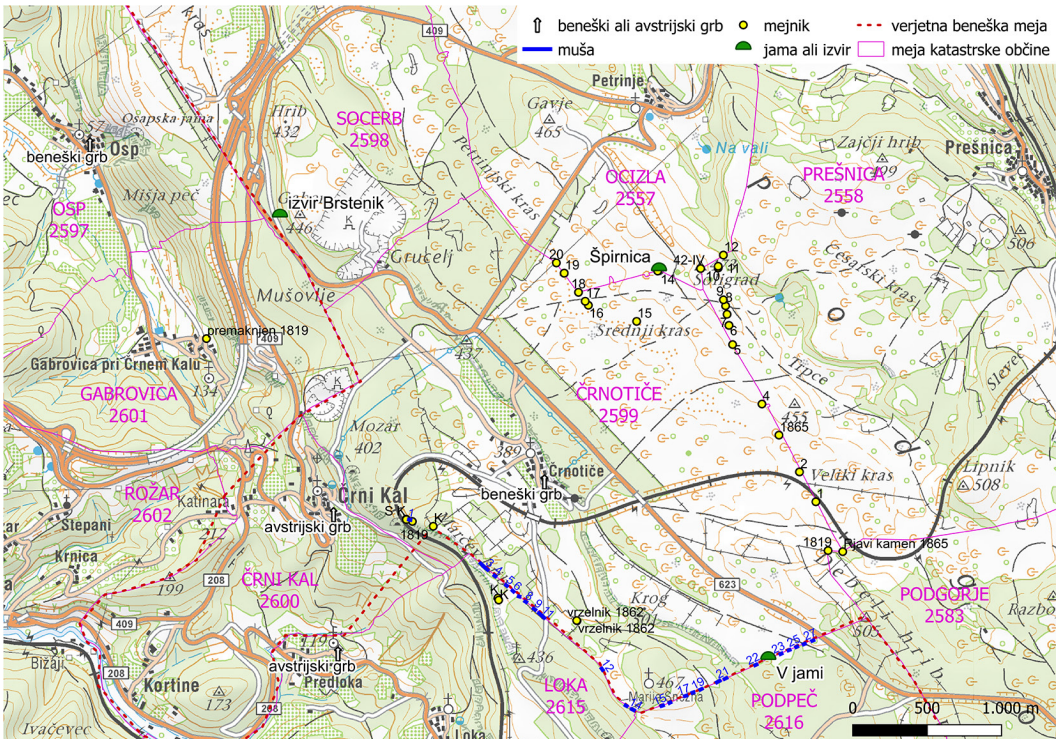
[11] *Termin »na konfinu« na območju Podgorskega krasa velikokrat pomeni predvsem mejo in ne posameznega mejnika (Darovec, 2005). Tako je star rek o meji »Nismo Čiči ne Brčini, smo jušto na konfini« (Vilfan, 1957; Kerševan, 2016; Rožanc Darovec, 2005) dal naslov tudi dnevniku Planinskega društva Slavnik (Dobrila in Bratož, 2023).*

[12] *Izris dveh glavnih trgovskih cest iz Kopra na Kranjsko čez Črni Kal ter čez Rakitovec je v Darovec (2005).*

ali mulovodcev. Prav tako sta obe strani redno uničevali mejnike, ki so stali ob obeh cestah. Podobno kot je bil tod izvir Brstenik namenjen napajanju živine z obeh strani mejne črte, torej nerazdeljena parcela ter zato stalen povod za prepire, so imeli tudi v Podpeči lokev, ki je stala na sami meji ter je bila namenjena obema stranema in prav tako izvor stalnih sporov.

Dobrih dvesto let kasneje, v sredini 18. stoletja, se huda kri na vseh teh spornih točkah ni polegla. Tako naj bi imeli še vedno probleme na meji nad Gabrovico okoli ceste Brstenik. Tudi Podgorci so se še vedno prepirali s Podpečani, si izmenično kradli živino, uničevali posevke in mejnike, občasno pa je tod prišlo tudi do dokumentiranih ubojev. Dodatno so se razvneli še spori med vasema Rožar in Črni Kal (Bertoša, 1986).

3 REZULTATI TERENSKEGA PREGLEDA



Slika 11: Karta na terenu preverjenih lokacij (vir podlage: DTK50, GURS).

3.1 Muše

Na terenu smo izmerili lokacije 27 podolgovatih kupov kamenja, ki so jih domačini v preteklosti pokazali soavtorju Bratožu – Ježku, in trdili, da bi lahko bili ostanki beneških muš (preglednica 1, slika 11). Koordinate moramo obravnavati kot približek, izmerjen na en meter natančno, saj je v naravi samo točko začetka ali konca muše zelo težko prepoznati, še posebej tam, kjer se muša začne v ostankih suhega zidu.

V naravi muše prepoznamo kot širše podolgovate kupe kamenja, dolge od 20 do nekaj manj kot 10 metrov, danes so široke od dva do tri metre in v sredinskem delu se kup kamenja lahko dvigne do enega metra ali več. Vse niso enako izrazite, saj so že dolgo podvržene razpadanju (slika 12). Na terenu najslabše

razpoznamo muše št. 1, 26 in 27, saj so danes videti le kot kamenje neobičajno enakih velikosti, ki je na nepričakovanih mestih raztrošeno v podolgovato črto (slika 12f). Veliko muš najdemo v ostankih nekdanjih suhih zidov, ki lahko tod temeljijo na mejnih suhih zidovih še iz časa Beneške republike (Bradara, 2017). Skoraj vse so na še danes veljavni meji katastrskih občin Črnotiče z Loko (s šifro 2615) in Podpečjo (s šifro 2616). Izjema je le prva muša na zahodnem pobočju Marčevega hriba na nekdanji srenjski parcelni meji, ki izvira še vsaj iz časa franciscejske zemljiškokatastrske izmere. Vse razen prve vsekakor sledijo tudi nekdanji beneški meji. Ker v prejšnjem poglavju nismo mogli z gotovostjo potrditi, da je lokacija nekdanjega beneškega ledinskega imena Iglica na vrhu Marčevega hriba ali vrhu Škrbina, ostane odprta tudi možnost, da se bo v prihodnosti pokazalo, da tudi prva muša stoji na nekdanji beneški meji.

Slika 12: Tipični primeri muš na mejah katastrske občine Črnotiče: a) št. 6, b) 15, c) 17, d) 19, e) 23 in f) 26 (foto: M. Triglav Čekada, 2024).

Na sliki 13 sta še dva posebna primera muš: muša št. 12 Pod lisično, v kateri najdemo ostanek pravokotnega zidca, ter muša št. 22, ki je 90 metrov pred vrtačo V jami ter se začne s polkrožno obliko. Muša Pod lisično se sicer nahaja v bližini nekdanje lokacije beneškega zidanega stebra, imenovanega *Proscoria*. Polkrožna oblika pri muši št. 22 pa je bolj podobna grudobranu iz vojnih obdobij. Zavedati se moramo, da so med drugo svetovno vojno na Kraškem robu Nemci kopali obrambne jarke, podzemne bunkerje in druge obrambne objekte (Beltram, 1990).

Slika 13: Posebna primera muš: a) Pod lisičino – kvadratni zidec znotraj muše št. 12; b) pred vrtačo V jami – polkrožni začetek muše št. 22 (foto: M. Triglav Čekada, 2024).

Preglednica 1: Osnovni podatki o mušah, izmerjenih na terenu. Imena ledin so privzeta iz TTN5.

Zaporedna številka muše	Ledina po TTN5	Dolžina (m)	Koordinate začetek (D96)		Koordinate konec (D96)	
			E (m)	N(m)	E (m)	N(m)
1	zahodno pobočje Marčevega hriba	10	413033	46097	413042	46094
2	Hrib	29	413515	45802	413536	45782
3	Hrib	34	413536	45782	413561	45760
4	Hrib	7	413608	45720	413614	45716
5	Šamovce	6	413686	45655	413691	45651
6	Šamovce	9	413730	45619	413737	45613
7	Šamovce	5	413775	45578	413772	45580
8	Šamovce	7	413815	45546	413821	45542
9	Šamovce	11	413872	45497	413881	45491
10	Šamovce	15	413907	45467	413919	45457
11	Šamovce	12	413933	45445	413943	45437
12	Pod lisično	11	414329	45094	414335	45086
13	med Gradiščem (Sv. Marija Snežna) in Steno	9	414490	44847	414497	44843
14	med Gradiščem (Sv. Marija Snežna) in Steno	14	414532	44821	414545	44815
15	med Gradiščem in Plečami	10	414731	44843	414740	44847

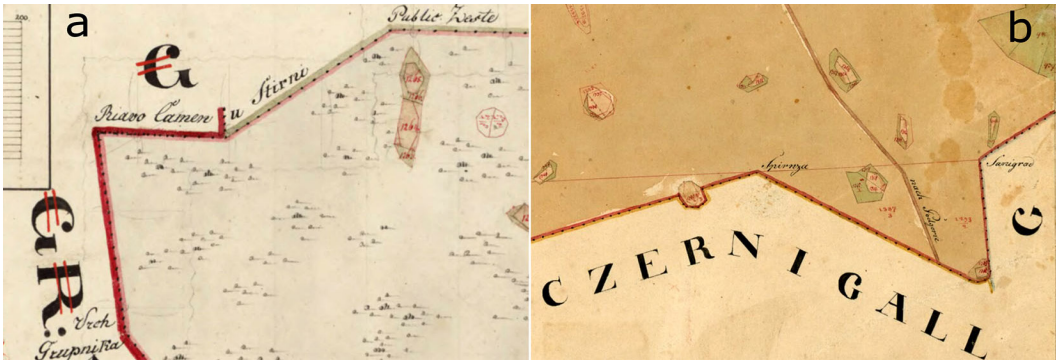
Zaporedna številka muše	Ledina po TTN5	Dolžina (m)	Koordinate začetek (D96)		Koordinate konec (D96)	
			E (m)	N(m)	E (m)	N(m)
16	med Gradiščem in Plečami	6	414785	44864	414790	44867
17	med Zagradiščem in Plečami	10	414889	44910	414898	44913
18	med Zagradiščem in Plečami	7	414939	44932	414946	44935
19	med Zagradiščem in Plečami	10	414992	44953	415001	44957
20	med Zagradiščem in Na konfinu	20	415104	45002	415122	45012
21	med Zagradiščem in Na konfinu	14	415155	45025	415168	45032
22	v bližini V jami	9	415361	45118	415370	45122
23	med Parti in Štefancami	8	415531	45193	415538	45196
24	med Parti in Štefancami	7	415585	45218	415592	45219
25	med Parti in Štefancami	6	415637	45239	415643	45242
26	Krmčevka	9	415687	45258	415694	45261
27	Krmčevka	9	415744	45281	415752	45284

3.2 Potencialni beneški mejnik iz Krapnika ter drugi mejniki ob severovzhodni meji katastrske občine Črnotiče

V bližini severovzhodne meje katastrske občine Črnotiče najdemo še 22 mejnikov srenj oziroma agrarnih skupnosti, od katerih jih 13 danes stoji na meji katastrske občine ter 9 samo na mejah parcel.

Slika 14: Potencialni beneški mejnik v Krapniku, lokacija je na franciscejskih načrtih imenovana Rjavo Čamen u Štirni: a) v kvadratu letnica 1865, nad njo črte; b) okrogla oblika z nakazanimi prečnimi črtami (foto: M. Triglav Čekada, 2023).

Prva dva najdemo pod Debelim hribom na ledini, imenovani Krapnik. Prvi z letnico 1865 označuje tromejo med katastrskimi občinami Črnotiče, Podgorje (s šifro 2583) in Prešnica (s šifro 2558) in je v zaraščeni dolinici, ki je na starih zemljiškokatastrskih načrtih poimenovana *Stirnizza* ali *Rjavo Čamen u Štirni* (slika 15a). Ime enostavno razložimo s prisotnostjo naravne vode, ki je omogočala, da so tu nekoč imeli ovčje staje, danes pa tu najdemo le blatno lužo, v kateri se kopljejo divje svinje. Mejnik predstavlja naravna skala temnejše barve, torej iz rjavega kamna, visoka 102 cm in s presekom pri tleh 70 × 55 cm. Na strani, obrnjeni k Debelemu hribu, najdemo brez šablone vklesan kvadrat 28 × 13 cm z letnico 1865. Ob strani so vklesane še pahljačaste črte (slika 15a), ki zelo spominjajo na ostanke kril beneškega leva, kot sta vklesana v naravno skalo v bližini naselja Golobi nad Livkom (Kozorog in Triglav Čekada, 2025) ter naravno skalo, imenovano Baba, pri naselju Draguzeti v hrvaški Istri (Bertoša et al., 2010; Bradara, 2017). Sum še okrepi razpadla krožna oblika z rahlo nakazanimi vzdolžnimi prečkami na zadnji strani kamna, ki gleda stran od Debelega hriba in bi lahko nekdaj predstavljala grb avstrijskega cesarstva (slika 14b). Bi lahko ta mejnik enkrat v času Beneške republike stal na vrhu položnega Debelega hriba ali pa je nekdaj beneška meja potekala 500 metrov bolj proti severu? Vendar je mejnik moral v tej dolinici stati že v času franciscejske izmere, kar lahko sklepamo po ohranjenem imenu z načrtov iz tega obdobja (slika 15a), letnico urejanja srenjskih mej pa so doklesali kasneje. Da ga verjetno niso premikali, lahko sklepamo tudi po tem, na kateri strani mejnika je verjetni beneški (jug) in verjetni avstrijski grb (sever), saj sta oba pravilno usmerjena.



Slika 15: Stari načrti zemljiškokatastrske izmere: a) Krapnik iz 1819 (eZKN: 2583_2880_0026); b) jama Špirnca iz 1819 (ASTs[13]).

Drug mejnik iz Krapnika je tipičen predstavnik mejnikov katastrskih občin ali srenj iz časa franciscejske zemljiškokatastrske izmere (slika 16a). Stoji v suhem zidu na ostrem lomu meje katastrske občine Črnotiče in Podgorje ter je visok 92 cm in ima presek 25 × 42 cm (na sliki 11 je označen s številko 1819). Podoben je mejniku izpod Marčevega hriba ter mejnikom okoli Socerba in iz doline Glinščice (Triglav Čekada in Bratož-Ježek, 2024), saj je klesan iz apnenca, polkrožno zaključen ter ima s šablono vklesane letnice in imena vasi. Na vsaki strani ima letnico 1819 ter napisa GEMAINDE PODGORIE/ GEMEINDE CERNOTICI.

Če iz dolinice pri Rjavem kamnu v Krapniku sledimo meji katastrskih občin Črnotiče in Prešnica proti severozahodu, po dobrih 370 metrih, na ledini Za goricami, tik preden prečimo železniško progo, srečamo prvi mejnik iz peščenjaka brez napisov (slika 11, mejnik št. 1). Čez progo oziroma 230 metrov od prvega mejnika iz peščenjaka naletimo na drugega, prav tako izdelanega iz peščenjaka in brez napisov, na vrhu ima izvrtano le

[13] *Vir ASTs: https://a4view.archiviodistatotrieste.it/patrimonio/8b677944-7c7d-4329-a87d-3e929c366dd6/314-a-10-mappa-catastale-del-comune-di-occisla-foglio-x-sezione-x-1819-1872.*

manjšo luknjico. Po 280 metrih pridemo do manjše vrtače, tik preden po vzhodni strani obidemo opuščeno travnato letališko stezo letališča Črnotiči, kjer ob njenem jugovzhodnem robu najdemo naravno skalo iz apnenca z vklesano letnico 1865 na strani in na vrhu z vklesanim križem in izvrtano luknjico na sredini križa (slika 16b). Vzporedno s koncem letališke steze ob naslednji manjši vrtači najdemo naslednji mejnik iz peščenjaka (št. 4), ki ima prav tako izvrtano manjšo luknjico na vrhu. Po slabih 450 metrih pridemo v manjši gozdiček, kjer najdemo razpadel mejnik iz peščenjaka brez napisov (št. 5). Tu se moramo odcepiti od meje katastrskih občin na mejo parcel oziroma srenj, ki gre nekoliko bolj proti severu. Če sledimo tej parcelni meji do meje katastrskih občin Prešnica in Ocizla (s šifro 2557), torej do ledine *Pri štali pod Soligradom*, to je po pobočju pod vrhom položnega hriba Soligrad[14] in nad gozdnato ledino Trpce, bomo našli še šest mejnikov iz peščenjaka brez napisov ter na koncu na sami meji katastrskih občin enega apnenčastega, vzidanega v suhi zid in z vklesanim križem na južni strani (slika 11, mejniki št. 6–11). Ta parcelna meja je označena že na načrtu franciscejske izmere, zato lahko upravičeno sklepamo, da gre za staro srenjsko mejo. To nam potrdi vpogled v zemljiško knjigo. Danes meja katastrskih občin poteka tudi po meji med srenjama oziroma agrarnima skupnostma Prešnica ter Črni Kal, ki je v katastrski občini Črnotiče. O tem, kako naj bi tukaj, to je na širšem področju ledine Trpci, črnokalska srenja prišla do svoje zemlje, se je ohranilo zanimivo ljudsko izročilo[15] (Vilfan, 1972; Kerševan, 2016).

Slika 16: Različne vrste mejnikov na severovzhodni meji katastrske občine Črnotiči: a) klesan mejnik z napisi v Krapniku iz leta 1819; b) apnenčast mejnik srenje z letnico 1865 pod letališčem Črnotiči; c) nad ledino Trpce: grobo klesan mejnik srenje brez napisov iz peščenjaka (št. 7 na sliki 12) in d) Soligrad: levo italijanski betonski trigonometrični steber in desno izruvan mejnik srenje iz peščenjaka (foto: M. Triglav Čekada, 2023).

[14] *Ta je najverjetneje dobil ime po prostoru, na katerem so nekoč ovcam ali kozam dajali sol (Rožanc Darovec, 2005).*

[15] *Po izročilu iz Črnotič in sosednjih vasi naj bi bila v Trpcah nekoč grofija. Nazadnje je tam ostala le še ena gospa. Ta je prosila Črnotce, naj ji za odhod dajo kobilo, a ji je niso hoteli dati. Črnokalci pa so ji dali slepo kobilo in so zato zanjo od grofice dobili Trpce (Vilfan, 1972). Po novejši različici (Kerševan, 2016) je bila ta gospa princeska, ki je želela priti nazaj domov nekam v Italijo, Črnokalci so ji dali kobilo, ki je bila slepa na eno oko, in v zameno dobili Trpce.*

Glede na to, da so vsi mejniki iz peščenjaka od Rjavega kamna v Krapniku do ledine Pri štali pod Soligradom enakih oblik (slika 16c), lahko upravičeno sklepamo, da so jih postavili ob urejanju srenjske meje. Po enem izruvanem mejniku (št. 6 na sliki 11), ki je dolg 95 centimetrov, ter ostalih, ki še stojijo in so visoki od 50 do 75 centimetrov, lahko sklepamo, da je pri še stoječih mejnikih od 20 do 30 centimetrov mejnika v zemlji. Povprečni presek takega mejnika je med 23 × 25 cm in 37 × 34 cm. Vsi imajo rahlo zaobljen vrh.

Na vrhu položnega hriba Soligrad (473 m), kjer je ohranjen italijanski betonski trigonometrični steber[16] višine 56 cm ter kvadratnega preseka 40 × 38 cm trigonometrične točke št. 42-IV-18, najdemo v njegovi neposredni bližini še izruvan mejnik iz peščenjaka dolžine 95 cm in preseka 50 × 24 cm (slika 16d). Okoli njega najdemo še ostanke obrambnih jarkov iz druge svetovne vojne, saj je tod tedaj tekel drugi krak obrambne linije iz Črnotič čez Podgorski kras proti Vodicam (Beltram, 1990).

Naslednji mejnik iz peščenjaka je na jugozahodni strani večjega vhodnega brezna v jamo Špirnica[17] (slika 17a). Samo vhodno brezno je označevalo lom meje katastrskih občin Ocizla in Črnotiče že v času franciscejske izmere v letu 1819, saj njegovo ime najdemo izpisano na načrtu št. 10 katastrske občine Ocizla (slika 15b), kasneje je izpisano še na načrtih iz italijanskega ter povojnega obdobja (vir: eZKN[18]).

Slika 17: Druge oznake mej: a) mejnik iz peščenjaka pred mejno jamo Špirnica; b) ledina Pri kaliču grobo klesan mejnik srenje brez napisov iz apnenca (št. 17 na sliki 11) (foto: M. Triglav Čekada, 2023).

Naslednjo serijo vsaj petih apnenčastih in enega izruvanega mejnika iz peščenjaka najdemo na ledini Pri kaliču na stari parcelni meji, ki je izrisana že na načrtu franciscejske izmere iz leta 1819 (mejniki št. 15 do 20 na sliki 11). Posamezni parcelni mejniki imajo na eni strani gladko izklesano pravokotno ploskev, na kateri pa ob terenskem pregledu nismo razpoznali napisov (slika 17b). Parcelna meja se začne z mejnikom št. 5 in se pridruži vogalu meje katastrskih občin Ocizla in Črnotiče z mejnikom št. 18. Med izmerjenimi mejniki najdemo ponekod še manjše kupe kamenja ali posamezne pokonci postavljene naravne apnenčaste kamne, visoke do 30 centimetrov, ki jih Renčelj (2002) imenuje škrle, Belingarjeva (2015) pa skrle, in ki prav tako označujejo to parcelno mejo.

Mejnik št. 19 povezuje še parcelno mejo, ki teče skoraj točno v ravni liniji v smeri vzhod–zahod ter gre skozi jamo Špirnico in se konča na Soligradu.

[16] *Več o italijanskih trigonometričnih stebrih iz medvojnega obdobja je v Triglav Čekada et al. (2022b).*
[17] *Brezno Špirnca ima v Katastru jam katastrsko številko 1399.*
[18] *eZKN: načrt št. 2557_2880_0010.djvu iz italijanskega obdobja in 2557_2880_0021.djvu iz povojnega obdobja.*

3.3 Drugi mejniki v bližini Kraškega roba

V bližini prve muše pred Marčevim hribom najdemo še star klesan srenjski mejnik iz apnenca višine 53 cm, preseka 38 × 12 cm z letnico 1819 in napisoma GEMEINDE CERNOTICH / DORF CERNICAL (slika 18a). Stoji pod potjo tik nad prepadnim robom Kraškega roba.

Če nadaljujemo po planinski poti od prve muše navzdol proti železniškemu useku, tik preden zavijemo na strme okljuke, najdemo še dva manjša betonska mejnika preseka 15 × 15 cm, eden ima na vrhu črko S in drugi K (slika 18b). Če sledimo planinski poti v drugo smer, to je navzgor proti vrhu Marčevega hriba, najdemo kmalu po tem, ko pridemo na odprto, še en betonski mejnik s črko K na vrhu. Tik pred ledino Šamovce sta še dva, prav tako z napisom K na vrhu (slika 18d). Zadnji trije so v ostankih nekdanje ožje kamnite ograje, ki se prične s starim klesanim mejnikom iz leta 1819 (glej TTN5). Prvi trije so na še vedno veljavnih parcelnih mejah. Zadnja dva v bližini ledine Šamovce te funkcije danes nimata več. Ta tip mejnikov smo slučajno našli med terenskim pregledom, verjetno se jih je v naravi ohranilo še več.

V bližini ledine Ravna pod Črnotičami, na senožeti Srkavce, sta z geodetskega vidika zanimiva še vrzelnika suhega zidu, visoka 130 in 150 centimetrov (slika 18c). To sta pokonci postavljena naravna kamna, na njiju sta vklesani letnici 1862 in še danes predstavljata mejnika parcel. Premrl (2024a) je ugotovil, da je suhi zid postavil ter letnici v vrzelnika vklesal kamnosek samouk Luka Škorja iz Črnotič. Vrzelnika sta dobih 40 metrov južneje od glavne poti iz Črnotič na Gradišče oziroma cerkev sv. Marije Snežne.

Slika 18: Različne vrste mejnikov na jugozahodni strani katastrske občine Črnotiči: a) apnenčast mejnik srenje iz leta 1819 v bližini muše št. 1; b) manjši betonski mejnik s črko S v bližini muše št. 1; c) vrzelnika z vklesanima letnicama 1862 na senožeti Srkavce; d) manjši betonski mejnik s črko K na vrhu Marčevega hriba (foto: M. Triglav Čekada, 2024).

4 RAZPRAVA

V bližini današnje meje katastrske občine Črnotiči najdemo ohranjene zanimive stare mejnike – od klesanih mejnikov katastrskih občin ali srenj iz časa franciscejske zemljiškokatastrske izmere, ki imajo s šablono vklesane napise, do klesanih mejnikov iz apnenca ali peščenjaka brez napisov. Slednji so bili najverjetneje postavljeni leta 1865, saj med njimi najdemo še dva mejnika s to letnico. Prvi je v dolinici na ledini Krapnik, ki je na načrtu iz franciscejske izmere imenovana Rjavi kamen v štirni in danes označuje tromejo katastrskih občin Črnotiče, Podgorje in Prešnica ter bi glede na slabo ohranjene vklesane črte lahko nekdaj predstavljal tudi pravi beneški mejnik. Nadalje najdemo na tej meji tudi brezni (V jami in Špirnica), ki pomenita poseben tip naravnih mejnikov, torej so se mejne jame ohranile tudi v Sloveniji, ne samo streljaj čez slovensko-italijansko mejo nad Boljuncem (Triglav Čekada in Bratož - Ježek, 2024).

Slika 19: Premaknjen mejnik v naselju Gabrovica iz časa franciscejske izmere (foto: M. Triglav Čekada, 2024).

Predstavili smo še eno vrsto mejnikov katastrskih občin, ki jih najdemo samo na nekdanji beneški meji. To so podolgovati kupi kamenja, ki jih domačini imenujejo muše (Medveščček, 1992; Vilfan, 1996, Kocjančič in Bratož - Ježek, 1997; Darovec in Mihelčič, 2024). Ne smemo jih zamenjati z okroglimi kupi kamenja, ki jih najdemo tudi znotraj parcel in jih domačini imenujejo grublje (Belingar, 2015; Ciglič, 2005; Vilfan, 1972), saj so bile slednje le odlagališča vsepovsod prisotnega kamenja in večina nima funkcije mejnikov. Po Medveščku (1992) naj bi muše na beneško mejo postavljali kar domačini sami v želji, da jim ne bi kdo spremenil poteka meje. Glede na večstoletne spore, ki so se na nekdanji beneški meji na Kraškem robu dogajali zaradi nerazdeljenih parcel oziroma slabo definiranih mej (Bertoša, 1983; 1985; 1986; Darovec, 1990; Bradara, 2017) in smo jih na kratko opisali tudi v tem v članku, bi bilo tako samoiniciativno obnašanje domačinov vsekakor razumljivo. To bi pomenilo tudi, da je lokalno vzdrževanje muš potekalo tudi še po ukinitvi Beneške republike in bi pojasnilo, zakaj so se ohranile vse

do danes. S terensko izmero 27 muš smo ugotovili, da jih je 26 na meji katastrske občine Črnotiče, ena, ki leži na zahodnem pobočju Marčevega hriba, pa je na nekdanji srenjski meji. Zato jih geodeti lahko pri svojih izmerah uporabimo kot poseben tip dolžinskega mejnika, torej mejnika s podobno funkcijo, kot jo ima suhi zid. Ker so se muše glede na literaturo (Darovec in Mihelčič, 2024) ohranile tudi drugod po celotni nekdanji beneški meji, si vsekakor zaslužijo, da jih pri svojem delu upoštevamo.

Muše imajo v primerjavi s klasičnimi starimi klesanimi mejniki še eno prednost: zaradi njihove velikosti jih ne bo nihče premikal in odpeljal na svoje dvorišče ali v lokalni muzej. To se vse prevečkrat rado zgodi z mejniki, opremljenimi z napisi, ki so bili postavljeni v času franciscejske izmere. Tako naj bi nekoč tak prestavljen mejnik z napisom CRNOTICI / PETRINJE stal pred upravno stavbo kamnoloma Grucelj, drugega z napisom COMUNE DI GABROVIZA / GEMEINDE CERNICAL pa danes najdemo v Gabrovici (slika 19). Glede na ujemajoče se napise in njegovo višino gre v tem primeru najverjetneje za mejnik, ki so ga domačini »reševali« pred požarom leta 2013 (Dolenc, 2013). Tako lahko zatrdimo, da je popis starih mejnih znamenj, ki smo ga izdelali v tem članku, pomemben ne samo za geodezijo, ampak tudi iz kulturnozgodovinskega vidika, da bodo naši zanamci nekoč vedeli, kje so taki mejniki stali v preteklosti.

Zahvala

Avtorja se zahvaljujeva dr. Mihi Čekadi za skupne terene in podatke o slovenskih jamah, Božidarju Premrlu za namige, kje lahko najdeva več gradiv, povezanih z ohranjenimi beneškimi levi v Sloveniji, dr. Darku Darovcu za nasvet, kako kontaktirati italijanske arhive, ter Radu Škafarju za preverbo lokacije tromeje katastrskih občin Gabrovica, Socerb in Črnotiče.

Delo je nastalo v sklopu aplikativnega raziskovalnega projekta L2-50090: *Geodetska znamenja kot materialni pričevalci razvoja geodetskih mrež na Slovenskem*, ki ga financirata Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije ter Geodetska uprava Republike Slovenije.

Literatura in viri:

Glej literaturo na strani 481.

Triglav Čekada M., Bratož - Ježek B. (2025). Ostanki beneške meje na mejah katastrskih občin na Kraškem robu okoli Črnotič. Geodetski vestnik, 69 (4), 459-501.
DOI: https://doi.org/geodetski-vestnik.2025.04.459-501

doc. dr. Mihaela Triglav Čekada, univ. dipl. inž. geod.
Geodetski inštitut Slovenije in Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana
e-naslov: mihaela.triglav@gis.si

Branko Bratož - Ježek
Bertoki, Markova ulica 40
6000 Koper
e-naslov: branko.bratoz@gmail.com

RECENZIRANI ČLANKI | PEER-REVIEWED ARTICLES

Prostorska analiza tveganja stanovanjske in socialne prikrajšanosti: vpliv dejavnikov staranja in lokalnega okolja

Spatial analysis of the risk of housing and social deprivation: the impact of ageing factors and the local environment

Simon Starček, Dušan Petrovič

UDK: 364.652.4:911.375.1
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01
Prispelo: 22. 5. 2025
Sprejeto: 8. 9. 2025

DOI: doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2025.04.502-537
SCIENTIFIC ARTICLE
Received: 22. 5. 2025
Accepted: 8. 9. 2025

SI | EN

IZVLEČEK

Stanovanjska in socialna prikrajšanost je družbeno in prostorsko pogojen pojav, ki presega materialno pomanjkanje ter vključuje omejen dostop do virov, storitev in ustreznega bivalnega okolja. Na to obliko prikrajšanosti vplivajo številni dejavniki, pri čemer so za razumevanje stanovanjske ranljivosti in prostorske (ne)pravičnosti ključni staranje prebivalstva, urbanizacija in prostorske spremembe. Prispevek preučuje vpliv stanovanjskih razmer, ekonomskih značilnosti lokalnega okolja, kakovosti bivalnega prostora in dejavnikov, povezanih s staranjem prebivalstva, na indeks tveganja stanovanjske in socialne prikrajšanosti v slovenskih občinah. Z uporabo geografsko obtežene regresije analiziramo lokalne prostorske vplive in ugotavljamo, da globalni model podcenjuje prostorsko raznolikost teh pojavov. Uporabljeni kartografski prikazi razkrivajo prostorske razlike v vplivu obravnavanih dejavnikov, kar omogoča boljše razumevanje vzorcev prikrajšanosti. To lahko bistveno prispeva k oblikovanju učinkovitejših in prostorsko ciljanih ukrepov, ki so prilagojeni potrebam starajočega se prebivalstva.

ABSTRACT

Housing and social deprivation is a socially and spatially conditioned phenomenon that extends beyond material scarcity and encompasses limited access to resources, services, and adequate living environments. This form of deprivation is shaped by various factors, among which population ageing, urbanisation, and spatial transformations are pivotal for understanding housing vulnerability and spatial (in)justice. This paper investigates the impact of housing conditions, local economic characteristics, the quality of the residential environment, and ageing-related demographic processes on the risk index of housing and social deprivation across Slovenian municipalities. Employing geographically weighted regression, we assess local spatial effects and demonstrate that global models tend to underestimate the degree of spatial heterogeneity of these phenomena. The applied cartographic visualisations highlight spatial disparities in the influence of the examined determinants, thereby providing deeper insights into the patterns of deprivation. These findings can significantly inform the design of more effective and spatially targeted policy measures, particularly tailored to the needs of an ageing population.

KLJUČNE BESEDE

stanovanjska ranljivost, prostorska neenakost, indeks tveganja stanovanjske in socialne prikrajšanosti, geografska obtežena regresija, starejši, Slovenija

KEY WORDS

housing vulnerability, spatial inequality, housing and social deprivation risk index, geographically weighted regression, elderly, Slovenia

1 INTRODUCTION

Ensuring social justice and reducing socio-economic disparities remain central tasks of contemporary nation-states, especially in the context of rapid demographic transitions. Crucial in this regard are carefully designed policies that guarantee equal opportunities for health, well-being, and dignified living conditions for all citizens, particularly for socially and economically vulnerable groups (World Health Organization, 2022). Effective and accessible social protection mitigates the risk of social exclusion and enhances the resilience of individuals and households to various forms of insecurity (OECD, 2020a). A major challenge lies in ensuring equal opportunities irrespective of material status, a goal that is especially pressing for the elderly population. Population ageing is among the most profound and far-reaching demographic trends of the 21st century, affecting almost all societal subsystems - from labour markets to social security and housing policy (OECD, 2019; United Nations, 2019; World Health Organization, 2021a). According to United Nations projections (UN DESA, 2023), by 2030 the global number of people aged 60 or above will exceed 1.4 billion, reaching more than 2.1 billion by 2050. These trends are equally evident in Europe, where the proportion of older age groups is increasing across all EU Member States, EFTA countries, and candidate countries. Moreover, the process of internal ageing is taking place within the elderly population, with the fastest growth observed among the oldest-old (80+ years). In the EU, their share is projected to rise from 5.9% to 14.6% by 2100. Significant changes in the demographic structure are also expected in Slovenia. In 2024, people aged 65 or over already represented 22% of the total population, and according to EUROPOP 2019 projections, this share will surpass 31% by 2100 (Eurostat, 2023; Statistični urad RS, 2025b). These demographic shifts significantly affect the demand for adjustments in housing, social, and healthcare policies and call for long-term strategic planning at multiple governance levels.

Since the beginning of the 21st century, cities worldwide have been confronted with dynamic spatial and demographic transformations characterised by both urban growth and the accelerated ageing of the urban population (Incaltarau, Kourtit and Pascariu, 2024). The increasing share of older residents in urban areas necessitates substantial adaptations of spatial, housing, and social infrastructure (UN DESA, 2020; World Health Organization, 2021b). Many existing residential buildings are inadequately designed to meet the needs of an ageing population - often lacking elevators, wider corridors, or other architectural solutions that would enable safe and independent living. The shortage of accessible green spaces and public areas further restricts opportunities for physical activity, recreation, and social interaction, thereby reducing the quality of life in old age. At the same time, many older urban residents inhabit dwellings with high rents, costly maintenance requirements, and recurrent expenses that frequently exceed their financial capacity, thereby amplifying the risk of housing insecurity and social exclusion. In search of more affordable living conditions, part of the elderly population relocates to suburban and rural areas. Yet these areas are facing a sharp population decline, the abandonment of agricultural land, the deterioration of the building stock, and the loss of public services. Access to healthcare, assisted living facilities, and essential infrastructure is often limited in rural settings, which can further undermine the social and residential security of older people (UN-Habitat, 2020a; World Health Organization, 2021a; D'Souza, 2019). In this context, the concept of spatial justice emerges as a central framework for understanding and addressing socio-spatial inequalities. It emphasises the equitable distribution of resources, access to services, and investments in public infrastructure for all residents, particularly the

most vulnerable groups (Madanipour, Shucksmith and Brooks, 2021). The imbalance between urban and rural development thus exacerbates spatial injustice (UN-Habitat, 2022; OECD, 2020a; Haque, Das and Patel, 2022). The Ministry of the Environment and Spatial Planning (Ministrstvo za okolje in proctor, 2016) warns that in Slovenia the areas most affected by depopulation in the future will be those already exhibiting a high ageing index. Data from the Statistical Office of the Republic of Slovenia (Statistični urad RS, 2025f) confirm that the old-age dependency ratio is highest in rural areas (34.6) and suburban zones (34.7), while it is slightly lower in larger cities (32.8), further reinforcing the need for spatially adjusted policy measures.

In many European countries, including Slovenia, homeownership has become the predominant form of housing over the past decades. This trend stems from historical and political transformations, most notably the large-scale privatisation of public housing stock and the underdevelopment of a regulated institutional rental sector (Kemeny, 1995). Slovenia stands out for its exceptionally high rate of homeownership among the elderly - more than 85% of older residents live in owner-occupied dwellings, placing the country among those with the highest levels of elderly homeownership according to the SHARE survey (Mandič, 2016). However, ownership does not necessarily guarantee greater housing or financial security. Many older people reside in energy-inefficient and functionally inadequate dwellings that require high maintenance and heating costs. Given their limited incomes, these expenses often significantly constrain resources available for other essential needs (Lavrač, 2016). Comparable circumstances are observed in other countries with high levels of homeownership, such as Spain, Italy, and several Eastern European states, where ownership frequently fails to provide protection against poverty but rather masks underlying housing deprivation (Delfani, De Deken and Dewilde, 2015; Soaita and Dewilde, 2021).

Spatial and demographic development patterns in Slovenia reveal pronounced regional disparities, manifested in the uneven distribution of population and differences in economic activity across territories. A high degree of settlement dispersion is characteristic, with numerous smaller settlements - particularly in peripheral urban fringes and border regions - experiencing population decline and accelerated ageing. At the same time, suburbanised areas are rapidly expanding along major transport corridors, especially the motorway network. Such expansion fosters spatial fragmentation, disrupts natural linkages, and hampers access to public services (Ministrstvo za naravne vire in prostor, 2023; UMAR, 2020). The shortage of affordable housing in urban centres, combined with a simultaneous increase in vacant dwellings in rural areas, deepens spatial imbalances and reduces the functional capacity of specific regions. Among the most vulnerable are elderly communities residing in poorly accessible environments with limited access to essential public services, which undermines their quality of life and heightens the risk of poverty and social exclusion (Banovec, 2019; Filipović Hrast et al., 2018). Comparable trends are observed across many European countries, where population ageing coincides with declining service accessibility in rural areas (OECD, 2020a; UN-Habitat, 2020b).

In this respect, housing conditions are increasingly recognised as a decisive factor of housing and social deprivation. Poverty is not confined merely to the lack of material resources but also encompasses restricted access to resources, services, and opportunities for active social participation (Atkinson, 2003; Humer and Kalin, 2020). Among the elderly in particular, poverty is often manifested in inadequate housing, insufficient access to healthcare services, and limited social networks (Leskošek, 2017; Filipović Hrast et

al., 2018). It is also associated with feelings of social exclusion and powerlessness, which further deepen spatial and social inequalities. Housing poverty, as a distinct form of deprivation, is expressed through multidimensional scarcity - living in physically inadequate, energy-inefficient, or oversized dwellings, restricted access to basic infrastructure, and the financial inaccessibility of housing (Cañón and Navarro, 2023; FEANTSA and Fondation Abbé Pierre, 2023; OECD, 2021). D'Souza (2019) emphasises that adequate housing constitutes one of the fundamental human needs, essential for safeguarding individual dignity. The European Commission (2024) further underscores that safe, high-quality, and affordable housing is crucial for preventing poverty and fostering social inclusion of vulnerable groups, especially the elderly. Housing poverty is also strongly associated with systemic factors such as housing policy, taxation and transfer mechanisms, and rental subsidies (Liu et al., 2023). Housing costs frequently represent the largest share of household expenditure, and persistently excessive costs increase the risk of deprivation. As Soja (2009) argues, housing functions as an essential spatial resource through which social differences are realised or reinforced - particularly with regard to access to housing quality, services, and life opportunities.

This paper examines the interrelations between housing and social deprivation and the housing, spatial, and economic conditions of the population. Following a review of domestic and international research findings, the focus is placed on analysing the housing conditions of the elderly, with particular attention to the impacts of demographic change, urban development, and the risks of deprivation within the context of an ageing society. Based on data for all 212 Slovenian municipalities, we applied multiple regression to estimate the general associations between the observed variables, while geographically weighted regression was employed to account for the spatial variability of risk factors. The key results are further illustrated through thematic maps, which provide a clearer insight into spatial differences across municipalities and serve as a tool for supporting targeted planning. The study introduces new evidence on the importance of improving housing and other living conditions as crucial determinants in reducing the risks of poverty, social exclusion, and spatial inequalities.

2 REVIEW OF RESEARCH TO DATE

In recent decades, housing issues have become a central topic of research and policy debate, as they are increasingly linked to contemporary forms of poverty and social exclusion. Housing affordability is embedded within broader social and demographic processes such as urbanisation, the shortage of affordable dwellings, and population ageing (Chirisa and Matamanda, 2016; Silva, 2021). The most vulnerable groups often include the elderly, the homeless, migrants, and persons with various forms of disability (Enström and Wilhelmsson, 2019; Kim and Yoo, 2021; Lozano Alcántara and Vogel, 2021). A significant shift in housing policy for older people is represented by the United Nations Principles for Older Persons (United Nations, 1991), which underpin the approach to developing age-friendly cities, and by the World Health Organization's Global Strategy on Ageing (World Health Organization, 2017), which highlights the importance of age-adapted environments and housing justice.

Research across different European countries confirms that housing represents a locus where multiple forms of deprivation accumulate (Keller and Hruška-Tvrdý, 2011; Dustmann, Fitzenberger and Zimmermann, 2018). Comparative studies reveal pronounced differences in housing experiences between

urban and rural areas and across countries (D'Souza, 2019; Soaita and Dewilde, 2021; Davies et al., 2008). Numerous studies analyse the impact of housing poverty on the physical and mental health of the elderly, identifying loneliness, high housing costs, and inadequate living conditions as key risk factors (Kim and Seo, 2024; Lee, 2022). Sýkorová, Nytra and Tichá (2014) emphasise that elderly populations are particularly vulnerable to the macroeconomic and social processes that shape housing poverty and social exclusion - especially those living alone, widows, the less educated, the oldest-old, poorer elderly, and those facing physical or mental health problems. These conditions act both as causes and consequences of social exclusion (Hossain et al., 2022). Studies also show that the effects of homeownership on the risk of poverty vary across countries. In some contexts, high homeownership rates mitigate poverty (e.g., in Australia, where many older people live in fully paid-off dwellings), whereas in others (e.g., Japan) homeownership does not function as a safety net for financial stability in old age (Saunders, Watanabe and Wong, 2015; Delfani, De Deken and Dewilde, 2015).

In Slovenia as well, older people largely remain in owner-occupied dwellings, yet often in energy-inefficient, oversized, and functionally inadequate units (Filipović Hrast et al., 2018). Banovec (2019) notes that between 2011 and 2018, population ageing contributed to a marked decline in the already limited stock of public rental housing, further reducing opportunities for relocating to more suitable dwellings in later life. The spatial dimensions of ageing reveal that the impact of this process will be particularly pronounced in rural areas, where higher proportions of elderly residents, settlement depopulation, and declining accessibility of services are already evident. Kerbler (2015) warns that in environments where ageing processes have been unfolding for longer and with greater intensity, more severe depopulation of settlements can be expected. This diminishes the functional capacity of local environments, reflected in the deterioration of infrastructure, the abandonment of economic activities - particularly in agriculture - and the decline of the built and cultural landscape (Starček and Gerbec, 2022). Such contexts often give rise to secondary marginalisation, whereby vacant properties are occupied by socially vulnerable groups, a process that may accelerate negative social and spatial trends and adversely affect perceptions of safety and quality of life within the community (Kvik et al., 2022).

In parallel, there is growing interest in the use of spatial analyses and cartographic methods for identifying and representing areas with higher risks of poverty and housing or social deprivation. The spatial dimension of poverty was recognised as crucial already within the framework of the Millennium Development Goals. As Corral et al. (2022) emphasise, knowing where the poor are is fundamental for addressing poverty effectively. Xie et al. (2016), for instance, employed satellite imagery and convolutional neural networks to develop predictive poverty models for several African countries, while Aiken, Rolf and Blumenstock (2023) highlight their utility for the allocation of humanitarian aid. Henninger and Snel's (2002) study, which utilised cartographic visualisation of poverty in Ecuador, revealed the spatial heterogeneity of poverty and demonstrated intra-regional differences. Numerous international studies confirm that well-designed cartographic representations significantly contribute to the development of more spatially sensitive and targeted policies across different domains - particularly in the planning of social housing, the mitigation of energy poverty, and the prioritisation of public resource and service allocation (Carrosio, Cogliati Dezza and Cosma, 2023; Fabbri and Gaspari, 2021). Such representations make it possible to identify locally specific vulnerabilities, such as areas with high housing cost burdens, adverse environmental impacts, low energy efficiency, or limited access to public infrastructure, thereby

enabling policymakers to develop more effective and equitable measures at both national and local levels. Cartographic depictions of poverty, as instruments of spatial justice, are increasingly applied in policy frameworks, implementation measures, and targeted interventions addressing access to food, healthcare, housing, and infrastructure (Hyman, Larrea and Farrow, 2020; Rizzini Ansari, 2022; Szonyi et al., 2006).

3 METHODOLOGY

3.1 Research Design

The central research focus was directed towards analysing the housing conditions of the elderly population (65+) in Slovenia, with the objective of examining the interrelations between their living arrangements and the associated risk of housing and social deprivation. The empirical part of the study was grounded in a quantitative analytical approach, complemented by descriptive data processing for the preliminary analysis of spatial and demographic characteristics. Since the risk of housing and social deprivation is shaped by a combination of individual and spatial factors, the research design was based on a holistic approach that incorporated both the personal characteristics of older people - who are generally more vulnerable - and the broader context of the local environment. Building on the concept of multidimensional measurement of housing poverty and social deprivation, and drawing on methodological approaches established in the literature on composite indicator construction (e.g., Boarini and d'Ercole, 2006; Nolan and Whelan, 1996), we developed a composite index of housing and social deprivation at the municipal level. The index was calculated as an unweighted sum of standardised (*z*-scores) values of three components capturing the income, employment, and living-standard dimensions of socio-material deprivation: average net wage, unemployment rate, and severe material deprivation rate. The latter denotes the proportion of individuals whose living conditions are severely constrained due to limited household financial resources, rather than personal choice or lifestyle. These are individuals deprived of at least four of the following nine items of material well-being: the ability to regularly pay mortgage or rent, housing-related expenses, or loan instalments; the ability to keep the dwelling adequately warm; to cover unexpected expenses; to afford a meal with meat (or vegetarian equivalent) every other day; to afford a one-week annual holiday for all household members; or to own a car, a washing machine, a colour television, and a telephone. To ensure interpretative consistency and comparability across municipalities, the composite indicator values were normalised using the min–max method to the interval [0, 1], where higher values represent a greater risk of deprivation at the municipal level.

Based on the available statistical data, we constructed a hierarchical regression model grounded in a set of explanatory variables reflecting demographic, economic, and housing characteristics. To gain a deeper understanding of spatial patterns and inter-municipal differences in the effects of individual variables, the classical multivariate approach was complemented with geographically weighted regression analysis, which enables spatially sensitive modelling at the local level.

3.2 Data Sources

In the empirical part of the study, we relied on a combination of various data sources capturing demographic, social, and housing characteristics of the Slovenian population, including information on ownership and property attributes among individuals aged 65 and above. We used data from the Sur-

veying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia (Geodetska uprava RS, 2023) on buildings and their units owned by members of the observed age group, encompassing 495,234 registered units. Particular attention was given to data on dwelling floor area and façade renovation. Complementary sources included data from the ESPON programme (2020), such as the Quality of Life Index; data from the Ministry of Finance (Ministrstvo za finance, 2024) on municipal development coefficients, published in accordance with the Regulation on the Methodology for Determining the Development Level of Municipalities for 2024 and 2025 (Uredba o metodologiji za določitev razvitosti občin za leti 2024 in 2025, 2023); and data from the Statistical Office of the Republic of Slovenia, such as the old-age dependency ratio (i.e., the ratio of the number of persons aged 65 or older to the number of working-age persons aged 15–64, multiplied by 100), the percentage of people for whom housing costs represent a heavy burden (the share of individuals living in households where housing-related expenses - rent, heating, electricity, water, and other associated costs - exceed 40% of disposable household income), and the percentage of employed persons over the age of 60. We also employed data from the Pension and Disability Insurance Institute of Slovenia on the average pension at the municipal level and average pensions by age groups (65+). The purpose of the analysis was to examine how spatial and housing conditions, along with selected factors specific to the elderly population (aged 60 or 65+), influence exposure to the risk of housing and social deprivation. For this purpose, we designed a multi-level analytical framework based on a hierarchical model incorporating both individual characteristics and contextual variables.

3.3 Cartographic Representation of Factors Affecting the Housing and Social Deprivation Index

To enhance the understanding of the spatial distribution of the examined factors, the results of the geographically weighted regression were visualised in the form of thematic maps. The visualisation is based on the values of regression coefficients for individual explanatory variables. Their purpose is to provide both experts and the wider public with an insight into spatial differences among Slovenian municipalities regarding the influence of specific factors. Given the nature of the data and their spatial attachment to municipalities, we employed a choropleth map for the representation. The values of regression coefficients were classified into eight classes of negative and eight classes of positive values. For this purpose, we applied the equal frequency classification method, which ensures that each class includes approximately the same number of municipalities. Such an approach provides a more balanced visual representation of spatial patterns, preventing numerically dominant groups or extreme values from overshadowing other data. Consequently, the cartographic visualisation gains in clarity, comparability, and informational value (Slocum et al., 2023). Each class is represented by a specific colour. The colour scale ranges from dark green, indicating the lowest negative values, to light purple, denoting the highest positive regression coefficients, as illustrated in the accompanying legends. The choropleth maps are designed at a scale that allows for the display of all municipalities at the national level. For easier orientation, urban municipalities are marked with their official abbreviations (MOC for Municipality of Celje, MOK for Municipality of Koper, MOKK for Municipality of Krško, MOKR for Municipality of Kranj, MOL for Municipality of Ljubljana, MOM for Municipality of Maribor, MOMS for Municipality of Murska Sobota, MONG for Municipality of Nova Gorica, MONM for Municipality of Novo mesto, MOP for Municipality of Ptuj, MOSG for Municipality of Slovenj Gradec, and MOV for Municipality of Velenje).

4 RESULTS

4.1 Housing and Social Deprivation Index

The spatial analysis of the composite index of housing and social deprivation across Slovenian municipalities (Figure 1) reveals marked regional diversity. The highest index values, indicating the greatest risk, are recorded predominantly in northeastern and eastern Slovenia - particularly in Pomurje, Podravje, Zasavje, and parts of the Savinja and Koroška statistical regions. These areas are simultaneously characterised by higher unemployment (Zavod RS za zaposlovanje, 2025) and lower income levels (Statistični urad RS, 2025e). This spatial distribution underscores the significant role of local characteristics in shaping living conditions and confirms the necessity of spatially adapted approaches to addressing housing and social deprivation.

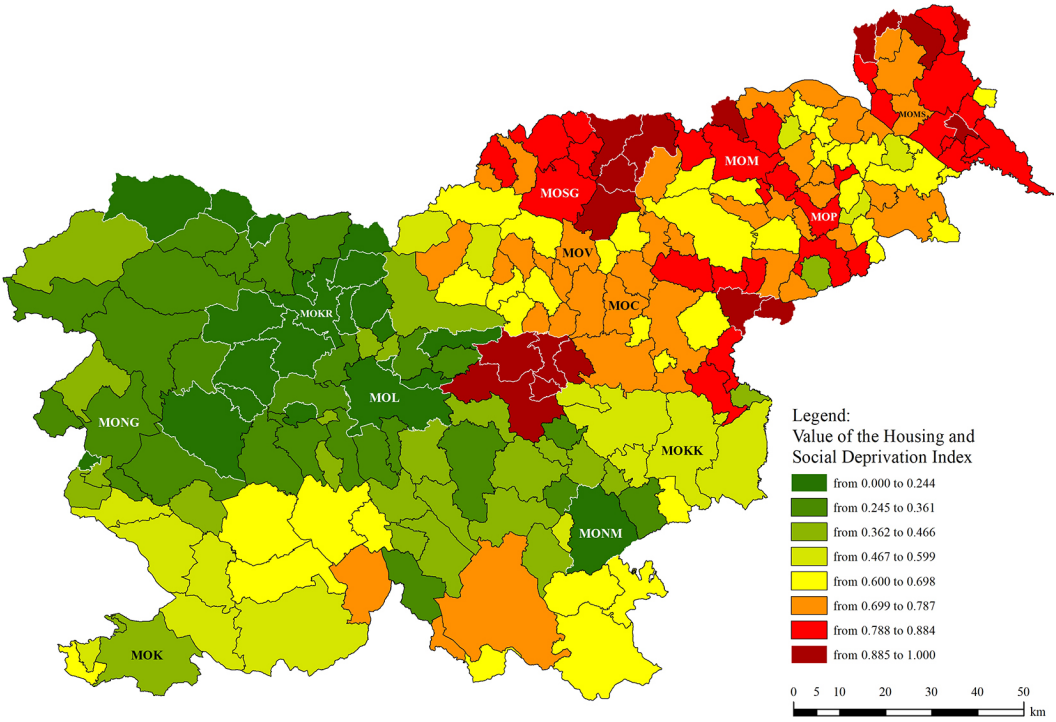


Figure 1: Values of the Housing and Social Deprivation Index at the municipal level, Slovenia, 2024.

4.2 Characteristics of dwellings owned by persons aged 65 and over

The analysis of data from the Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia (Geodetska uprava RS, 2023) shows that more than 62% of dwellings owned by individuals aged 65 or over are located in single-family houses, around 29% in multi-apartment buildings, and approximately 8% in two-dwelling houses. Only half a percent of dwellings owned by older persons are located in assisted housing or other specialised forms of accommodation. The housing stock owned by the elderly population is largely outdated, energy-inefficient, and infrastructurally deficient, which can adversely

affect their quality of life as well as their social and functional vulnerability. Older people predominantly own relatively large single-family houses (with an average net floor area of approximately 180 m²). These units are characterised by a low share of connections to the sewage network and a low proportion of renovated façades. Deficiencies are also evident in multi-apartment buildings, as more than two-thirds of such structures lack an elevator. Furthermore, three-quarters of dwellings owned by older persons are located on the second floor or higher, which restricts their mobility. Differences in the average age of single-family versus multi-apartment buildings, the average size of dwellings, and the extent of building renovations, as presented in Table 1, further highlight disparities in the living conditions of the elderly.

Table 1: Characteristics of dwellings in single-family and multi-apartment buildings in Slovenia owned by persons aged 65 and over

Indicator	Single-family houses	Multi-apartment buildings
Average age of building (in years)	70.9	61.2
Average net floor area of dwelling (m²)	180.9	68.5
Average net floor area of living spaces (m²)	101.6	56.6
Renovated façade (%)	23.9	28.4
Renovated roof (%)	47.0	45.4
Renovated windows (%)	30.1	30.1
Presence of elevator (%)	0.1	30.5
Connection to sewage system (%)	36.3	93.2
Average age of dwelling owner (in years)	Woman: 75.6 Man: 74.3	Woman: 74.7 Man: 73.6

4.3 Results of Multiple Regression Analysis

For the implementation of the multiple regression analysis and geographically weighted regression, we employed the variables presented in Table 2. The table includes basic descriptive statistics (minimum, maximum, and mean values, as well as standard deviation), together with a brief description and data source for each variable.

Table 2: Descriptive statistics of the variables used, with description and data sources

Variable	Description and source	Min	Max	Mean	Std. dev.
y: Housing and Social Deprivation Index	Composite indicator (own calculation)	0.00	1.00	0.59	0.23
x_1: Old-age dependency ratio	Ratio between the number of persons aged 65 and over and the working-age population (Statistični urad RS, 2025f)	19.7	59.80	33.33	5.76
x_2: Municipal development coefficient	Municipal development coefficient for the years 2024 and 2025 (Ministrstvo za finance, 2024)	0.26	1.35	1.00	0.15
x_3: Quality of life index	Composite index including factors such as health, education, environment, and safety (ESPON, 2020)	0.33	0.70	0.53	0.087

Variable	Description and source	Min	Max	Mean	Std. dev.
x_4: Housing costs as a heavy burden	Percentage of the total population for whom housing costs represent a heavy burden (Statistični urad RS, 2025a)	20.00	36.00	27.70	4.52
x_5: Average age of dwelling owners	Average age of dwelling owners (65+) (Geodetska uprava RS, 2023)	73.10	77.20	74.58	0.72
x_6: Usable floor area of dwellings	Average usable floor area of all dwellings (Statistični urad RS, 2025d)	58.80	116.10	87.74	10.13
x_7: Share of employed elderly (60+)	Share of employed persons aged 60+ in the total population of the same age group (Statistični urad RS, 2025c)	0.50	19.60	6.02	1.81
x_8: Non-renovated façade	Percentage of dwellings owned by persons aged 65+ with a non-renovated façade (Geodetska uprava RS, 2023)	19.30	85.70	61.67	13.74

Min - minimum value; Max - maximum value; Mean - average value; Std. dev. - standard deviation

To analyse the relationships between housing characteristics, spatial indicators, and elements of living conditions, we designed a national regression model, the key results of which are presented in Table 3.

Table 3: Results of the regression analysis

	$R^2_{OLS_1}$ = 0,816; AIC_c = - 353.146				
	B	St. error B	β	t	VIF
Constant	2.148	0.950		2.262*	
x_1: Old-age dependency ratio	0.003	0.002	0.083	2.029*	1.834
x_2: Municipal development coefficient	-0.392	0.073	-0.256	-5.400**	2.488
x_3: Quality of life index	-0.479	0.137	-0.178	-3.491**	2.874
x_4: Housing costs as a heavy burden	0.033	0.002	0.647	15.284**	1.977
x_5: Average age of dwelling owners	-0.027	0.013	-0.082	-2.075*	1.723
x_6: Usable floor area of dwellings	0.002	0.001	0.075	2.000*	1.563
x_7: Share of employed elderly (60+)	-0.005	0.005	-0.041	-1.007	1.856
x_8: Non-renovated façade	-0.001	0.001	-0.075	-1.881	1.775

$R^2_{OLS_1}$ - coefficient of determination for the national model including all explanatory variables from x_1 to x_2; AIC_c - corrected Akaike Information Criterion; B - unstandardised regression coefficient; St. error B - standard error of B; β - standardised regression coefficient; t - t-value; * $p < 0,05$; ** $p < 0,001$; VIF - Variance Inflation Factor

The results of the national regression model demonstrate the extent to which housing and socio-economic conditions influence the Housing and Social Deprivation Index - the dependent variable (y). The old-age dependency ratio (x_1) exerts a positive and statistically significant effect on the observed deprivation. This indicates that a higher proportion of older persons (65+) relative to the working-age population increases the risk of deprivation. The old-age dependency ratio reaches its highest values in municipalities in Pomurje, Zasavje, the western part of the country, and certain border municipalities, where the Housing and Social Deprivation Index also attains its highest levels. In the context of an ageing society, this points to the structural vulnerability of local environments, where demographic pressures coincide with a lack of adequate measures to ensure dignified, safe, and age-adapted housing, particularly for the elderly. Similar conclusions are drawn by Lafortune and Balestat (2007), who emphasise that an

ageing population places increasing pressure on local systems of long-term care, housing infrastructure, and social welfare, with especially pronounced effects on the deprivation of the elderly in remote and demographically threatened regions.

The level of municipal development (x_2) proved to be an important protective factor against the observed deprivation, indicating that more developed municipalities exhibit a lower risk of housing and social deprivation. Such municipalities generally provide better conditions for dignified, safe, and stable living not only for the elderly but for the entire population. A higher level of development often entails improved access to the labour market, public services, healthcare, educational and social infrastructure, and stronger institutional support - all of which contribute to reducing social risks. The disparities between more and less developed municipalities are thus reflected not only in economic indicators (e.g., employment, income, investment) but also in broader dimensions of social well-being, such as poverty risk, social exclusion, housing insecurity, and the demographic (un)attractiveness of the local environment. Dax et al. (2017) similarly emphasise that the degree of local development is directly linked to the developmental potential of regions, including quality of life, social cohesion, and community resilience against the risks of exclusion. Less developed municipalities are frequently exposed to higher levels of deprivation across various population groups (Kühn, 2015). UNECE (2021) further stresses that local capacities are a key precondition for implementing effective policies for an ageing population. The level of community development is therefore directly connected to spatial justice.

A protective effect was also confirmed for the Quality of Life Index (x_3), which encompasses various dimensions of well-being such as health, safety, education, working conditions, and accessibility of services. This variable exerts a negative and statistically significant effect on the value of the observed deprivation index, indicating that municipalities with higher quality-of-life scores experience lower risks of housing and social deprivation. The data show that the lowest levels of deprivation are observed in municipalities where the Quality of Life Index reaches higher values, particularly in the central and western parts of the country. This underscores the importance of comprehensive local development and spatial well-being as key factors in ensuring safe, affordable, and adequate housing, as well as in reducing the risk of social deprivation (Marques et al., 2019; Ustaoglu and Williams, 2024).

A particularly pronounced effect was observed for variable x_4: the percentage of residents for whom housing costs represent a heavy burden, which emerged as the strongest positive predictor of higher values of the observed deprivation index. High housing costs substantially contribute to population vulnerability (Imankulova, 2024), especially in regions characterised by lower incomes and poorer energy efficiency of dwellings (Holzmann, 2023; Karpinska and Smiech, 2023). The analysis results confirm that areas with the highest share of residents reporting financial overburden due to housing expenses (Koroška, Zasavska, Podravska, Pomurska, and Primorsko-Notranjska statistical regions) are simultaneously those with the highest risk of deprivation. This finding highlights the importance of policies aimed at reducing housing costs and promoting affordable and high-quality living conditions - particularly for socially vulnerable population groups.

The results of the regression analysis indicate that the average age of dwelling owners aged 65 and over (x_5) has a negative and statistically significant effect on the observed Housing and Social Deprivation Index. According to data from the Pension and Disability Insurance Institute of Slovenia (Zavod za

pokojninsko in invalidsko zavarovanje Slovenije, 2024), the average pension (observed in the group of retirees aged 65+) is higher in the older age cohorts compared to younger pension recipients. The average old-age or partial pension that ceased in 2023 was, among those aged 90 years and above, 36.2% higher than in the group aged 65–69 (69.5% higher among men). In addition, the average newly granted old-age or partial pension in 2023 was 88% higher for persons over 70 than in the 65–69 age group (107% higher among women). The results of the bivariate spatial analysis (bivariate Moran's I = 0.465; $p < 0.001$) confirm a statistically significant spatial association at the municipal level between average gross pension and the average age of dwelling owners (65+). A statistically significant negative relationship is also observed between the age of dwelling owners (65+) and the net floor area of their dwellings. Smaller dwellings of older retirees entail lower running, heating, maintenance, and management costs. Importantly, households headed by individuals aged 65+ in Slovenia are the least indebted among all age groups. In the age group 65–74, only 15.8% of households hold financial obligations linked to mortgages or other forms of debt, while after age 75 this share falls to only 5.7%. In comparison, the average debt incidence in the 16–64 age group amounts to 37.7% (European Central Bank, 2023). Lower debt levels and longer periods of asset accumulation strengthen housing and social security (Munnell et al., 2020). Housing security and financial stability among the elderly are also often linked to living arrangements, particularly extended or multigenerational households, which remain relatively common in Slovenia. Dolenc (2016) reports that at the beginning of 2015, at least two households resided in 42% of single-family houses in Slovenia. In 60% of such extended households, at least three generations cohabited, most often a married couple with children and one parent of the spouses, typically the mother or mother-in-law. Multigenerational households are to a large extent also a consequence of limited access to suitable and affordable housing for young people and young families (Ahrendt et al., 2016; OECD, 2021). In such arrangements, financial burdens can be shared among several members, thereby reducing the strain on individuals and lowering the risk of poverty (Cohn et al., 2022; Karagiannaki and Burchardt, 2024). Moreover, older people are often entitled to supplementary benefits for assistance and care, which provide an additional protective mechanism. The effect of variable x_5 is consistent with the findings of Davidoff (2012), who highlights that with increasing age and higher levels of wealth among the elderly, the share of resources allocated to housing expenditure declines. Consequently, the risk of housing and social deprivation is reduced. Although the explanatory variable x_5 is limited to older (65+) dwelling owners, this group holds significant social importance, as stable holders of housing assets who constitute a key element of the social and housing system. Dewilde and Raeymaeckers (2008) emphasise that high levels of homeownership among the elderly substantially mitigate vulnerability and improve overall well-being indicators at the local level.

The average usable floor area of dwellings (x_6) has a positive and statistically significant effect on the risk of housing and social deprivation. In many municipalities (particularly in parts of the Goriška, Gorenjska, Koroška, Savinjska, and Notranjsko-Kraška statistical regions), dwellings are relatively large. When such dwellings are inadequately occupied (e.g., one or two persons living in a house with four or more rooms), this creates functional distress and suboptimal use of living space. Oversized dwellings may lead to energy inefficiency, increased maintenance costs, and a psychosocial sense of loneliness and inadequacy (OECD, 2021). Eurostat (2020) and Age Platform Europe (2022) highlight multiple risks, particularly among elderly occupants of oversized dwellings.

Variables x_7 and x_8, which are not statistically significant in the regression model ($p > 0.05$), are not discussed in detail, as their effects are not confirmed with sufficient statistical probability and therefore do not provide a reliable basis for empirical conclusions or recommendations.

4.4 Results of geographically weighted regression

To further deepen the spatial dimension of the model, we employed the geographically weighted regression (GWR) method, which allows for the analysis of local variations in the effects of explanatory variables at the municipal level. GWR was selected due to the uneven spatial distribution of the analysed phenomena, which requires an approach adapted to the local characteristics of municipalities. The results of the spatial autocorrelation analysis indicate that the most appropriate specification for the selected model is the use of a fixed kernel with a bandwidth of $\beta = 28.9$ km. Spatial weights were calculated using the exponential kernel method. To mitigate the risk of spatial autocorrelation and local multicollinearity, variables x_7 and x_8 were excluded from further local modelling. The national model constructed in this manner has a coefficient of determination $R^2_{OLS} = 0.811$ ($AIC_c = -353.207$). The residual analysis (standard prediction errors) in the geographically weighted regression model shows that most municipalities fall within expected statistical deviations, confirming the reliability of the local model. The explanatory power and spatial variability of the effects of individual factors are presented in detail in Table 4.

Table 4: Results of geographically weighted regression

	$R^2_{GWR} = 0.879$, $AIC_c = -372.226$			
	$\overline{B}_i$	Std. dev. B_i	Min B_i	Maks B_i
Constant	1.777	0.796	0.039	3.837
x_1: Old-age dependency ratio	0.004	0.004	- 0.006	0.008
x_2: Municipal development coefficient	- 0.299	0.133	- 0.737	- 0.074
x_3: Quality of life index	- 0.377	0.257	- 0.863	0.070
x_4: Housing costs as a heavy burden	0.031	0.007	0.015	0.039
x_5: Average age of dwelling owners	- 0.023	0.010	- 0.047	- 0.001
x_6: Usable floor area of dwellings	0.001	0.001	- 0.005	0.003

R^2_{GWR} - coefficient of determination of the local model including all explanatory variables from x_1 to x_6; AIC_c - corrected Akaike Information Criterion; $\overline{B}_i$ - mean value of local unstandardised regression coefficients B_i; Std. dev. B_i - standard deviation of coefficient values B_i; Min B_i - minimum value of coefficient B_i; Maks B_i - maximum value of coefficient B_i

The value of the coefficient of determination of the local regression model ($R^2_{GWR} = 0{,}879$) indicates that, on average, it explains the variance of the linear relationship between the dependent variable and the selected explanatory variables better than the national model ($R^2_{OLS_1} = 0{,}816$; $AIC_c = -353.146$) and also better than the national model without variables x_7 and x_8 ($R^2_{OLS_2} = 0{,}811$; $AIC_c = -353.207$). The mean values of the unstandardised coefficients of the explanatory variables in the local regression models exhibit the same sign as in the national model and display similar average values. Using thematic maps, we illustrate the spatial distribution of the effects of the selected explanatory variables at the municipal level - those variables which, in the global model, have the most statistically significant influence on the dependent variable - namely, variables x_2, x_3 and x_4.

Figure 2 illustrates the spatial variability of the effect of the municipal development coefficient (x_2) on the observed risk index of housing and social deprivation. In more developed municipalities, the relationship

with the observed deprivation index is negative. Conversely, less developed municipalities - particularly in the Savinja, Zasavje, Podravje, Pomurje, and Koroška statistical regions - exhibit higher values of regression coefficients, indicating that in these areas the risk of housing and social deprivation is greater and more strongly associated with lower levels of municipal development.

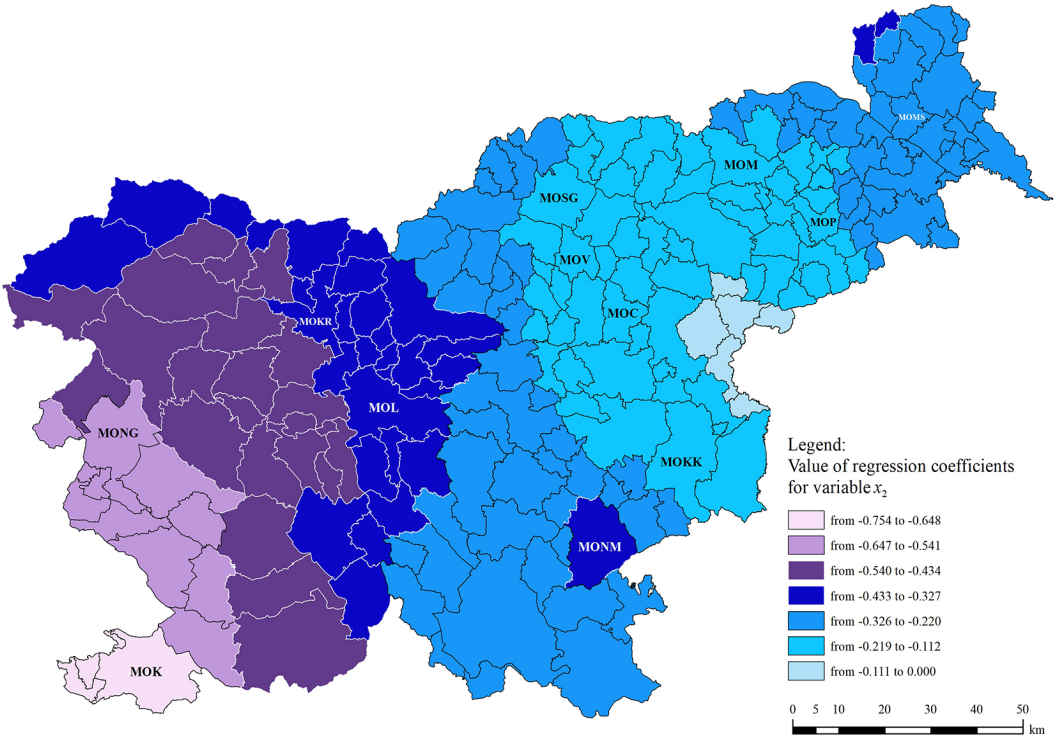


Figure 2: Spatial distribution of regression coefficients for explanatory variable x_2: Municipal development coefficient, Slovenia, 2024–2025.

The regression coefficient values of the Quality of Life Index (x_3), shown in Figure 3, are negative across almost the entire territory, confirming the finding of the global model that higher quality of life contributes to a lower risk of the observed deprivation. Nevertheless, spatial differences in the effect of this factor can be observed. The strongest negative influence is present in the eastern and northeastern parts of the country (Pomurje, Koroška, parts of the Savinjska statistical region, and the eastern part of Podravje), where municipalities are simultaneously among the less developed (according to the development coefficient) and record lower values of the Quality of Life Index. This indicates that improving quality of life in these municipalities would potentially have the greatest effect in reducing the risk of deprivation under consideration. In contrast, regression coefficients in central Slovenia (Ljubljana and the wider region), parts of Gorenjska, Goriška (Municipality of Nova Gorica, Idrija etc.), and coastal municipalities (Municipality of Koper, Piran etc.) show lower values. In these areas, where the Quality of Life Index is already relatively high, its effect on reducing deprivation is less pronounced. This may suggest that the effects are already saturated, or that deprivation in these areas arises from other factors.

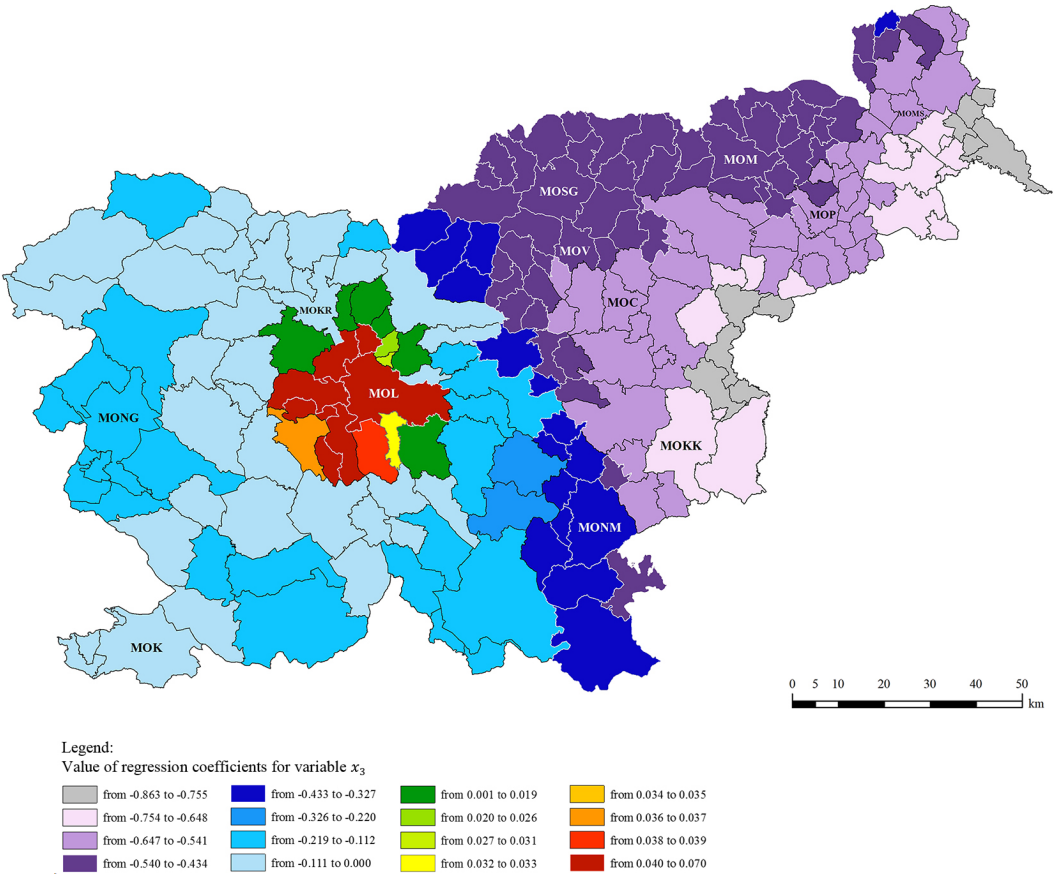


Figure 3: Spatial distribution of regression coefficients for explanatory variable x_3: Quality of Life Index, Slovenia, 2020.

Figure 4 shows that the effect of variable x_4 (the share of residents for whom housing costs represent a heavy burden) is most pronounced in the Central Slovenia region (particularly in the Ljubljana area), Gorenjska, and parts of northern Notranjska, including Southeastern Slovenia. In these areas, the regression coefficients reach their highest values, represented in dark orange and red on the map. This indicates that housing costs exert a stronger influence on the level of housing and social deprivation in these regions compared to the rest of Slovenia. High coefficient values coincide with spatially confirmed patterns of housing unaffordability, high rental prices, and elevated living costs. According to the Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia (Geodetska uprava RS, 2025), in 2024 the average price of apartments in multi-apartment buildings in the Ljubljana real estate market area was 2.9 times higher than in Prekmurje; the price of residential houses was 4.5 times higher; and the price of land for residential construction was 40 times higher. Data from the Statistical Office of the Republic of Slovenia (Statistični urad RS, 2025h) further indicate that in those Slovenian regions where the regression coefficients for explanatory variable x_4 attain the highest values, 62.1% of the total Slovenian population resides who, based on their income (before social transfers, including pensions), fall below the poverty threshold. These regions are also home to 54.3% of all persons in Slovenia identified as severely

materially deprived (lacking at least 5 of 13 deprivation items) and 69.4% of all inhabitants living in overcrowded dwellings (Statistični urad RS, 2025g).

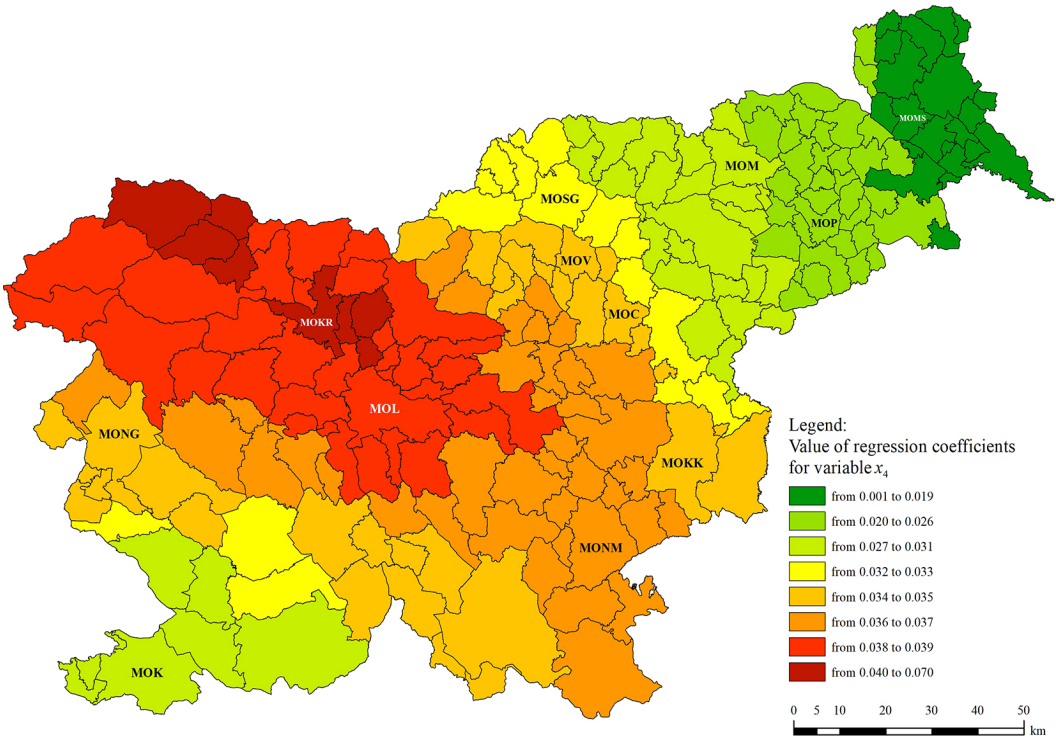


Figure 4: Spatial distribution of regression coefficients for explanatory variable x_4: percentage of residents for whom housing costs represent a heavy burden, Slovenia, 2024.

5 DISCUSSION AND CONCLUSION

Demographic shifts, particularly population ageing, combined with developmental and environmental challenges, create new circumstances for the planning of social protection and housing policies. The conducted analysis of the housing stock owned by residents aged 65 and over in Slovenia revealed that it is relatively old, functionally inadequate for the needs of the elderly, and energy inefficient, which is consistent with the findings of several previous studies. At the same time, energy renovation of existing buildings represents one of the major opportunities for reducing the household carbon footprint and for lowering long-term energy expenditures. Among the owners of these energy-inefficient and often oversized residential units are many individuals with low disposable incomes, which constrains their capacity to invest in necessary renovations and adaptations (Hafner Fink et al., 2024). The research further confirmed that higher age of dwelling owners (65+), supported by higher average pensions, lower indebtedness, and smaller housing units, contributes to greater housing and social security and reduces the risk of deprivation. Nevertheless, although older individuals own a substantial share of the housing stock, this asset remains underutilised both as a means of improving their residential standards and as a source of long-term financial security (Kerbler, Sendi and Filipovič Hrast, 2019; Marcinkiewicz and Chybalski, 2022; UNECE, 2021).

The findings of the research presented in this paper confirm the strong interconnection between the age structure of the population aged 65 and over, municipal development, the quality of the residential environment, housing costs, and the level of risk of housing and social deprivation. The spatial patterns of the examined factors reveal a high level of deprivation risk in particularly vulnerable areas - most notably in less developed, more remote settlements with poorer accessibility to various public services. Hafner Fink et al. (2024) emphasise that two-thirds of the elderly living in rural areas lack direct (walking) access to a pharmacy, half lack access to a post office or bank, and more than 40% lack access to a grocery store. Particularly vulnerable are municipalities in the Savinja, Zasavje, Podravje, and Koroška statistical regions. The results thus confirm that the risk of housing and social deprivation extends beyond the level of individual circumstances and reflects structurally determined spatial and social inequalities.

Geographically weighted regression and cartographic representations proved to be useful tools for a deeper understanding of spatial patterns of social and housing deprivation risks. The model designed with geographically weighted regression explained, on average, the variance of the linear relationship between the selected explanatory variables and the observed dependent variable better (R^2_{GWR} = 0,879) than the national models ($R^2_{OLS_1}$ = 0,816 or $R^2_{OLS_2}$ = 0,811). Through the results of geographically weighted regression and thematic maps of local regression coefficients, we highlighted critical areas and demonstrated the spatial variability of the strength of the examined factors' effects. This enables more effective, spatially adapted, and targeted measures, instead of universal solutions that overlook local conditions and needs.

In the future, more effective prevention and management of housing and social deprivation risks in Slovenia will require strengthening the resilience of the housing system to demographic change. A key priority will be to improve access to high-quality, affordable, and energy-efficient housing and to direct development policies towards a comprehensive reinforcement of the capacities of those areas identified by the study as more vulnerable. This calls for a holistic, cross-sectorally coordinated approach, the upgrading of existing measures, and the systematic integration of population ageing as a strategic challenge into all levels of spatial and social planning. Spatially determined disparities in deprivation must be systematically identified and addressed through targeted, data-driven solutions that enable a fairer and more sustainable development trajectory.

Literature and references:

Age Platform Europe. (2022). Adequate housing in older age. Brussels: Age Platform Europe. https://www.age-platform.eu/adequate-housing-in-older-age/, pridobljeno 7. 4. 2025

Ahrendt, D., Dubois, H., Jungblut, J.-M., Roys, M., Nicol, S., Ormandy, D., Ezratty, V., Fox, T., Sennett, J., Pittini, A. (2016). Inadequate housing in Europe: Costs and consequences. Dublin: Eurofound.

Aiken, E., Rolf, E., Blumenstock, J. (2023). Fairness and Representation in Satellite-Based Poverty Maps: Evidence of Urban-Rural Disparities and Their Impacts on Downstream Policy. V E. Elkind (ur.), Proceedings of the Thirty-Second International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-23) - Special Track on AI for Good (str. 5888–5896). International Joint Conferences on Artificial Intelligence.

Atkinson, A. B. (2003). Multidimensional Deprivation: Contrasting Social Welfare and Counting Approaches. Journal of Economic Inequality, 1 (1), 51–65.

Banovec, T. (2019). Kako do primernih najemnih stanovanjih ob statistično ugotovljeni količini praznih ali slabo poseljenih stanovanj. Ljubljana: Zveza društev upokojencev Slovenije.

Boarini, R., d'Ercole, M. M. (2006). Measures of Material Deprivation in OECD Countries. OECD Social, Employment and Migration Working Papers No. 37. Paris: OECD, Directorate for Employment, Labour and Social Affairs.

Cañón, L. A., Navarro, C. (2023). Housing poverty. V J. Silber (ur.), Research handbook on measuring poverty and deprivation (str. 252–261). Edward Elgar Publishing.

Carrosio, G., Cogliati Dezza, V., Cosma, S. (2023). Welfare Energetico Locale: un anno di sperimentazione per nuove politiche pubbliche. Rapporto scientifico. Roma: Fondazione Basso, Forum Disuguaglianze e Diversità.

Chirisa, I., Matamanda, A. (2016). Addressing urban poverty in Africa in the post-2015 period: Perspectives for adequate and sustainable housing. Journal of

Settlements and Spatial Planning, 7 (1), 79–87.

Cohn, D., Menasce Horowitz, J., Minkin, R., Fry, R., Hurst, K. (2022). Financial Issues Top the List of Reasons U.S. Adults Live in Multigenerational Homes. Washington: Pew Research Center.

Corral, P., Molina, I., Cojocaru, A., Segovia, S. (2022). Guidelines To Small Area Estimation for Poverty Mapping. Washington: The World Bank.

D'Souza, R. (2019). Housing poverty in urban India: The failures of past and current strategies and the need for a new blueprint. ORF Occasional Paper, 187. New Delhi: Observer Research Foundation.

Davidoff, T. (2012). Housing Wealth over the Life Course. V S. J. Smith (ur.), International Encyclopedia of Housing and Home (str. 697–702). Amsterdam: Elsevier Ltd.

Davies, K., Harvey, A., Ireland, D., King, P., Mount, F., Offord, M., Pennington, M., Rowley, L., Singh, A., Watt, C. (2008). Housing Poverty. From Social Breakdown to Social Mobility. Westminster: The Centre for Social Justice.

Dax, T., Copus, A., Kahila, P., Fritsch, M., Kovács, K., Tagai, G., Weber, R., Grunfelder, J., Löfving, L., Moodie, J., Ortega-Reig, M., Martínez, A., Piras, S., Meredith, D. (2021). European Shrinking Rural Areas: Challenges, Actions and Perspectives for Territorial Governance. Final Report. Luxembourg: ESPON EGTC.

Delfani, N., De Deken, J., Dewilde, C. (2015). Poor because of low pensions or expensive housing? The combined impact of pension and housing systems on poverty among the elderly. International Journal of Housing Policy, 15 (3), 260–284.

Dewilde, D., Raeymaeckers, P. (2008). The trade-off between home-ownership and pensions: individual and institutional determinants of old-age poverty. Ageing & Society, 28, 805–830.

Dolenc, D. (2016). Ata, mama, dedi, babi … Gospodinjstva in družine v Sloveniji. Ljubljana: Statistični urad RS.

Dustmann, C., Fitzenberger, B., Zimmermann, M. (2018). Housing Expenditures and Income Inequality. The Economic Journal, 132 (645), 1709–1736.

Enström, C., Wilhelmsson, Ö. M. (2019). The long-term consequences of youth housing for childbearing and higher education. Journal of Policy Modeling, 41 (5), 845–858.

ESPON. (2020). Atlas on Quality of Life in Slovenia. Luxembourg: ESPON EGTC.

European Central Bank. (2023). Household Finance and Consumption Survey - wave 2021. Frankfurt am Main: European Central Bank.

European Commission. (2024). Social housing and beyond – Operational toolkit on the use of EU funds for investments in social housing and associated services. Luxembourg: European Commission, Publications Office of the European Union.

Eurostat. (2020). Ageing Europe - statistics on housing and living conditions. Brussels: Eurostat.

Eurostat. (2023). EUROPOP 2023. Demographic balances and indicators by type of projection. Brussels: Eurostat. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/proj_23ndbi/default/table?lang=en, pridobljeno 7. 4. 2025

Fabbri, K., Gaspari, J. (2021). Mapping the energy poverty: A case study based on the energy performance certificates in the city of Bologna. Energy and Buildings, 234 (1), 110718.

FEANTSA, Fondation Abbé Pierre. (2023). 8th Overview of Housing Exclusion in Europe 2023. Brussels, Paris: FEANTSA, Fondation Abbé Pierre.

Filipović Hrast, U., Sendi, R., Hlebec, V., Kerbler, B. (2018). Moving House and Housing - Preferences in Older Age in Slovenia. Housing, Theory and Society, 36 (1), 76–91.

Geodetska uprava RS. (2023). Podatki katastra nepremičnin v lasti fizičnih oseb, starejših od 65 let. Ljubljana: Geodetska uprava RS. pridobljeno 9. 4. 2025

Geodetska uprava RS. (2025). Poročilo o slovenskem nepremičninskem trgu za leto 2024. Ljubljana: Geodetska uprava RS.

Hafner Fink, M., Uhan, S., Filipovič Hrast, M., Gerdina, O., Jagodic, A., Kerbler, B., Sendi, R., Šeme, A., Koščak, R. (2024). Stanovanjska anketa 2024 - Vsebinsko poročilo o rezultatih analize. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za družbene vede, Center za raziskovanje javnega mnenja in množičnih komunikacij; Urbanistični inštitut RS.

Haque, I., Das, D. N., Patel, P. P. (2022). Housing Poverty in Kolkata: Can Rental Market Reforms Be the Viable Solution? V S. Bandyopadhyay (ur.), Kolkata - The Colonial City in Transition. Reflections in Geographies of Urban India (str. 93–106). London, New York: Routledge.

Henninger, N., Snel, M. (2002). Where Are the Poor?: Experiences With the Development and Use of Poverty Maps. Washington: Arendal, World Resources Institute, UNEP/GRID-Arendal.

Holzmann, S. (2023). Mieter:innen und einkommensschwache Haushalte bei Energieeffizienz benachteiligt. Wirtschaftsdienst, 103 (3), 192–197.

Hossain, B., Nagargoje, V. P., Sk, M. I. K., Das, J. (2022). Social exclusion and mental health among older adults: cross-sectional evidence from a population-based survey in India. BMC Psychiatry, 22, 409.

Humer, Ž., Kalin, A. (2020). Poročilo o spremljanju revščine in socialne izključenosti v Sloveniji. Ljubljana: EAPN Slovenija.

Hyman, G. G., Larrea, C., Farrow, A. (2020). Poverty mapping case studies. The Alliance of Bioversity International and CIAT Dataverse. Cambridge: Harvard College.

Imankulova, S. (2024). The Impact of Regional Socio-Economic Policy on Housing Accessibility for Different Population Groups. Bulletin of Science and Practice, 10 (10), 272–278.

Incaltarau, C., Kourtit, K., Pascariu, G. C. (2024). Exploring the urban-rural dichotomies in post-pandemic migration intention: Empirical evidence from Europe. Journal of Rural Studies, 111, 103428.

Karagiannaki, E., Burchardt, T. (2024). Living Arrangements, Intra-Household Inequality and Children's Deprivation: Evidence from EU-SILC. Child Indicators Research, 17, 2319–2359.

Karpinska, L., Smiech, S. (2023). Multiple faces of poverty. Exploring housing-costs-induced energy poverty in Central and Eastern Europe. Energy Research & Social Science, 105, 103273.

Keller, J., Hruška-Tvrdý, L. (2011). Stratifikace domácností v Ostravě a nová sociální rizika. V L. Tvrdý (ur.), Industriální město v postindustriální společnosti. 4. díl Závěrečná monografie (str. 89–114). Ostava: ACCENDO - Centrum pro vědu a výzkum.

Kemeny, J. (1995). From Public Housing to the Social Market: Rental Policy Strategies in Comparative Perspective. London: Routledge.

Kerbler, B. (2015). Population aging in Slovenia: A spatial perspective. Acta Geographica Slovenica, 55 (2), 304–314.

Kerbler, B., Sendi, R., Filipovič Hrast, M. (2019). Trajnostne oblike stanovanjske oskrbe starejših v Sloveniji. Urbani izziv. Posebna izdaja, 9, 81–89.

Kim, G. H., Seo, B. I. (2024). The Effect of Housing Poverty on Subjective Health among the Elderly Living Alone: Double Mediating Effects of Self-Esteem and Depression. The Journal of Welfare and Counselling Education, 13 (2), 201–226.

Kim, J., Yoo, S. (2021). Perceived Health Problems of Young Single-Person Households in Housing Poverty Living in Seoul, South Korea: A Qualitative Study. Journal of Environmental Research and Public Health, 18, 1067.

Kühn, M. (2015). Peripheralization: Theoretical Concepts Explaining Socio-Spatial Inequalities. European Planning Studies, 23 (2), 367–378.

Kvik, A., Rose, J., Curriero, F. C., Crifasi, C. K., Pollack, C. E. (2022). The association between vacant housing demolition and safety and health in Baltimore, MD. Preventive Medicine, 164, 107292.

Lafortune, G., Balestat, G. (2007). Trends in Severe Disability Among Elderly People. Assessing the Evidence in 12 OECD Countries and the Future Implications. Paris: OECD.

Lavrač, I. (2016). Kako lahko starejši prilagodijo svojo stanovanjsko potrošnjo svojim padajočim dohodkom. V B. Majcen (ur.), Značilnosti starejšega prebivalstva v Sloveniji - prvi rezultati raziskave SHARE (str. 196–205). Ljubljana: Inštitut za ekonomska raziskovanja.

Lee, J. E. (2022). The Effect of Housing Poverty on Depression among the Elderly: A Moderated Moderation Model of Family Relationship Satisfaction and Disability. Korea Gerontological Society, 42 (3), 455–479.

Leskošek, V. (2017). Revščina starejših žensk v Sloveniji = Poverty of elderly women in Slovenia. Javno zdravje, 1 (1), 66–73.

Liu, M., Feng, X., Zhao, Y., Qiu, H. (2023). Impact of poverty alleviation through relocation: from the perspectives of income and multidimensional poverty. Journal of Rural Studies, 99, 35–44.

Lozano Alcántara, A., Vogel, C. (2021). Rising housing costs and income poverty among the elderly in Germany. Housing Studies, 38 (7), 1220–1238.

Marcinkiewicz, E., Chybalski, F. (2022). Income-Poor, Asset-Rich? The Role of Homeownership in Shaping the Welfare Position of the Elderly. LWS Working Paper Series. Esch-Belval: Cross-National Data Center in Luxembourg.

Madanipour, A., Shucksmith, M., Brooks, E. (2021). The concept of spatial justice and the European Union's territorial cohesion. European Planning Studies, 30 (5), 807–824.

Mandič, S. (2016). Stanovanjske razmere in mobilnost starejšega prebivalstva - Slovenija v primerjalni perspektivi. V B. Majcen (ur.), Značilnosti starejšega prebivalstva v Sloveniji - prvi rezultati raziskave SHARE (str. 183–195). Ljubljana: Inštitut za ekonomska raziskovanja.

Marques, T. S., Saraiva, M., de Matos, F. L., Maia, C., Ribeiro, D., Ferreira, M., Amante, A. (2019). Assessing territorial vulnerabilities and spatial inequalities: the case of Portugal. V L. Fregolent et al. (ur.), Planning for transition: book of papers (str. 566–576). Venezia: AESOP.

Ministrstvo za Finance. (2024). Koeficienti razvitosti občin in obseg sofinanciranja investicij iz državnega proračuna za leti 2024 in 2025. Ljubljana: Ministrstvo za Finance.

Ministrstvo za naravne vire in prostor. (2023). Strategija prostorskega razvoja Slovenije 2050. Ljubljana: Ministrstvo za naravne vire in prostor, Direktorat za prostor in graditev.

Ministrstvo za okolje in prostor. (2016). Poročilo o prostorskem razvoju. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor, Direktorat za prostor, graditev in stanovanja.

Munnell, A. H., Walters, A. N., Belbase, A., Hou, W. (2020). Are homeownership patterns stable enough to tap home equity? The Journal of the Economics of Ageing, 17, 100277.

Nolan, B., Whelan, C. T. (1996). Measuring Poverty Using Income and Deprivation Indicators: Alternative Approaches. Journal of European Social Policy, 6 (3), 225–240.

OECD. (2019). World Population Ageing 2019. Paris: OECD. https://www.oecd.org/en/topics/ageing.html, pridobljeno 8. 4. 2025

OECD. (2020a). Rural Well-being: Geography of Opportunities. Paris: OECD Publishing.

OECD. (2021). Building for a Better Tomorrow: Policies to Make Housing More Affordable. Paris: OECD Publishing.

Prabhakar, R. (2019). A house divided: asset-based welfare and housing asset-based welfare. International Journal of Housing Policy, 19 (2), 213–231.

Rizzini Ansari, M. (2022). Cartographies of poverty: Rethinking statistics, aesthetics and the law. Environment and Planning D: Society and Space, 40 (3), 567–585.

Saunders, P., Watanabe, K., Wong, M. (2015). Poverty and Housing Among Older People: Comparing Australia and Japan. Poverty & Public Policy, 7 (3), 223–239.

Silva, P. (2021). Fighting Against Housing Poverty In Portugal: Just A Change. New York: Borgen Magazin.

Slocum, T. A., McMaster, R. B., Kessler, F. C., Howard, H. H. (2023). Thematic Cartography and Geovisualization. Fourth Edition. Boca Raton: CRC Press.

Soaita, A. M., Dewilde, C. (2021). Housing stratification in Romania: mapping a decade of change. Journal of Housing and the Built Environment, 36, 1055–1076.

Starček, S., Gerbec, F. (2022). Stanovanjska revščina med starejšimi v Sloveniji v luči tveganj socialne zaščite in vključenosti. V E. Korpič-Horvat (ur.), V. Leskošek (ur.), D. Senčur Peček (ur.), A. V. Antončič (ur.), N. Orešek (ur.), Socialna država in revščina (str. 619–652). Maribor: Univerzitetna založba.

Statistični urad RS. (2022). Gospodinjstva po številu članov. Ljubljana: Statistični urad RS. https://podatki.gov.si/dataset/surs05f4005s, pridobljeno 9. 4. 2025

Statistični urad RS. (2025a). Delež gospodinjstev (%) po bremenu stanovanjskih stroškov za gospodinjstvo. Ljubljana: Statistični urad RS. https://podatki.gov.si/dataset/surs0868215s, pridobljeno 9. 4. 2025

Statistični urad RS. (2025b). Delež prebivalcev, starih 65 ali več let (%). Ljubljana: Statistični urad RS. https://pxweb.stat.si/SiStatData/pxweb/sl/Data/-/05C1006S.px, pridobljeno 9. 4. 2025

Statistični urad RS. (2025c). Delovno aktivno prebivalstvo po občinah prebivališča, petletnih starostnih skupinah in spolu. Ljubljana: Statistični urad RS. https://podatki.gov.si/dataset/surs0764621s, pridobljeno 9. 4. 2025

Statistični urad RS. (2025d). Izbrani kazalniki po občinah. Ljubljana: Statistični urad RS. https://podatki.gov.si/dataset/surs1906911s, pridobljeno 9. 4. 2025

Statistični urad RS. (2025e). Povprečne mesečne plače pri pravnih osebah po dejavnostih (SKD 2008) in statističnih regijah delovnega mesta. Ljubljana: Statistični urad RS. https://pxweb.stat.si/SiStatData/pxweb/sl/Data/-/0701021S.px, pridobljeno 9. 4. 2025

Statistični urad RS. (2025f). Prebivalstvo - izbrani kazalniki po stopnji urbanizacije, Slovenija, letno. Ljubljana: Statistični urad RS. https://podatki.gov.si/dataset/surs05c1017s, pridobljeno 9. 4. 2025

Statistični urad RS. (2025g). Stopnja prenaseljenosti stanovanja 2024. Ljubljana: Statistični urad RS. https://podatki.gov.si/dataset/62886992-4682-4963-b4ab-2d2f1fdc959b/resource/386d993e-7e19-4bf9-ac52-a11f39cefa37, pridobljeno 9. 4. 2025

Statistični urad RS. (2025h). Stopnja tveganja revščine pred socialnimi transferji 2024. Ljubljana: Statistični urad RS. https://podatki.gov.si/dataset/surs0867236s, pridobljeno 9. 4. 2025

Sýkorová, D., Nytra, G., Tichá, I. (2014). Housing in Old Age and Poverty. Ostrava: University of Ostrava, Faculty of Social Studies.

Szonyi, J. A., De Pauw, E., La Rovere, R., Aw-Hassan, A. (2006). Poverty Mapping in Rural Syria for Enhanced Targeting. Research Papers in Economics. V International Association of Agricultural Economists Conference, Gold Coast, Australia, August 12–18, 2006. Queensland: International Association of Agricultural Economists, Australian Agricultural and Resource Economics Society.

UMAR. (2020). Poročilo o razvoju 2020. Ljubljana: Urad Republike Slovenije za makroekonomske analize in razvoj Ljubljana (UMAR).

UN DESA. (2020). World Urbanization Prospects - The 2018 Revision. New York: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division.

UN DESA. (2023). World Population Prospects 2022. New York: United Nations Department of Economic and Social Affairs - Population Division (UN DESA).

UN-Habitat. (2020a). Housing for Older Persons: A Policy Framework. Nairobi: United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat).

UN-Habitat. (2020b). World Cities Report 2020: The Value of Sustainable Urbanization. Nairobi: United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat).

UN-Habitat. (2021). Cities and Pandemics: Towards a More Just, Green and Healthy Future. Nairobi: United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat).

UN-Habitat. (2022). World Cities Report 2022: Envisaging the Future of Cities. Nairobi: United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat).

UNECE. (2021). #Housing2030: Effective Policies for Affordable Housing in the UNECE Region. Geneva: United Nations Economic Commission for Europe (UNECE).

United Nations. (1991). United Nations Principles for Older Persons. New York: United Nations.

United Nations. (2019). World Population Ageing 2019. New York: United Nations.

Uredba o metodologiji za določitev razvitosti občin za leti 2024 in 2025. Uradni list RS št. 132/2023.

Ustaoglu, E., Williams, B. (2024). The Inter-Relationships of Territorial Quality of Life with Residential Expansion and Densification: A Case Study of Regions in EU Member Countries. Urban Science, 8 (1), 1–33.

World Health Organization. (2017). Global strategy and action plan on ageing and health. Geneva: World Health Organization.

World Health Organization. (2021a). Decade of Healthy Ageing: Baseline Report. Geneva: World Health Organization.

World Health Organization. (2021b). Global report on ageism. Geneva: World Health Organization.

World Health Organization. (2022). World Report on the Social Determinants of Health Equity. Geneva: World Health Organization.

Zavod RS za zaposlovanje. (2025). Stopnja registrirane brezposelnosti. Ljubljana: Zavod RS za zaposlovanje. https://www.ess.gov.si/partnerji/trg-dela/trg-dela-v-stevilkah/stopnja-registrirane-brezposelnosti/, pridobljeno 9. 4. 2025

Zavod za pokojninsko in invalidsko zavarovanje Slovenije. (2024). Uživalci pravic iz pokojninskega in invalidskega zavarovanja 2023. Ljubljana: Zavod za pokojninsko in invalidsko zavarovanje Slovenije.

Zavod za pokojninsko in invalidsko zavarovanje Slovenije. (2025). Uživalci pokojnin po občinah. Ljubljana: Zavod za pokojninsko in invalidsko zavarovanje Slovenije.

Xie, M., Jean, N., Burke, M., Lobell, D., Ermon, S. (2016). Transfer Learning from Deep Features for Remote Sensing and Poverty Mapping. V Proceedings of the 30th AAAI Conference on Artificial Intelligence (str. 3929–3935). Washington: Association for the Advancement of Artificial Intelligence.

Starček S., Petrovič D. (2025). Spatial analysis of the risk of housing and social deprivation: the impact of ageing factors and the local environment. Geodetski vestnik, 69 (4), 502-537.
DOI: https://doi.org/geodetski-vestnik.2025.04.502-537

Prostorska analiza tveganja stanovanjske in socialne prikrajšanosti: vpliv dejavnikov staranja in lokalnega okolja

OSNOVNE INFORMACIJE O ČLANKU

GLEJ STRAN 500

1 UVOD

Zagotavljanje socialne pravičnosti in zmanjševanje družbenih razlik ostajata osrednji nalogi sodobnih držav, še posebej v kontekstu hitrih demografskih sprememb. Ključnega pomena pri tem so premišljene politike, ki omogočajo enake možnosti za zdravje, blaginjo in dostojno življenje vseh prebivalcev, zlasti tistih, ki so družbeno in ekonomsko ranljivejši (World Health Organization, 2022). Učinkovita in dostopna socialna zaščita prispeva k zmanjšanju tveganja socialne izključenosti in krepi odpornost posameznikov in gospodinjstev proti različnim oblikam negotovosti (OECD, 2020a). Poseben izziv je zagotavljanje enakih možnosti ne glede na gmotni položaj, kar postaja še posebej pomembno pri starejši populaciji. Staranje prebivalstva je med najizrazitejšimi in najbolj daljnosežnimi demografskimi trendi 21. stoletja, saj vpliva na skoraj vse družbene podsisteme – od trga dela do sistemov socialne varnosti in stanovanjske politike (OECD, 2019; United Nations, 2019; World Health Organization, 2021a). Po napovedih Združenih narodov (UN DESA, 2023) bo do leta 2030 na svetu več kot 1,4 milijarde ljudi, starejših od 60 let, do leta 2050 pa naj bi to število preseglo 2,1 milijarde. Tovrstni trendi so prisotni tudi v evropskem prostoru, kjer se v vseh državah članicah Evropske unije, državah EFTA ter državah kandidatkah povečuje delež prebivalstva v starejši starostni skupini. Ob tem poteka tudi notranje staranje te skupine, saj se najhitreje povečuje delež najstarejših, starih 80 let in več – v Evropski uniji naj bi se do leta 2100 povečal s 5,9 % na kar 14,6 %. Pomembne spremembe demografske strukture so pričakovane tudi v Sloveniji. Leta 2024 so starejši od 65 let predstavljali že 22 % celotnega prebivalstva, po projekcijah EUROPOP 2019 pa naj bi ta delež do leta 2100 presegel 31 % (Eurostat, 2023; Statistični urad RS, 2025b). Takšne spremembe močno vplivajo na potrebe po prilagajanju stanovanjskih, socialnih in zdravstvenih politik ter zahtevajo dolgoročno strateško načrtovanje na vseh ravneh.

Od začetka 21. stoletja se mesta po vsem svetu spopadajo z dinamičnimi prostorskimi in demografskimi spremembami, ki jih zaznamujeta rast in hitro staranje urbanega prebivalstva (Incaltarau, Kourtit in Pascariu, 2024). Naraščanje deleža starejših v urbanih območjih zahteva prilagoditve prostorske, stanovanjske in socialne infrastrukture (UN DESA, 2020; World Health Organization, 2021b). Mnoge obstoječe stanovanjske stavbe niso ustrezno zasnovane za potrebe starajočega se prebivalstva – pogosto nimajo dvigal, širših prehodov ali drugih arhitekturnih rešitev, ki bi omogočale varno in samostojno bivanje. Pomanjkanje dostopnih zelenih površin in javnih prostorov dodatno omejuje možnosti za gibanje, rekreacijo in druženje, kar zmanjšuje kakovost življenja v starosti. Ob tem številni starejši prebivalci mest bivajo v stanovanjih z visokimi najemninami, stroški vzdrževanja in tekočimi izdatki, ki pogosto presegajo njihove finančne zmožnosti ter povečujejo tveganje za stanovanjsko negotovost in socialno izključenost. V iskanju dostopnejših bivalnih razmer se del starejšega prebivalstva seli v primestna in podeželska območja, ki pa se srečujejo z intenzivnim upadanjem števila prebivalcev, opuščanjem kmetijske

rabe, propadanjem stavbnega fonda in izgubo storitev javnega pomena. Dostop do zdravstvene oskrbe, oskrbovanih stanovanj in osnovne infrastrukture je v številnih podeželskih območjih omejen, kar lahko še dodatno poslabša socialno in bivanjsko varnost starejših (UN-Habitat, 2020a; World Health Organization, 2021a; D'Souza, 2019). V tem kontekstu postaja koncept prostorske pravičnosti osrednji okvir za razumevanje in naslavljanje družbenih neenakosti, ki so prostorsko pogojene. Opozarja na pomen pravične porazdelitve virov, dostopa do storitev ter vlaganj v javno infrastrukturo za vse prebivalce, zlasti za najranljivejše skupine (Madanipour, Shucksmith in Brooks, 2021). Neuravnotežen razvoj med mestnimi in podeželskimi območji tako poglablja prostorsko nepravičnost (UN-Habitat, 2022; OECD, 2020a; Haque, Das in Patel, 2022). Ministrstvo za okolje in prostor (2016) opozarja, da se bodo v prihodnje najhitreje praznila tista območja v Sloveniji, ki že danes izkazujejo visok indeks staranja prebivalstva. Podatki (Statistični urad RS, 2025f) potrjujejo, da je koeficient starostne odvisnosti starih najvišji prav na podeželju (34,6) in v predmestjih (34,7), medtem ko je v večjih mestih nekoliko nižji (32,8), kar dodatno potrjuje potrebo po prostorsko prilagojenih ukrepih.

V številnih evropskih državah, tudi v Sloveniji, se je v zadnjih desetletjih kot prevladujoča oblika bivanja uveljavilo lastništvo. Ta trend izhaja iz zgodovinskih in političnih sprememb, predvsem množične privatizacije javnega stanovanjskega fonda in pomanjkljivega razvoja institucionalno urejenega najemnega stanovanjskega sektorja (Kemeny, 1995). Slovenija izstopa po posebej visoki stopnji lastništva med starejšimi – več kot 85 % starejših prebiva v lastniških stanovanjih, kar jo po raziskavi SHARE uvršča med države z najvišjo stopnjo stanovanjskega lastništva v tej starostni skupini (Mandič, 2016). Vendar lastništvo ne zagotavlja nujno večje stanovanjske ali finančne varnosti. Mnogi starejši živijo v energetsko potratnih in funkcionalno neustreznih stanovanjih, ki zahtevajo visoke stroške vzdrževanja in ogrevanja. Zaradi omejenih prihodkov ti stroški pogosto močno omejujejo sredstva za druge osnovne življenjske potrebe (Lavrač, 2016). Podobne razmere so v drugih državah z visokim deležem lastništva stanovanj, kot so Španija, Italija in več vzhodnoevropskih držav, kjer lastništvo pogosto ne zagotavlja zaščite pred revščino, temveč prikriva stanovanjsko prikrajšanost (Delfani, De Deken in Dewilde, 2015; Soaita in Dewilde, 2021).

Prostorski in demografski razvojni vzorci v Sloveniji razkrivajo izrazita regionalna neskladja, ki se kažejo v neenakomerni porazdelitvi prebivalstva ter razliki v gospodarski aktivnosti med posameznimi območji. Značilna je visoka stopnja poselitvene razpršenosti, pri čemer se številna manjša naselja, zlasti na obrobjih mest in v obmejnih regijah, srečujejo z upadanjem prebivalstva in intenzivnim staranjem. Obenem se ob glavnih prometnih koridorjih, predvsem ob avtocestnem križu, pospešeno razvijajo suburbanizirana območja. Takšna širitev prinaša prostorsko razdrobljenost, prekinitev naravnih povezav in otežen dostop do storitev javnega pomena (Ministrstvo za naravne vire in prostor, 2023; UMAR, 2020). Pomanjkanje dostopnih stanovanj v mestnih središčih ob hkratnem naraščanju števila praznih bivalnih enot na podeželju poglablja prostorsko neravnotežje ter zmanjšuje funkcionalnost nekaterih regij. Med najbolj ranljivimi so starejše skupnosti, ki živijo v slabo dostopnih okoljih z omejenim dostopom do osnovnih javnih storitev, zaradi česar se znižuje kakovost bivanja in povečuje tveganje za revščino ter socialno izključenost (Banovec, 2019; Filipović Hrast et al., 2018). Podobne trende zaznavajo številne druge evropske države, kjer staranje prebivalstva poteka vzporedno z zmanjševanjem dostopnosti do storitev na podeželskih območjih (OECD, 2020a; UN-Habitat, 2020b).

V tem pogledu postajajo stanovanjske razmere vse bolj prepoznan dejavnik stanovanjske in socialne prikrajšanosti. Revščina namreč ni omejena zgolj na pomanjkanje materialnih sredstev, temveč vključuje tudi omejen dostop do virov, storitev in možnosti za aktivno družbeno udeležbo (Atkinson, 2003; Humer in Kalin, 2020). Posebej pri starejših se revščina pogosto izraža kot neustrezno bivališče, pomanjkanje dostopa do zdravstvenih storitev in socialnih mrež (Leskošek, 2017; Filipović Hrast et al., 2018). Ob tem gre tudi za občutek družbene izključenosti in nemoči, kar še poglablja prostorsko in socialno neenakost. Stanovanjska revščina kot posebna oblika prikrajšanosti se kaže v večrazsežnem pomanjkanju – v fizično neustreznih, energetsko potratnih ali prevelikih stanovanjih, omejenem dostopu do osnovne infrastrukture ter cenovni nedostopnosti bivanja (Cañón in Navarro, 2023; FEANTSA in Fondation Abbé Pierre, 2023; OECD, 2021). D'Souza (2019) poudarja, da je primerno stanovanje ena temeljnih človekovih potreb, ključna za zaščito dostojanstva posameznika. Evropska komisija (European Commission, 2024) ob tem opozarja, da so varna, kakovostna in dostopna stanovanja nujna za preprečevanje revščine ter spodbujanje socialne vključenosti ranljivih skupin, zlasti starejših. Stanovanjska revščina je močno povezana tudi s sistemskimi dejavniki, kot so stanovanjska politika, davčni in transferni mehanizmi ter subvencioniranje najemnin (Liu et al., 2023). Stroški bivanja pogosto zajemajo največji delež življenjskih izdatkov, dolgoročno previsoki stroški pa povečujejo tveganje za prikrajšanost. Po Soji (2009) stanovanje deluje kot pomemben prostorski vir, na podlagi katerega se uresničujejo ali poglabljajo družbene razlike – zlasti glede dostopa do kakovosti bivanja, storitev in življenjskih priložnosti.

Prispevek obravnava povezave med stanovanjsko in socialno prikrajšanostjo ter stanovanjskimi, prostorskimi in ekonomskimi razmerami prebivalstva. Po pregledu domačih in mednarodnih raziskovalnih ugotovitev se osredotočimo na analizo bivanjskih razmer starejših, pri čemer izpostavimo vplive demografskih sprememb, urbanega razvoja in tveganja prikrajšanosti v okvirih starajoče se družbe. Na podlagi podatkov za vseh 212 slovenskih občin smo izvedli multiplo regresijo za oceno splošnih povezav med opazovanimi spremenljivkami, medtem ko smo za prostorsko variabilnost dejavnikov tveganja uporabili geografsko obteženo regresijo. Ključne rezultate prikazujemo tudi s tematskimi kartami, ki omogočajo jasnejši vpogled v prostorske razlike med občinami in služijo kot orodje za podporo ciljno usmerjenemu načrtovanju. Prispevek uvaja nova spoznanja o pomenu izboljšanja bivalnih in drugih razmer prebivalstva kot ključnih dejavnikov za zmanjšanje tveganja revščine, socialne izključenosti in prostorskih neenakosti.

2 PREGLED DOSEDANJIH RAZISKAV

V zadnjih desetletjih so stanovanjska vprašanja postala osrednja tema raziskovalnih in političnih razprav, saj se nanje vse bolj vežejo sodobne oblike revščine in socialne izključenosti. Stanovanjska dostopnost je vpeta v širše družbene in demografske procese, kot so urbanizacija, pomanjkanje cenovno dostopnih stanovanj in staranje prebivalstva (Chirisa in Matamanda, 2016; Silva, 2021). V najranljivejši položaj so pogosto postavljeni starejši, brezdomci, migranti in osebe z različnimi oblikami oviranosti (Enström in Wilhelmsson, 2019; Kim in Yoo, 2021; Lozano Alcántara in Vogel, 2021). Pomemben premik na področju stanovanjske politike starejših prinašajo načela Združenih narodov za starejše (United Nations, 1991), ki so temelj pristopa k oblikovanju starosti prijaznih mest in globalna strategija Svetovne zdravstvene organizacije o staranju (World Health Organization, 2017), v kateri je poudarjen pomen okolij, prilagojenih starosti in stanovanjski pravičnosti.

Raziskave v različnih evropskih državah ugotavljajo, da so stanovanja prostor, kjer se kopičijo številne oblike prikrajšanosti (Keller in Hruška-Tvrdý, 2011; Dustmann, Fitzenberger in Zimmermann, 2018). Primerjalne študije kažejo na izrazite razlike v stanovanjskih izkušnjah med mesti in podeželjem ter med državami (D'Souza, 2019; Soaita in Dewilde, 2021; Davies et al., 2008). Številne raziskave analizirajo vpliv stanovanjske revščine na fizično in duševno zdravje starejših, kjer se kot dejavniki tveganja izpostavljajo osamljenost, visoki bivanjski stroški in slabe bivalne razmere (Kim in Seo, 2024; Lee, 2022). Sýkorová, Nytra in Tichá (2014) poudarjajo, da so za makroekonomske in družbene procese, ki vplivajo na stanovanjsko revščino in socialno izključenost, še posebej ranljivi starejši, predvsem tisti, ki živijo sami, vdove, manj izobraženi, stari starejši, revnejši in starejši, ki se spopadajo s fizičnimi ali duševnimi zdravstvenimi težavami, saj so ti dejavniki tako vzrok kot posledica socialne izključenosti (Hossain et al., 2022). Raziskave kažejo, da se vplivi lastništva stanovanj na tveganje revščine med državami razlikujejo. V nekaterih državah visoka stopnja lastništva revščino blaži (npr. v Avstraliji, kjer mnogi starejši bivajo v odplačanih stanovanjih), medtem ko v drugih (npr. na Japonskem) ne predstavlja varnostne mreže za finančno stabilnost v starosti (Saunders, Watanabe in Wong, 2015; Delfani, De Deken in Dewilde, 2015).

Tudi v Sloveniji veliko starejših ostaja v lastniških stanovanjih, a pogosto v energetsko neučinkovitih, prevelikih in funkcionalno neprilagojenih enotah (Filipović Hrast et al., 2018). Banovec (2019) opozarja, da se je med letoma 2011 in 2018 zaradi staranja prebivalstva opazno zmanjšal že tako omejen obseg javnih najemnih stanovanj, kar dodatno zmanjšuje možnosti za selitev v primernejše stanovanje v starosti. Prostorski vidiki staranja razkrivajo, da bo vpliv tega procesa izrazitejši na podeželju, kjer že danes zaznavamo višji delež starejših, praznjenje naselij in upad dostopnosti do storitev. Kerbler (2015) opozarja, da se v okoljih, kjer procesi staranja potekajo že dlje in z večjo intenzivnostjo, pričakuje izrazitejše praznjenje naselij. S tem se zmanjšuje funkcionalna zmogljivost lokalnih okolij, kar se odraža v slabši vzdrževanosti infrastrukture, opuščanju gospodarskih dejavnosti, zlasti v kmetijstvu, ter propadanju grajene in kulturne krajine (Starček in Gerbec, 2022). V takih okoljih se pogosto pojavi sekundarna marginalizacija, kjer prazne nepremičnine zasedejo socialno ranljive skupine, kar lahko pospeši negativne socialne in prostorske trende ter vpliva na občutek varnosti in kakovosti življenja v skupnosti (Kvik et al., 2022).

Vzporedno s tem narašča zanimanje za uporabo prostorskih analiz in kartografskih metod za prepoznavanje in prikaz območij z večjim tveganjem revščine ter stanovanjske in socialne prikrajšanosti. Prostorska razsežnost revščine je bila prepoznana kot ključna že v okviru razvojnih ciljev tisočletja. Kot opozarjajo Corral s sodelavci (2022), je za njeno uspešno naslavljanje bistveno vedeti, kje so revni. Xie s sodelavci (2016) so na podlagi satelitskih posnetkov in konvolucijskih nevronskih mrež izdelali napovedni model revščine za več afriških držav, Aiken, Rolf in Blumenstock (2023) pa poudarjajo njihovo uporabnost za razporejanje humanitarne pomoči. Raziskava Henningerja in Snela (2002) je s podporo kartografskega prikaza revščine v Ekvadorju razkrila prostorsko heterogenost revščine in pokazala razlike tudi znotraj regij. Številne mednarodne študije dokazujejo, da ustrezno zasnovani kartografski prikazi bistveno prispevajo k oblikovanju bolj ciljno usmerjenih in prostorsko občutljivih politik na različnih področjih, zlasti pri načrtovanju socialnih stanovanj, obravnavi energetske revščine ter določanju prioritet pri razporejanju virov in storitev javnega pomena (Carrosio, Cogliati Dezza in Cosma, 2023; Fabbri in Gaspari, 2021). Takšni prikazi omogočajo prepoznavanje lokalno posebnih ranljivosti, kot so območja z visoko stanovanjsko obremenitvijo, negativnimi okoljskimi vplivi, slabo energetsko učinkovitostjo ali omejenim

dostopom do javne infrastrukture, kar odločevalcem omogoča razvoj učinkovitejših in pravičnejših ukrepov na nacionalni in lokalni ravni. Kartografski prikazi revščine se kot orodja prostorske pravičnosti vse pogosteje uporabljajo tudi v politikah in izvedbenih ukrepih ter ciljno usmerjenih intervencijah dostopa do hrane, zdravstvenega varstva, stanovanj in infrastrukture (Hyman, Larrea in Farrow, 2020; Rizzini Ansari, 2022; Szonyi et al., 2006).

3 METODOLOGIJA

3.1 Metoda dela

Osrednji raziskovalni poudarek je bil usmerjen v analizo bivanjskih razmer starejših prebivalcev (65+) v Sloveniji s ciljem preučiti povezave med njihovimi pogoji bivanja in vplivom na tveganje stanovanjske ter socialne prikrajšanosti. V empiričnem delu smo raziskavo zasnovali na kvantitativnem analitičnem pristopu, ki smo ga dopolnili z deskriptivno obdelavo podatkov za osnovno analizo prostorskih in demografskih značilnosti. Ker na tveganje stanovanjske in socialne prikrajšanosti vpliva niz individualnih in prostorskih dejavnikov, smo za obravnavo izhajali iz celostnega raziskovalnega pristopa, ki vključuje tako osebne značilnosti starejših, ki so po navadi bolj ranljivi, kot širši kontekst lokalnega okolja. Na podlagi koncepta večrazsežnega merjenja stanovanjske revščine in socialne prikrajšanosti ter upoštevajoč metodološke pristope, uveljavljene v literaturi o oblikovanju sestavljenih kazalnikov na obravnavanem področju (npr. Boarini in d'Ercole, 2006; Nolan in Whelan, 1996), smo zasnovali sestavljen indeks stanovanjske in socialne prikrajšanosti na ravni občin kot neuteženo vsoto standardiziranih (*z*-vrednosti) treh komponent, ki zajemajo dohodkovni, zaposlitveni in življenjski vidik socialno-materialne prikrajšanosti: povprečno neto plačo, stopnjo brezposelnosti in stopnjo resne materialne prikrajšanosti. Slednja predstavlja odstotek oseb, katerih življenjske razmere so močno omejene zaradi omejenih finančnih virov gospodinjstva, in ne zaradi lastne izbire oziroma navad. To so osebe, ki so materialno prikrajšane za vsaj 4 od 9 elementov materialne prikrajšanosti – ne morejo si privoščiti rednega plačila hipoteke ali najemnine, rednih stanovanjskih stroškov, odplačevanja kreditov, primerno ogrevanega stanovanja, poravnave nepričakovanih izdatkov, mesnega ali enakovrednega vegetarijanskega obroka vsaj vsak drugi dan, enotedenskih letnih počitnic za vse člane gospodinjstva, osebnega avtomobila, pralnega stroja, barvnega televizorja in telefona. Da bi zagotovili interpretacijsko enotnost in omogočili primerljivost med občinami, smo vrednosti sestavljenega kazalnika z min-max metodo normalizirali na interval [0, 1], kjer višje vrednosti predstavljajo večje tveganje prikrajšanosti na ravni občin.

Na podlagi razpoložljivih statističnih podatkov smo oblikovali hierarhični regresijski model, ki temelji na naboru pojasnjevalnih spremenljivk demografskih, ekonomskih in stanovanjskih značilnosti. Za poglobljeno razumevanje prostorskih vzorcev ter razlik v vplivih posameznih spremenljivk med občinami smo klasični multivariatni pristop dopolnili z geografsko obteženo regresijsko analizo, ki omogoča prostorsko občutljivo modeliranje na lokalni ravni.

3.2 Uporabljeni podatki

V empiričnem delu raziskave smo se oprli na kombinacijo različnih podatkovnih virov, ki zajemajo demografske, socialne in stanovanjske značilnosti prebivalcev Slovenije, med drugim podatke o

lastništvu in lastnostih nepremičnin v lasti starejših od 65 let. Uporabili smo podatke Geodetske uprave RS (2023) o stavbah in njihovih delih, katerih lastniki spadajo v opazovano starostno skupino, kar je zajemalo 495.234 evidentiranih enot. Pri tem so nas dodatno zanimali podatki o uporabni površini stanovanj in obnovi fasad. Dopolnilni viri vključujejo podatke programa ESPON (2020), kot je indeks kakovosti življenja, podatke o koeficientih razvitosti občin, ki jih Ministrstvo za finance (2024) objavlja v skladu z Uredbo o metodologiji za določitev razvitosti občin za leti 2024 in 2025, in podatke Statističnega urada RS, kot so koeficient starostne odvisnosti starih (tj. razmerje med številom starejših, starih 65 let ali več, in številom delovno sposobnih prebivalcev, starih od 15 do 64 let, pomnoženo s 100; angl. *old-age dependency ratio*), odstotek prebivalcev, za katere so stanovanjski stroški veliko breme (odstotek oseb, ki živijo v gospodinjstvih, kjer stroški bivanja – najemnina, stroški ogrevanja, elektrike, vode in drugi povezani stroški – presegajo 40 % razpoložljivega dohodka gospodinjstva), in odstotek zaposlenih, starejših od 60 let. Uporabili smo podatke Zavoda za pokojninsko in invalidsko zavarovanje Slovenije o povprečni pokojnini na ravni občin in povprečnih pokojninah po starostnih razredih (65+). Cilj analize je bil preučiti, kako prostorske in bivanjske razmere in izbrani dejavniki, ki se nanašajo izključno na starejše prebivalce (starejše od 60 oziroma 65 let), vplivajo na izpostavljenost tveganju stanovanjske in socialne prikrajšanosti. V ta namen smo oblikovali večnivojski analitični okvir z uporabo hierarhičnega modela, ki temelji na nizu individualnih značilnosti in kontekstualnih spremenljivk.

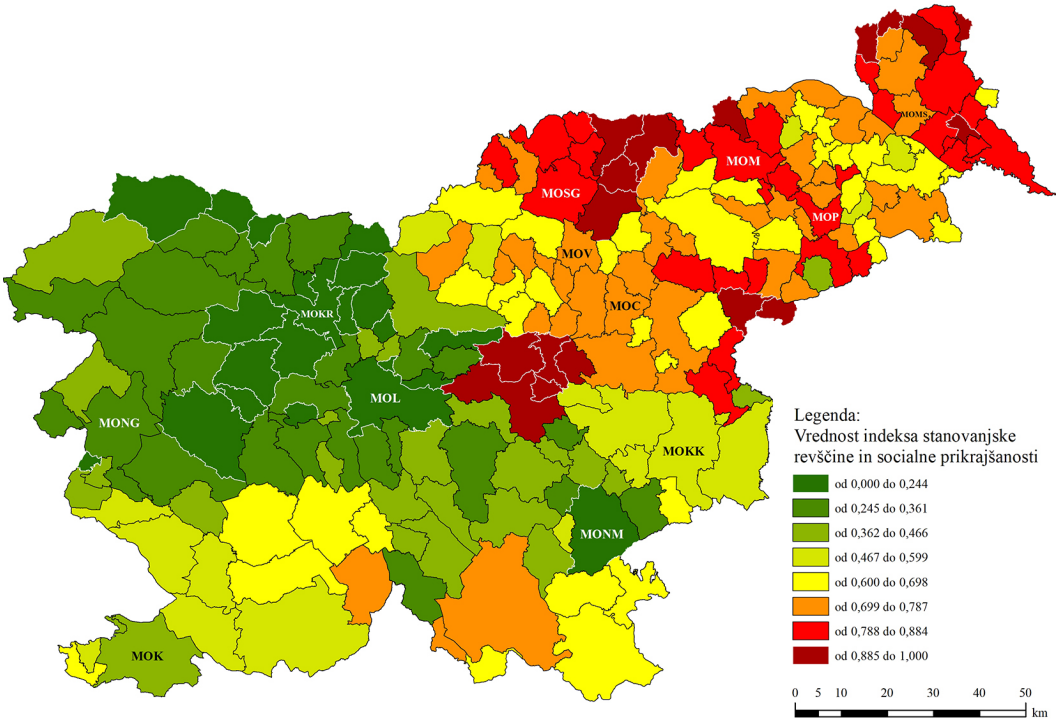
3.3 Kartografski prikaz dejavnikov vpliva na indeks stanovanjske in socialne prikrajšanosti

Za boljše razumevanje prostorske razporeditve obravnavanih dejavnikov smo rezultate geografsko obtežene regresije prikazali v obliki tematskih kart. Prikaz temelji na vrednostih regresijskih koeficientov za posamezne opazovane spremenljivke. Njihov namen je strokovni in širši javnosti omogočiti vpogled v prostorske razlike med slovenskimi občinami glede vpliva posameznih dejavnikov. Glede na naravo podatkov in njihovo prostorsko vezanost na občine smo za prikaz uporabili kartogram. Vrednosti regresijskih koeficientov so razvrščene v osem razredov negativnih in osem razredov pozitivnih vrednosti. Pri tem smo uporabili metodo enakih frekvenc (angl. *equal frequency classification method*), ki omogoča, da je v vsakem razredu vključeno približno enako število občin. Takšen pristop zagotavlja bolj uravnoteženo vizualno predstavitev prostorskih vzorcev, saj preprečuje, da bi številčno prevladujoče skupine ali ekstremne vrednosti vizualno zasenčile druge podatke. Kartografski prikaz s tem pridobi na preglednosti, primerljivosti in informativni vrednosti (Slocum et al., 2023). Vsak razred je označen z določeno bravo. Barvna lestvica prehaja od temno zelene, ki ponazarja najnižje negativne vrednosti, do svetlo vijolične, ki ponazarja najvišje vrednosti regresijskih koeficientov, kot je prikazano v pripadajočih legendah. Kartogrami so izdelani v merilu, ki omogoča prikaz vseh občin na nacionalni ravni. Za lažjo orientacijo so mestne občine na kartogramih označene z njihovimi uradnimi kraticami (MOC za Mestno občino Celje, MOK za Mestno občino Koper, MOKK za Mestno občino Krško, MOKR za Mestno občino Kranj, MOL za Mestno občino Ljubljana, MOM za Mestno občino Maribor, MOMS za Mestno občino Murska Sobota, MONG za Mestno občino Nova Gorica, MONM za Mestno občino Novo mesto, MOP za Mestno občino Ptuj, MOSG za Mestno občino Slovenj Gradec in MOV za Mestno občino Velenje).

4 REZULTATI

4.1 Indeks stanovanjske in socialne prikrajšanosti

Prostorska analiza vrednosti sestavljenega indeksa stanovanjske in socialne prikrajšanosti po slovenskih občinah (slika 1) kaže na regionalno raznolikost. Najvišje vrednosti indeksa, ki kažejo na največje tveganje, so zabeležene predvsem v severovzhodni in vzhodni Sloveniji, zlasti v Pomurju, Podravju, Zasavju in delu savinjske ter koroške statistične regije. Ta območja so hkrati zaznamovana z višjo brezposelnostjo (Zavod RS za zaposlovanje, 2025) in nižjimi dohodki (Statistični urad RS, 2025e). Takšna prostorska porazdelitev kaže na pomembno vlogo lokalnih značilnosti pri oblikovanju življenjskih pogojev in potrjuje potrebo po prostorsko prilagojenih pristopih pri naslavljanju stanovanjske in socialne prikrajšanosti.



Slika 1: Vrednosti indeksa stanovanjske in socialne prikrajšanosti na ravni občin, Slovenija, 2024.

4.2 Značilnosti stanovanj v lasti starejših od 65 let

Rezultati analize podatkov Geodetske uprave RS (2023) kažejo, da se več kot 62 % stanovanj, katerih lastniki so starejši od 65 let, nahaja v enostanovanjski stavbi, okrog 29 % v večstanovanjski stavbi in okrog 8 % v dvostanovanjski stavbi. Le pol odstotka stanovanj, katerih lastniki so starejši od 65 let, se nahaja v oskrbovanih stanovanjih ali drugih posebnih oblikah bivanja. Stanovanjski fond v lasti starejših prebivalcev je po večini zastarel, energetsko neučinkovit in infrastrukturno pomanjkljiv, kar lahko vpliva na njihovo kakovost življenja ter socialno in funkcionalno ranljivost. Starejši so lastniki razmeroma velikih enostanovanjskih stavb (povprečna neto površina meri približno 180 m²). Zanje je značilen nizek delež

priključenih na kanalizacijsko omrežje ter nizek delež obnovljenih fasad. Pomanjkljivosti so zaznane tudi v večstanovanjskih objektih, saj je več kot dve tretjini teh stavb brez dvigala. Tri četrtina stanovanj v lasti starejših oseb je v drugem ali višjem nadstropju, kar omejuje njihovo mobilnost. Razlike v povprečni starosti enostanovanjskih in večstanovanjskih stavb, povprečnih površinah stanovanj in obnovljenosti gradbenih elementov, prikazanih v preglednici 1, dodatno osvetljujejo bivanjske razlike starejših.

Preglednica 1: Značilnosti stanovanj v enostanovanjskih in večstanovanjskih stavbah v Sloveniji, katerih lastniki so starejši od 65 let

Kazalnik	Enostanovanjske stavbe (hiše)	Večstanovanjske stavbe
Povprečna starost stavbe (v letih)	70,9	61,2
Povprečna neto površina stanovanja (v m²)	180,9	68,5
Povprečna neto površina bivalnih prostorov (v m²)	101,6	56,6
Obnovljena fasada (v %)	23,9	28,4
Obnovljena streha (v %)	47,0	45,4
Obnovljena okna (v %)	30,1	30,1
Prisotnost dvigala (v %)	0,1	30,5
Priključek na kanalizacijo (v %)	36,3	93,2
Povprečna starost lastnika stanovanja (v letih)	Ženske: 75,6 Moški: 74,3	Ženske: 74,7 Moški: 73,6

4.3 Rezultati multiple regresijske analize

Za izvedbo multiple regresijske analize in geografsko obtežene regresije smo uporabili spremenljivke, predstavljene v preglednici 2. Preglednica vključuje osnovno opisno statistiko (najmanjše, največje in povprečne vrednosti ter standardni odklon) ter kratek opis in vir posameznih spremenljivk.

Preglednica 2: Opisna statistika uporabljenih spremenljivk, z opisom in viri

Podatek	Opis in vir	Min	Maks	Povprečje	St. odklon
***y*: Indeks stanovanjske in socialne prikrajšanosti**	Sestavljen kazalnik (lastni izračun)	0,00	1,00	0,59	0,23
x_1: Koeficient starostne odvisnosti starih	Razmerje med številom oseb, starejših od 65 let, in delovno aktivnim prebivalstvom (Statistični urad RS, 2025f)	19,7	59,80	33,33	5,76
x_2: Koeficient razvitosti občine	Koeficient razvitosti občin za leti 2024 in 2025 (Ministrstvo za finance, 2024)	0,26	1,35	1,00	0,15
x_3: Indeks kakovosti življenja	Sestavljeni kazalnik, ki vključuje dejavnike, kot so zdravje, izobrazba, okolje in varnost (ESPON, 2020)	0,33	0,70	0,53	0,087
x_4: Stanovanjski stroški veliko breme	Odstotek vseh prebivalcev, za katere so stanovanjski stroški veliko breme (Statistični urad RS, 2025a)	20,00	36,00	27,70	4,52
x_5: Povprečna starost lastnikov stanovanj	Povprečna starost lastnikov stanovanj (65+) (Geodetska uprava RS, 2023)	73,10	77,20	74,58	0,72
x_6: Uporabna površina stanovanj	Povprečna uporabna površina vseh stanovanj (Statistični urad RS, 2025d)	58,80	116,10	87,74	10,13

Podatek	Opis in vir	Min	Maks	Povprečje	St. odklon
x_7: Delež zaposlenih starejših (60+)	Delež delovno aktivnih oseb, starejših od 60 let, v celotni populaciji iste starostne skupine (Statistični urad RS, 2025c)	0,50	19,60	6,02	1,81
x_8: Neobnovljena fasada	Odstotek stanovanj v lasti starejših od 65 let z neobnovljeno fasado (Geodetska uprava RS, 2023)	19,30	85,70	61,67	13,74

Min – najmanjša vrednost; Maks – največja vrednost; Povprečje – povprečna vrednost; St. odklon – standardni odklon

Za analizo povezav med značilnostmi stanovanj, prostorskimi kazalniki ter elementi življenjskih pogojev smo zasnovali nacionalni regresijski model, katerega ključni rezultati so prikazani v preglednici 3.

Preglednica 3: Rezultati regresijske analize

	$R^2_{OLS_1}$ = 0,816; AIC_c = - 353.146				
	B	**St. nap. B**	β	t	**VIF**
Konstanta	2,148	0,950		2,262*	
x_1: Koeficient starostne odvisnosti starih	0,003	0,002	0,083	2,029*	1,834
x_2: Koeficient razvitosti občine	–0,392	0,073	–0,256	–5,400**	2,488
x_3: Indeks kakovosti življenja	–0,479	0,137	–0,178	–3,491**	2,874
x_4: Stanovanjski stroški veliko breme	0,033	0,002	0,647	15,284**	1,977
x_5: Povprečna starost lastnikov stanovanj	–0,027	0,013	–0,082	–2,075*	1,723
x_6: Uporabna površina stanovanj	0,002	0,001	0,075	2,000*	1,563
x_7: Delež zaposlenih starejših (60+)	–0,005	0,005	–0,041	–1,007	1,856
x_8: Neobnovljena fasada	–0,001	0,001	–0,075	–1,881	1,775

$R^2_{OLS_1}$ – determinacijski koeficient za nacionalni model, ki vključuje vse pojasnjevalne spremenljivke od x_1 do x_8; AIC_c – popravljen Akaikejev informacijski kriterij (angl. *corrected Akaike information criterion*); B – nestandardizirani regresijski koeficient; St. nap. B – standardna napaka B; β – standardizirani regresijski koeficient; t – t-vrednost; * $p < 0,05$; ** $p < 0,001$; VIF – *variance inflation factor*

Rezultati nacionalnega regresijskega modela kažejo, koliko bivanjske in socialno-ekonomske razmere vplivajo na indeks stanovanjske in socialne prikrajšanosti – spremenljivko (y). Koeficient starostne odvisnosti starih (x_1) pozitivno in statistično značilno vpliva na opazovano prikrajšanost. To pomeni, da večji delež starejših oseb (65+) glede na delovno aktivno populacijo povečuje tveganje prikrajšanosti. Koeficient starostne odvisnosti starih je najvišji v občinah v Pomurju, Zasavju, zahodnem delu države in nekaterih obmejnih občinah, kjer dosega najvišje vrednosti tudi indeks stanovanjske in socialne prikrajšanosti. V kontekstu starajoče se družbe to opozarja na strukturno ranljivost lokalnih okolij, kjer ob demografski obremenitvi hkrati primanjkuje ustreznih ukrepov za zagotavljanje dostojnega, varnega in prilagojenega bivanja predvsem za starejše. Podobno ugotavljata Lafortune in Balestat (2007), ki izpostavljata, da starajoča se populacija pomeni vse večji pritisk na lokalne sisteme dolgotrajne oskrbe, stanovanjske infrastrukture in socialnega varstva, kar se še posebej odrazi v prikrajšanosti starejših v odročnejših in demografsko ogroženih regijah.

Kot pomemben zaščitni dejavnik za opazovano prikrajšanost se je v modelu izkazala raven razvito-

sti občine (x_2), kar pomeni, da razvitejše občine kažejo nižje tveganje za stanovanjsko in socialno prikrajšanost. Te občine praviloma tudi zagotavljajo boljše pogoje za dostojno, varno in stabilno bivanje ne le za starejše, temveč za celotno prebivalstvo. Višja raven razvitosti pogosto pomeni boljši dostop do trga dela, javnih storitev, zdravstvene, izobraževalne in socialne infrastrukture ter večjo institucionalno podporo, kar vse prispeva k zmanjševanju socialnih tveganj. Razlike med razvitimi in manj razvitimi občinami se tako ne odražajo zgolj v ekonomskih kazalnikih (npr. zaposlenosti, dohodkih, investicijah), temveč se zrcalijo tudi v širših dimenzijah družbene blaginje, kot so tveganje revščine, socialna izključenost, stanovanjska negotovost in demografska (ne)privlačnost lokalnega okolja. Na to opozarjajo tudi Dax s sodelavci (2017), ki ugotavljajo, da je stopnja lokalne razvitosti neposredno povezana z razvojnim potencialom območij, vključno s kakovostjo bivanja, socialno kohezijo in odpornostjo skupnosti proti tveganjem izključenosti. Manj razvite občine so pogosto izpostavljene višjim stopnjam prikrajšanosti različnih skupin prebivalstva (Kühn, 2015). UNECE (2021) izpostavlja, da so lokalne zmogljivosti tudi ključen pogoj za izvajanje učinkovitih politik za starajočo se populacijo. Razvitost lokalne skupnosti je zato neposredno povezana tudi s prostorsko pravičnostjo.

Zaščitni vpliv je bil potrjen tudi za indeks kakovosti življenja (x_3), ki zajema različne dimenzije blaginje, kot so zdravje, varnost, izobraževanje, delovni pogoji in dostopnost storitev. Ta spremenljivka negativno in statistično značilno vpliva na vrednost opazovanega indeksa prikrajšanosti, kar pomeni, da občine z višjo oceno kakovosti življenja zaznavajo nižje tveganje stanovanjske in socialne prikrajšanosti. Podatki kažejo, da najnižjo prikrajšanost zaznavajo občine, kjer indeks kakovosti življenja dosega višje vrednosti, zlasti v osrednjem in zahodnem delu države. To poudarja pomen celostnega lokalnega razvoja in prostorske blaginje kot ključnega dejavnika pri zagotavljanju varnega, dostopnega in primernega bivanja ter nižjega tveganja socialne prikrajšanosti (Marques et al., 2019; Ustaoglu in Williams, 2024).

Posebej izrazit vpliv je pokazala spremenljivka x_4: odstotek prebivalcev, za katere so stanovanjski stroški veliko breme, ki je najmočnejši pozitivni napovednik višje vrednosti opazovanega indeksa prikrajšanosti. Visoki stanovanjski stroški pomembno prispevajo k ranljivosti prebivalstva (Imankulova, 2024) zlasti v regijah z nižjimi dohodki in slabšo energetsko učinkovitostjo stanovanj (Holzmann, 2023; Karpinska in Smiech, 2023). Rezultati analize podatkov potrjujejo, da so območja z najvišjim deležem prebivalcev, ki poročajo o finančni preobremenjenosti zaradi bivanja (koroška, zasavska, podravska, pomurska in primorsko-notranjska statistična regija), hkrati območja z najvišjim tveganjem prikrajšanosti. Ta ugotovitev poudarja pomen politik, ki se usmerjajo v zniževanje stanovanjskih stroškov in spodbujanje cenovno dostopnega in kakovostnega bivanja – zlasti za socialno ranljive skupine prebivalstva.

Rezultati regresijske analize kažejo, da ima povprečna starost lastnikov stanovanj, starejših od 65 let (x_5), negativen in statistično značilen vpliv na opazovani indeks stanovanjske in socialne prikrajšanosti. Po podatkih Zavoda za pokojninsko in invalidsko zavarovanje Slovenije (2024) je povprečna višina pokojnine (opazovano v skupini upokojencev, starejših od 65 let) v starejših starostnih skupinah višja kot med mlajšimi uživalci pokojnin. Povprečna starostna oziroma delna pokojnina, ki je prenehala v letu 2023, je bila pri starih 90 let in več v povprečju za 36,2 % višja kot v skupini starih med 65 in 69 let (pri moških je bila višja za 69,5 %). Poleg tega je bila v letu 2023 povprečna novouveljavljena

starostna oziroma delna pokojnina pri osebah, starejših od 70 let, za 88 % višja kot v starostni skupini 65–69 let (pri ženskah je bila višja za 107 %). Rezultati bivariatne prostorske analize (bivariatni Moranov I = 0,465; < 0,001) potrjujejo statistično značilno prostorsko povezanost na ravni občin med povprečno bruto pokojnino in povprečno starostjo lastnikov stanovanj (65+). Statistično značilna negativna povezanost je med starostjo lastnikov stanovanj (65+) in neto površino njihovih stanovanj. Manjša stanovanja starejših upokojencev pomenijo tudi nižje tekoče stroške, stroške ogrevanja, vzdrževanja in upravljanja. Pomembno je poudariti, da so gospodinjstva starejših od 65 let v Sloveniji najmanj zadolžena med vsemi starostnimi skupinami. V starostni skupini 65–74 let ima finančne obveznosti, povezane s hipotekarnimi ali drugimi oblikami dolga, le 15,8 % gospodinjstev, po 75. letu pa ta delež upade na zgolj 5,7 %. Povprečna stopnja zadolženosti v starostni skupini 16–64 let znaša 37,7 % (European Central Bank, 2023). Nižja stopnja zadolženosti ter daljše obdobje kopičenja premoženja krepita stanovanjsko in socialno varnost (Munnell et al., 2020). Stanovanjska varnost in finančna stabilnost starejših se pogosto povezuje tudi z oblikami bivanja, zlasti z razširjenimi oziroma večgeneracijskimi gospodinjstvi, ki so v Sloveniji še vedno razmeroma pogost pojav. Dolenc (2016) izpostavlja, da sta na začetku leta 2015 v 42 % enostanovanjskih stavb v Sloveniji prebivali vsaj dve gospodinjstvi. V 60 % takšnih razširjenih enodružinskih gospodinjstev so skupaj bivale vsaj tri generacije, pri čemer je v polovici teh primerov šlo za zakonski par z otroki in enega od staršev zakoncev, najpogosteje mater ali taščo. Večgeneracijska gospodinjstva so precej tudi posledica slabše dostopnosti primernih in cenovno dosegljivih stanovanj za mlade in mlade družine (Ahrendt et al., 2016; OECD, 2021). V večgeneracijskih gospodinjstvih se lahko finančna bremena porazdelijo med več članov, s čimer se znižuje obremenitev posameznika in zmanjšuje tveganje revščine (Cohn et al., 2022; Karagiannaki in Burchardt, 2024). Poleg tega so starejši pogosto upravičeni do dodatka za pomoč in postrežbo, kar je dodaten zaščitni mehanizem. Vpliv spremenljivke je skladen z ugotovitvami Davidoffa (2012), ki izpostavlja, da z naraščajočo starostjo in višjo stopnjo premoženja starejših upada delež sredstev, namenjenih za stanovanjske izdatke. Posledično se znižuje tveganje stanovanjske in socialne prikrajšanosti. Čeprav je pojasnjevalna spremenljivka x_5 omejena na starejše (65+) lastnike stanovanj, ima ta skupina pomembno družbeno težo, saj so kot stabilni nosilci lastništva stanovanj pomemben del socialnega in stanovanjskega sistema. Dewilde in Raeymaeckers (2008) pri tem izpostavljata, da visoka stopnja lastništva stanovanj med starejšimi pomembno prispeva k zmanjšanju ranljivosti ter izboljšuje skupne kazalnike blaginje na lokalni ravni.

Na tveganje stanovanjske in socialne prikrajšanosti pozitivno in statistično značilno vpliva povprečna uporabna površina stanovanj (x_6). V mnogih občinah (predvsem v delu goriške, gorenjske, koroške, savinjske in notranjsko-kraške statistične regije) so stanovanja velika. Če so neustrezno zasedena (npr. ena do dve osebi živita v hiši s štirimi ali več sobami), to ustvarja funkcionalno stisko in ne pomeni optimalne izrabe bivanjskega prostora. Prevelika stanovanja lahko povzročajo energetsko neučinkovitost, zvišujejo stroške vzdrževanja ter krepijo psihosocialni občutek osamljenosti in neprilagojenosti (OECD, 2021). Eurostat (2020) in Age Platform Europe (2022) izpostavljata številna tveganja predvsem med starejšimi uporabniki prevelikih stanovanj.

Spremenljivk x_7 in x_8, ki v regresijskem modelu nista statistično značilni ($p > 0,05$), posebej ne razlagamo, saj njun vpliv ni potrjen z zadostno statistično verjetnostjo in zato nista zanesljiva podlaga za empirične sklepe ali priporočila.

4.4 Rezultati geografsko obtežene regresije

Za nadaljnjo poglobitev prostorske razsežnosti modela smo uporabili metodo geografsko obtežene regresije, ki omogoča analizo lokalnih variacij učinkov pojasnjevalnih spremenljivk na ravni posameznih občin. Geografsko obtežena regresija je bila izbrana zaradi neenakomerne prostorske porazdelitve analiziranih pojavov, kar zahteva pristop, prilagojen lokalnim značilnostim občin. Rezultati analize prostorske avtokorelacije kažejo, da je za izbrani model najprimernejša uporaba fiksnega jedra s pasovno širino $\beta = 28{,}9$ km. Prostorske uteži smo izračunali z metodo eksponentnega jedra. Zaradi tveganja prostorske avtokorelacije in lokalne multikolinearnosti smo iz nadaljnjega lokalnega modeliranja izključili spremenljivki x_7 in x_8. Takšen nacionalni model ima determinacijski koeficient $R^2_{OLS_2} = 0{,}811$ ($AIC_c = -353.207$). Rezultati analize preostankov (standardnih napak napovedi) v geografsko obteženem regresijskem modelu kažejo, da je večina občin zajetih znotraj pričakovanih statističnih odklonov, kar potrjuje zanesljivost lokalnega modela. Pojasnitvena moč in prostorska variabilnost učinkov posameznih dejavnikov sta podrobno predstavljeni v preglednici 4.

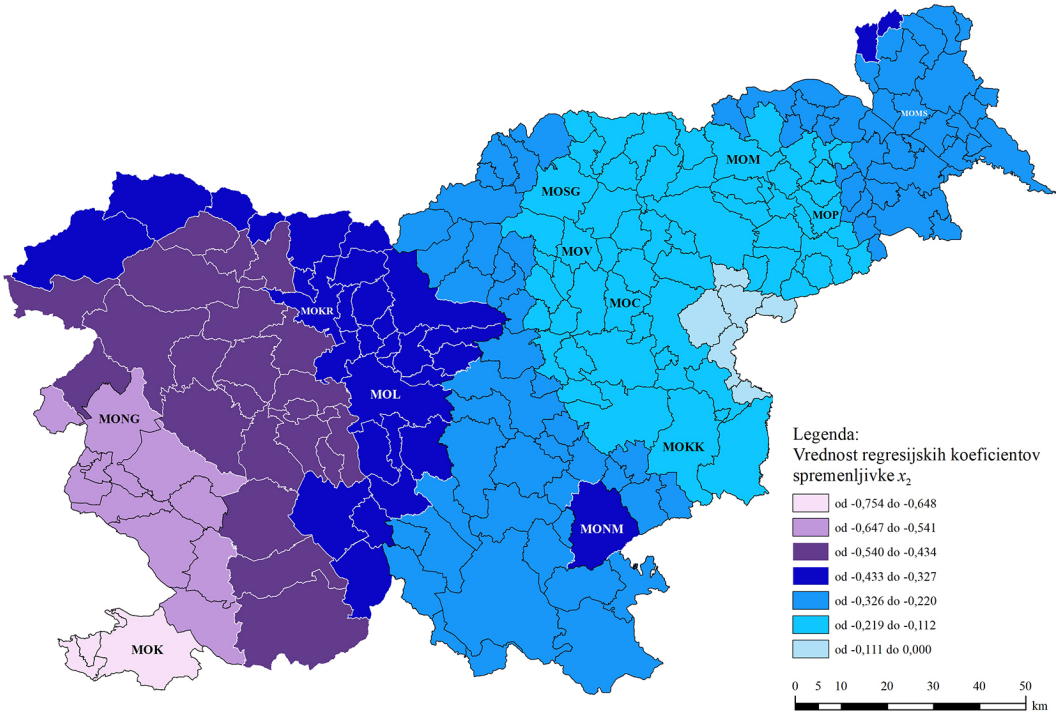
Preglednica 4: Rezultati geografsko obtežene regresije

	$R^2_{GWR} = 0.879$, $AIC_c = -372.226$			
	$\overline{B}_i$	St. odkl. B_i	Min B_i	Maks B_i
Konstanta	1,777	0,796	0,039	3,837
x_1: Koeficient starostne odvisnosti starih	0,004	0,004	–0,006	0,008
x_2: Koeficient razvitosti občine	–0,299	0,133	–0,737	–0,074
x_3: Indeks kakovosti življenja	–0,377	0,257	–0,863	0,070
x_4: Stanovanjski stroški veliko breme	0,031	0,007	0,015	0,039
x_5: Povprečna starost lastnikov stanovanj	–0,023	0,010	–0,047	–0,001
x_6: Uporabna površina stanovanj	0,001	0,001	–0,005	0,003

R^2_{GWR} – determinacijski koeficient lokalnega modela, ki vključuje vse pojasnjevalne spremenljivke od x_1 do x_6; AIC_c – popravljen Akaikejev informacijski kriterij (angl. *corrected Akaike information criterion*); $\overline{B}_i$ – povprečna vrednost lokalnih nestandardiziranih regresijskih koeficientov B_i; St. odkl. B_i – standardni odklon vrednosti koeficientov B_i; Min B_i – najmanjša vrednost koeficienta B_i; Maks B_i – največja vrednost koeficienta B_i

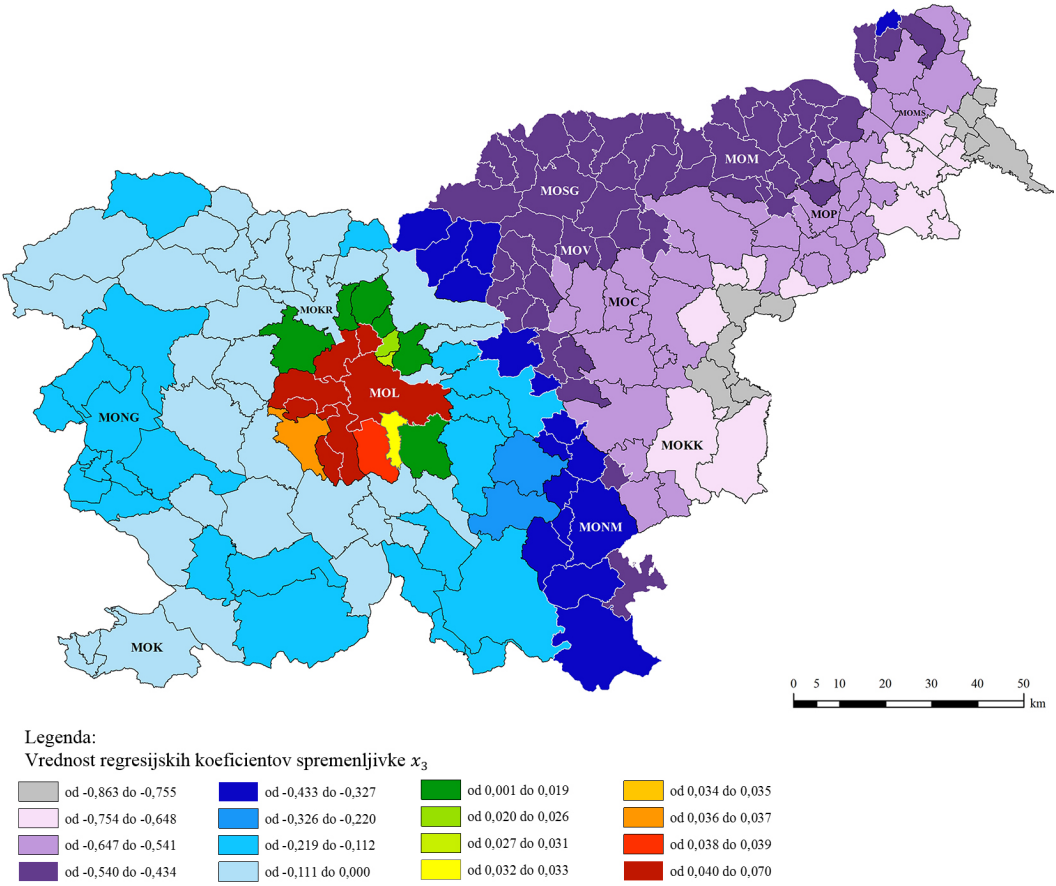
Vrednost determinacijskega koeficienta lokalnega regresijskega modela ($R^2_{GWR} = 0{,}879$) kaže, da v povprečju bolje pojasni varianco linearne povezanosti odvisne spremenljivke glede na izbrane pojasnjevalne spremenljivke kot nacionalni model ($R^2_{OLS_1} = 0{,}816$; $AIC_c = -353.146$) in tudi kot nacionalni model brez spremenljivk x_7 in x_8 ($R^2_{OLS_2} = 0{,}811$; $AIC_c = -353.207$). Povprečne vrednosti nestanardiziranih koeficientov pojasnjevalnih spremenljivk lokalnih regresijskih modelov imajo enak predznak kot pri nacionalnem modelu in podobne povprečne vrednosti. S tematskimi kartami prikažemo prostorsko porazdelitev vpliva izbranih pojasnjevalnih spremenljivk na ravni občin, ki v globalnem modelu najbolj statistično značilno vplivajo na odvisno spremenljivko, in sicer za spremenljivke x_2, x_3 in x_4.

Slika 2 prikazuje prostorsko variabilnost vpliva koeficienta razvitosti občin (x_2) na opazovan indeks tveganja stanovanjske in socialne prikrajšanosti. V razvitejših občinah je negativna povezanost z opazovanim indeksom prikrajšanosti. Nasprotno pa imajo manj razvite občine, predvsem v savinjski, zasavski, podravski, pomurski in koroški statistični regiji, višje vrednosti regresijskih koeficientov, kar pomeni, da je v teh območjih tveganje stanovanjske in socialne prikrajšanosti večje in bolj povezano z nižjo razvitostjo občin.



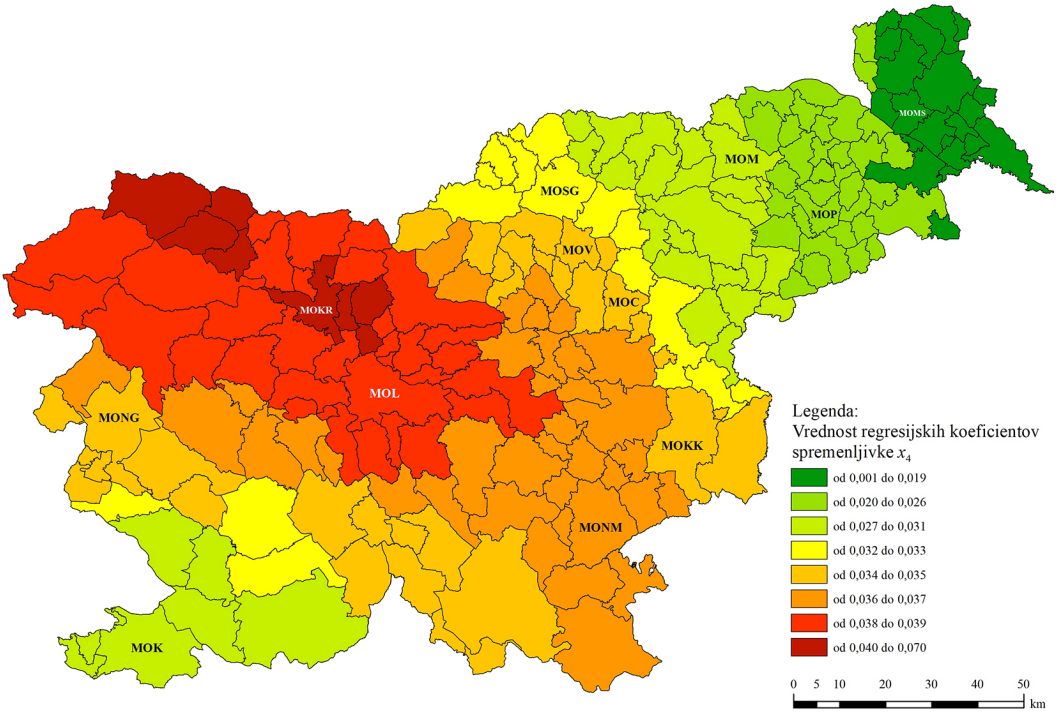
Slika 2: Prostorska porazdelitev regresijskih koeficientov pojasnjevalne spremenljivke x_2: koeficient razvitosti občine, Slovenija, 2024–2025.

Vrednosti regresijskih koeficientov indeksa kakovosti življenja (x_3), prikazane na sliki 3, so negativne po skoraj celotnem ozemlju, kar potrjuje ugotovitev globalnega modela, da višja kakovost življenja prispeva k nižjemu tveganju obravnavane prikrajšanosti. Vendar pa je opaziti razlike v vplivu tega dejavnika po prostoru. Najmočnejši negativni vpliv je prisoten v vzhodnem in severovzhodnem delu države (Pomurje, Koroška, del savinjske statistične regije ter vzhodni del Podravja), kjer so občine hkrati med manj razvitimi (glede na koeficient razvitosti) in z nižjo vrednostjo indeksa kakovosti življenja. To pomeni, da ima izboljšanje kakovosti življenja v teh občinah potencialno največji učinek na zmanjšanje tveganja obravnavane prikrajšanosti. Nasprotno pa so regresijski koeficienti v osrednji Sloveniji (Ljubljana in širša regija), v delu Gorenjske, Goriške (Nova Gorica, Idrija idr.) in obalnih občinah (Koper, Piran idr.) nižjih vrednosti. V teh območjih, kjer je indeks kakovosti življenja že relativno visok, njegov vpliv na zmanjšanje prikrajšanosti ni tako izrazit. To lahko nakazuje, da so učinki že izkoriščeni oziroma da se prikrajšanost tam pojavlja zaradi drugih dejavnikov.



Slika 3: Prostorska porazdelitev regresijskih koeficientov pojasnjevalne spremenljivke x_3: indeks kakovosti življenja, Slovenija, 2020.

S slike 4 je razvidno, da je vpliv spremenljivke x_4 – delež prebivalcev, za katere so stanovanjski stroški veliko breme – najizrazitejši v osrednjeslovenski regiji (zlasti na območju Ljubljane), Gorenjski in delu severne Notranjske, vključno z jugovzhodno Slovenijo. Na teh območjih regresijski koeficienti dosegajo najvišje vrednosti, kar je na karti prikazano s temno oranžno in rdečo barvo. To kaže, da imajo stanovanjski stroški v teh regijah močnejši vpliv na stopnjo stanovanjske in socialne prikrajšanosti kot drugod po Sloveniji. Visoke vrednosti koeficientov sovpadajo s prostorsko potrjenimi vzorci cenovne nedostopnosti stanovanj, visokih najemnin in višjih življenjskih stroškov. Po podatkih Geodetske uprave RS (2025) so bile leta 2024 povprečne cene stanovanj v večstanovanjskih stavbah na tržno analitičnem območju Ljubljana 2,9-krat višje kot v Prekmurju, cene stanovanjskih hiš 4,5-krat višje, cene zemljišč za gradnjo stanovanjskih hiš pa 40-krat višje. Po podatkih Statističnega urada RS (2025h) na območjih slovenskih regij, kjer regresijski koeficienti za pojasnjevalno spremenljivko x_4 dosegajo najvišje vrednosti, živi 62,1 % vseh prebivalcev Slovenije, ki glede na svoj dohodek (pred socialnimi transferji, vključno s pokojninami) padejo pod prag revščine. Na teh območjih prebiva tudi 54,3 % vseh oseb v Sloveniji, ki so opredeljene kot resno materialno prikrajšane (vsaj 5 od 13 elementov prikrajšanosti), ter 69,4 % vseh prebivalcev, ki živijo v prenaseljenih stanovanjih (Statistični urad RS, 2025g).



Slika 4: Prostorska porazdelitev regresijskih koeficientov pojasnjevalne spremenljivke x_4: odstotek prebivalcev, za katere so stanovanjski stroški veliko breme, Slovenija, 2024.

5 RAZPRAVA IN ZAKLJUČEK

Demografske spremembe, zlasti staranje prebivalstva, v povezavi z razvojnimi in okoljskimi izzivi oblikujejo nove okoliščine za načrtovanje politik socialne zaščite in bivanja. Izvedena analiza stanja stavbnega fonda v lasti prebivalcev, starejših od 65 let, v Sloveniji je pokazala, da je ta razmeroma star, funkcionalno neprilagojen potrebam starejših in energetsko potraten, kar ustreza ugotovitvam nekaterih predhodnih raziskav. Ob tem je prav energetska prenova obstoječih objektov ena večjih priložnosti za zmanjševanje ogljičnega odtisa gospodinjstev ter dolgoročno znižanje stroškov porabe energije. Med lastniki teh energetsko neučinkovitih in pogosto prevelikih stanovanjskih površin so številni posamezniki z nizkimi razpoložljivimi dohodki, kar omejuje njihove možnosti za vlaganja v nujno prenovo in prilagoditve (Hafner Fink et al., 2024). Raziskava je med drugim potrdila, da višja starost lastnikov stanovanj (starejših od 65 let), podprta z višjimi povprečnimi pokojninami, nižjo stopnjo zadolženosti in manjšimi stanovanjskimi enotami, prispeva k večji stanovanjski in socialni varnosti ter zmanjšuje tveganje prikrajšanosti. Čeprav imajo starejši posamezniki v lasti znaten delež stanovanjskih nepremičnin, to premoženje ostaja premalo izkoriščeno kot sredstvo za izboljšanje njihovega bivalnega standarda ali kot dolgoročna finančna varnost (Kerbler, Sendi in Filipovič Hrast, 2019; Marcinkiewicz in Chybalski, 2022; UNECE, 2021).

Ugotovitve v prispevku predstavljene raziskave potrjujejo močno povezanost med starostno strukturo prebivalstva, starejšega od 65 let, razvitostjo občine, kakovostjo bivanjskega okolja in stanovanjskimi stroški ter stopnjo tveganja za stanovanjsko in socialno prikrajšanost. Prostorski vzorci proučevanih

dejavnikov kažejo na visoko raven tveganja obravnavane prikrajšanosti na posebej ranljivih območjih, predvsem v manj razvitih, odročnejših naseljih je dostopnost do različnih javnih storitev slabša. Hafner Fink s sodelavci (2024) ob tem izpostavljajo, da dve tretjini starejših na podeželju nima neposrednega (peš) dostopa do lekarne, polovica do pošte ali banke ter več kot 40 % do trgovine z živili. Med posebej ranljivimi izstopajo občine v savinjski, zasavski, podravski in koroški statistični regiji. Rezultati tako potrjujejo, da tveganje stanovanjske in socialne prikrajšanosti presega raven individualnih okoliščin ter odraža strukturno pogojene prostorske in družbene neenakosti.

Geografska obtežena regresija in kartografski prikazi so se izkazali kot uporabna orodja za poglobljeno razumevanje prostorskih vzorcev tveganj socialne in stanovanjske prikrajšanosti. Model, zasnovan z geografsko obteženo regresijo, je v povprečju bolje pojasnil varianco linearne povezanosti med izbranimi pojasnjevalnimi spremenljivkami ter opazovano odvisno spremenljivko (R^2_{GWR} = 0,879) kot zasnovana nacionalna modela ($R^2_{OLS_1}$ = 0,816 oziroma $R^2_{OLS_2}$ = 0,811). Z rezultati geografske obtežene regresije in tematskimi kartami vrednosti lokalnih regresijskih koeficientov smo poudarili kritična območja in prikazali spreminjanje moči vplivov obravnavanih dejavnikov po prostoru. To omogoča učinkovitejše in bolj prostorsko prilagojene, ciljno usmerjene ukrepe, namesto da bi sprejemali univerzalne rešitve, ki spregledajo lokalne razmere in potrebe.

V prihodnje bo za učinkovitejše preprečevanje in obvladovanje tveganj stanovanjske in socialne prikrajšanosti v Sloveniji nujno treba okrepiti odpornost stanovanjskega sistema proti demografskim spremembam. Ključno bo izboljšati dostopnost kakovostnih, cenovno dosegljivih in energetsko učinkovitih stanovanj ter usmerjati razvojne politike v celostno krepitev zmogljivosti tistih območij, ki jih je raziskava prepoznala kot bolj ranljiva. To zahteva celovit, medsektorsko usklajen pristop, nadgradnjo obstoječih ukrepov in dosledno vključevanje staranja prebivalstva kot strateškega izziva v vse ravni prostorskega in družbenega načrtovanja. Prostorsko pogojene razlike v prikrajšanosti je treba sistematično prepoznavati ter jih nasloviti s ciljno usmerjenimi in na podatkih temelječimi rešitvami, ki bodo omogočale pravičnejši in trajnostno naravnan razvoj.

Literatura in viri:

Glej literaturo na strani 516.

Starček S., Petrovič D. (2025). Prostorska analiza tveganja stanovanjske in socialne prikrajšanosti: vpliv dejavnikov staranja in lokalnega okolja. Geodetski vestnik, 69 (4), 500-535.
DOI: https://doi.org/geodetski-vestnik.2025.04.500-535

doc. dr. Simon Starček
Fakulteta za pravo in ekonomijo
Krekov trg 1, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: simon.starcek@kat-inst.si

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

RECENZIRANI ČLANKI | PEER-REVIEWED ARTICLES

Izboljšanje določitve močno vezane vode v postopku umerjanja merilnika vode v tleh, ki temelji na zaznavanju nevtronov

Improving the determination of lattice water in the calibration process of cosmic ray neutron sensor

Nejc Golob, Špela Srdoč, Žiga Švegelj, Vesna Zupanc, Rozalija Cvejić

UDK: 551.579:543.613.2
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01
Prispelo: 13. 3. 2025
Sprejeto: 29. 8. 2025

DOI: doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2025.04.538-553
SCIENTIFIC ARTICLE
Received: 13. 3. 2025
Accepted: 29. 8. 2025

SI | EN

IZVLEČEK

V prispevku obravnavamo bližinsko zaznavanje količine vode v tleh z merilnikom vode v tleh, ki temelji na zaznavanju nevtronov (MVN). MVN omogoča merjenje količine vode v tleh na območju, velikem približno 25 hektarjev. Za pridobivanje kakovostnih podatkov je potrebno zahtevno umerjanje, ki upošteva heterogenost območja in razčlenjuje vire vode v prostoru. Osredotočamo se na postopek za določanje močno vezane vode v tleh, ki je del umerjanja MVN. Primerjali smo dve različici metode sežiga vzorcev za določanje količine močno vezane vode. Prva temelji na sežigu in tehtanju vzorcev pri različnih temperaturah, druga vključuje predhodno obdelavo vzorcev z 10-odstotno raztopino klorovodikove kisline (HCl), ki odstrani karbonate ter omogoči natančnejšo oceno vode, sproščene med 400 in 1000° C. Razlika med metodama je statistično značilna, s povprečno razliko 0,00140 cm³/cm³. Povprečna količina močno vezane vode je višja pri metodi brez obdelave s HCl. Najvišje vrednosti močno vezane vode so bile izmerjene v globljih slojih (20–25 cm, 30–35 cm), kar je povezano z večjo gostoto tal. Na karbonatnih tleh priporočamo uporabo metode s predhodno obdelavo s HCl, saj zagotavlja zanesljivejše podatke o močno vezani vodi v tleh.

ABSTRACT

In this paper, we discuss continuous proximity sensing of soil water content using cosmic ray neutron sensors for area of about 25 hectares. Acquiring reliable soil moisture data requires a demanding calibration process, which accounts for the area's heterogeneity and identifies various water sources in the environment. We focus on a calibration procedure to determine lattice water in soils. We compared two variations of a sample combustion method to quantify lattice water. The first approach involves combusting and weighing samples at different temperatures; the second includes a pretreatment of samples with a 10% hydrochloric acid solution (HCl), which removes carbonates and enables more accurate determination of water content between 400 and 1000 °C. The difference between the two methods is statistically significant, with an average difference of 0.00140 cm³/cm³. The average measured lattice water content is higher when no HCl pretreatment is used. The highest values of lattice water were measured in deeper soil layers (20–25 cm, 30–35 cm), associated with higher bulk density. On carbonate soils, we recommend the method with HCl pretreatment, as it provides more reliable data on lattice water in the soil.

KLJUČNE BESEDE

merilnik, količina vode, zaznavanje nevtronov, močno vezana voda

KEY WORDS

sensor, soil water content, neutron detection, lattice water

1 UVOD

Razvoj različnih metod zaznavanja količine vode v tleh je za Evropo izjemnega pomena, saj je celina z najhitrejšim naraščanjem temperature zraka na svetu (EEA, 2024), kar povzroča vse pogostejše in intenzivnejše suše (EIA, 2024). Za učinkovito sledenje in obvladovanje suše je v evropskem prostoru sprejetih več strategij in zakonodajnih okvirov. Med njimi izstopata Direktiva o spremljanju in odpornosti tal, ki obravnava tudi upravljanje vode v tleh, ter Okvirna direktiva o vodah (2000/60/ES), osredotočena na varstvo in kakovost vodnih virov, pri čemer imajo zdrava tla ključno vlogo pri zadrževanju in filtraciji vode.

S trajnostnimi praksami, ki izboljšujejo zadrževanje vode, razpoložljivost hranil, biotsko pestrost, shranjevanje ogljika v tleh in strukturo tal, krepimo sposobnost tal, da rastline v njih lažje prenesejo ekstremne razmere ter se hitreje obnovijo po izrednih dogodkih. V raziskavah učinkovitosti na naravi temelječih rešitev, ki povečujejo zadrževanje vode in razpoložljivost hranil v tleh (Magnier et al., 2024), so ključne sprotne meritve količine vode v tleh (Tuure et al., 2021). Te so prav tako pomembne pri spremljanju razvoja suše, ki je eden najzahtevnejših globalnih izzivov pri upravljanju voda in tal (Zhang et al., 2025; Scheiffele et al., 2025) in namakanja kmetijskih površin, kjer nam pomagajo zmanjšati porabo vode in energije ter nastajanje toplogrednih plinov (Wenzel et al., 2025).

Meritve vode v tleh ločimo na neposredne (gravimetrična določitev vode v tleh) in posredne. Med posrednimi ločimo med daljinskim in bližinskim zaznavanjem ter zaznavanjem na kraju samem. Raziskave so usmerjene v optimizacijo merilnih naprav, kombiniranje merilnih naprav glede na kompleksnost krajine, v kateri spremljamo vodo v tleh, ter strojno učenje, pri čemer se osredotočamo na napoved količine vode v tleh (Li et al., 2021; Akash et al., 2024; Zhang et al., 2023).

Tradicionalne metode merjenja količine vode v tleh, kot je na primer gravimetrično vzorčenje in merjenje sile vezave vode na talne delce s točkovnimi merilniki, so delovno intenzivne, prostorsko omejene in težko izvedljive na večjih območjih (Cvejić et al., 2020; Žvokelj et al., 2024; Pečan et al., 2021). Poleg tega so v kmetijski krajini, kjer je sprotno spremljanje razvoja suše še posebej pomembno, pogoste poškodbe talnih merilnikov zaradi obdelave tal, dodatno pa tudi zaradi divjih živali. Na drugi strani niti satelitski posnetki pogosto ne omogočajo dovolj visoke prostorske (>1 km) in globinske ločljivosti (dosežejo le zgornjih 0–5 cm tal) za zanesljivo oceno dejanske količine vode v zgornjih plasteh tal, zlasti na heterogenih kmetijskih površinah, kjer vegetacija, topografija in raba tal močno vplivajo na natančnost zaznavanja (Entekhabi et al., 2010; Gruber et al., 2013; Colliander et al., 2017).

Točkovno gravimetrično določanje količine vode v tleh je mogoče nadgraditi z meritvami daljinskega zaznavanja, ki omogočajo sprotno spremljanje količine vode v tleh na večjih območjih (Pintar in Skudnik, 2024). Z njimi lahko spremljamo in kartiramo različne procese in lastnosti zemeljskega površja, pri čemer natančnost pridobljenih podatkov določa prostorska ločljivost (Oštir, 2006; Veljanovski et al., 2012). Z razvojem in vse pogostejšo uporabo daljinskega zaznavanja (van der Velden et al., 2025) so se izboljšale in razširile možnosti merjenja količine vode v tleh, vendar so v kompleksnih krajinah omejeno uporabne. Poleg tega je globina meritve vode v tleh omejena na zgornjih 0–5 centimetrov, medtem ko je glavna koreninska masa kmetijskih rastlin praviloma globlja.

Zato so se v izrazito heterogenih krajinah za spremljanje kmetijske suše začele uporabljati metode bližinskega zaznavanja (angl. *proximity ali proximal sensing*) (Zhang in sod., 2023; Babaeian in sod., 2019), kamor umeščamo metode za merjenje vode v tleh, ki niso niti daljinsko zaznavanje niti zaznavanje na mestu, ampak zaznavajo v bližini tal, do nekaj deset metrov nad tlemi. V tem prispevku se osredotočamo na uvedbo meritev vode v tleh, ki temeljijo na zaznavanju nevtronov. Bližinsko zaznavanje vsebnosti vode v tleh z MVN ponuja tudi delno rešitev izziva pogostih poškodb talnih merilnikov. Merilnik je namreč nadzemen in ni vkopan v tla, zaradi česar je manj izpostavljen poškodbam, povezanim z obdelavo tal in aktivnostjo živali. Omogoča nam zvezno merjenje vsebnosti vode v tleh v srednjem merilu (do 25 hektarjev) (Iwema et al., 2021).

Pri metodi MVN detektiramo nevtrone in število zaznanih nevtronov uporabimo v izračunu količine vode v tleh. Primarne kozmične žarke, ki izvirajo iz Sonca, zvezd v naši galaksiji in iz oddaljenih galaksij, sestavljajo predvsem protoni (jedra vodika), katerih delež znaša 89 %. Preostanek so jedra helija (približno 10 %) in v manjšem deležu (okoli 1 %) tudi težja jedra. Ob vstopu v Zemljino atmosfero delci z visoko energijo trkajo z jedri atomov v zraku. Iz jedrskih reakcij izidejo različni sekundarni delci, med njimi hitri nevtroni. Slednji v interakciji z lahkimi jedri (predvsem vodikom) v tleh postopoma izgubljajo energijo in prehajajo v epitermično oziroma termično energijsko območje (moderacija). Ker sta masi jedra vodika in nevtrona zelo podobni, je učinkovitost upočasnjevanja (moderacije) hitrih nevtronov odvisna predvsem od vsebnosti vodika v tleh. Večja kot je količina vode v tleh, več hitrih nevtronov se upočasni do termičnih energij, zato izide iz tal in doseže detektor nad površjem manj epitermičnih nevtronov. Število epitermičnih nevtronov, zaznanih nad površjem, je torej negativno korelirano s količino vode v tleh (Weimar, 2022).

V primerjavi s termičnimi nevtroni so epitermični nevtroni podvrženi predvsem moderaciji in veliko manj absorpciji. Ker na število termičnih nevtronov ne vpliva samo proces moderacije, ampak tudi absorpcija, za meritve količine vode v tleh niso zanimivi. Zaradi velikega prostorskega dometa nevtronov (od nekaj deset do več sto metrov, odvisno od količine vode v tleh in tipa tal) lahko merilniki, ki temeljijo na zaznavanju nevtronov, v primerjavi s klasičnimi točkovnimi merilniki izmerijo povprečno količino vode v tleh na širšem območju. Na kakovost meritev vplivajo lastnosti tal in raba tal ter prostora, energijski spekter nevtronov in sama postavitev detektorja (vpadni kot), vlažnost zraka ter zračni tlak (Rosolem et al., 2013; Iwema et al., 2021; Heidbüchel et al., 2016), geografski parametri (geografska širina in nadmorska višina) in Sončeva aktivnost ter tehnološke lastnosti merilnika. Rezultat meritev predstavlja povprečno količino vode v tleh na opazovanem območju in je pogojen z enakomerno razporeditvijo vode v tleh (ter matično podlago – odvisno od globine tal) v prostoru. Če je porazdelitev vode v prostoru neenakomerna, meritve ne odražajo količine vode v tleh v posameznih točkah na opazovanem območju. Metoda ne omogoča razlikovanja med vodikom v organski snovi in v molekuli vode. Ločevanje je mogoče le na podlagi večparametrske umeritve merilnika.

MVN imajo v primerjavi s talnimi merilniki zahtevnejši umeritveni postopek, pri katerem vire vode v prostoru za izboljšanje točnosti meritve poskušamo čim bolj razčleniti (Iwema et al., 2021; Baroni et al., 2018). Pri tem ločimo med vodo v vodnih telesih, do določene globine vodo v tleh ter vodo v in na rastlinskem pokrovu.

Vodo v tleh ločimo na prosto dostopno vodo (voda v makroporah in del kapilarne vode) ter na močno vezano vodo, ki je rastlinam nedostopna. To je na primer voda, močno vezana med strukturne plasti glinenih mineralov in na površino oziroma v kristalno rešetko karbonatov ter ostalih mineralov. Bogena et al. (2013) ugotavljajo, da lahko živa biomasa, močno vezana voda in organska snov v suhih razmerah zmanjšujejo merilno območje MVN v globino za 50 %. Delež močno vezane vode v tleh je odvisen tudi od mineralogije in teksture tal. V glinenih tleh je pričakovana vrednost močno vezane vode med 0,05 in 0,15 cm^3/cm^3 (5–15 vol. %), v peščenih in meljastih tleh (z manjšim deležem gline) pa je pričakovana količina vode pod 0,02 cm3/cm^3 (manj kot 2 vol. %) (Barbosa et al., 2021; Wu et al., 2023; Wang et al., 2024). Opredelitev močno vezane vode je torej ključna za izboljšanje kakovosti meritev MVN (Wu et al., 2023; Bogena et al., 2013; Baroni et al., 2018; Heidbuechel et al., 2016; Franz et al., 2012; Zhang et al., 2023; Avery et al., 2016; Wang et al., 2024), na kar se osredotočamo v pričujočem prispevku.

V prispevku primerjamo dve različici metode s popolnim sežigom (angl. *LOI – loss on ignition*) vzorca za določanje količine močno vezane vode v tleh. Prva metoda temelji na postopnem segrevanju in tehtanju vzorcev pri različnih temperaturah (do 1000 °C). Druga metoda vključuje predhodno obdelavo vzorcev z 10-odstotno klorovodikovo kislino (HCl) za odstranitev karbonatov (primarno apnenca $CaCO_3$ in dolomita $CaMg(CO_3)_2$). Slednja omogoča natančnejšo določitev količine močno vezane vode, sproščene med 400 in 1000 °C, saj sprememba mase zaradi razgradnje karbonatov ne vpliva na končni rezultat. Hipoteza je bila, da metoda LOI z odstranitvijo karbonatov s predhodno obdelavo vzorcev s HCl zagotavlja zanesljivejše rezultate pri določanju močno vezane vode v tleh v primerjavi s standardnim postopkom brez predhodne obdelave, saj zmanjšuje vpliv karbonatov na določitev močno vezane vode.

2 MATERIALI IN METODE

2.1 Opis območja

Umerjanje merilnika je potekalo na poskusnem polju Biotehniške fakultete v Ljubljani (46°02'58.4"N 14°28'15.7"E). Za ravninsko območje je značilna mozaična kmetijska raba (njivska raba, travinje, gozd, poljske poti) z urbanimi elementi (stavbe, lope, asfaltirane površine). Na severnem robu polja teče regulirana struga Glinščice. Tla v merilnem območju so heterogena. Glede na World Reference Base for Soil Resources (WRB klasifikacija; IUSS, 2014) spadajo v skupino eutric oziroma mollic gleysol, po slovenski klasifikaciji tal bi jih opisali kot psevdooglejena oziroma hipooglejena evtrična rjava tla, kar pomeni, da je za območje značilno zastajanje večinoma padavinske (posledica težje teksture ter večje gostote tal) ter ponekod tudi podzemne vode. Območje je bilo v preteklosti hidromeliorirano zaradi izgradnje osuševalnega sistema. Gladina nasičenega območja v tleh je na 1,2–1,5 metra (gladina Glinščice). Povprečna dolgoletna temperatura zraka v obdobju 1981–2010 je bila 10,9 °C, povprečna letna višina padavin je 1362 mm (ARSO, 2024). V času izvajanja meritev v obdobju od maja do septembra 2024 je bilo polje v mešani rabi. Prevladovale so poljedelske kulture (pšenica, koruza) in trajni travniki. V 200-metrskem radiju merilnika so delno zajete tudi stavbe (slika 1).

Slika 1: Umeritvena mreža merilnika, ki temelji na zaznavanju nevtronov (vir podatkov o rabi tal: MKGP, 2024).

2.2 Analiza tal

Za standardno pedološko analizo tal (SPA), namenjeno celostni kemijski analizi lastnosti tal, smo za globino 0–20 centimetrov izbrali dve reprezentativni točki – eno na njivi in eno na travniku. Ker je osrednji namen prispevka primerjava dveh različic metod določanja močno vezane vode, SPA ni bila potrebna za vse vzorčne točke, saj za to zadostuje analiza organske snovi in karbonatov. Predpostavili smo, da so druge lastnosti tal na preostalih vzorčnih točkah na območju primerljive z lastnostmi reprezentativnih točk, ločeno za vsako rabo. SPA zajema merjenje vsebnosti organske snovi (O.S.) po SIST ISO 10694 ter SIST ISO 10693, kjer z analizo O.S. hkrati dobimo podatke o vsebnosti karbonatov (%) skupnega C in N (%) ter C_{org} (%); analizo vsebnosti celokupnega dušika ter ogljika (SIST ISO 10694); vsebnosti rastlinam dostopnega fosforja ter kalija z ekstrakcijo v amonlaktatu (interna metoda, Biotehniška fakulteta, Katedra za pedologijo in varstvo okolja); vsebnosti bazičnih kationov (ISO/TS 22171); analizo pH v $CaCl_2$ (SIST ISO 10390) in določitev teksturnega razreda (SIST ISO 11277). Gostoto tal (ρ_b) smo določili z odvzemom neporušenih vzorcev tal po metodi ISO 11272.

2.3 Opis delovanja merilnika

Merilnik, ki temelji na detekciji nevtronov, je bil nameščen na nenamakanem območju poskusnega polja. Za detekcijo delcev se pogosto uporabljajo naprave, ki izkoriščajo lastnosti scintilatorjev. Scintilator je snov, ki luminiscira, kar pomeni, da energijo, prejeto iz različnih vrst sevanja (alfa, beta, gama, nevtron-

sko sevanje ipd.), ponovno odda v obliki svetlobe. Če scintilator povežemo s fotopomnoževalko, lahko izsevane fotone oziroma scintilacije pretvorimo v električne signale, ki jih analiziramo, in tako pridobimo informacije o prejetem sevanju.

Merilnik Finapp 3, ki je bil uporabljen v študiji, temelji na uporabi scintilatorja, izdelanega iz cinkovega sulfida in litijevega fluorida. Cinkovemu sulfidu je za večjo učinkovitost dodano srebro (ZnS:Ag), litij pa nastopa v spojini LiF predvsem v obliki izotopa ^{6}Li. Kot vezivo za povezovanje obeh spojin je uporabljen silikon. Tanka plast scintilatorja je obdana s 15 milimetrov debelim slojem polietilena visoke gostote (HDPE), ki izboljša občutljivost detektorja nevtronov, saj epitermične nevtrone, katerih število je korelirano s količino vode v opazovanem mediju, dodatno moderira (upočasni). Detektor lahko poleg nevtronov zazna tudi mione.

Nevtron, ki ga zajame jedro izotopa litija ^{6}Li, povzroči jedrsko reakcijo, iz katere izideta delec alfa (^{4}He) in tritij (^{3}H), sprosti pa se tudi približno 5 MeV energije. Alfa delec in tritij v nadaljevanju interagirata s kristali cinkovega sulfida, pri čemer se tvorijo fotoni. Izsevani fotoni so vodeni na fotopomnoževalko, ki jih pretvori v električni signal. V končnem koraku z analizo meritev in dodatnimi izračuni pridobimo podatke o količini vode v opazovanem mediju.

Vse gradnike merilnika krmili tiskano vezje, ki skrbi tudi za zajem in osnovno obdelavo podatkov. Podatki se hranijo v oblaku (oddaljenem strežniku), kjer se izvedejo končni izračuni spremenljivk. Vsi procesi se izvajajo v realnem času. Merilni princip omogoča majhno porabo električne energije, ki znaša 0,4 W (tok 35mA pri napetosti 12 V). Za napajanje naprave skrbi solarni modul z močjo 20 W. Dimenzije merilnika Finapp so 40 × 30 × 20 centimetrov, tehta pa 8 kilogramov (Gianessi et al., 2024).

Za izračun določitev količine vode v tleh (cm^3/cm^3) na podlagi štetja nevtronov je uveljavljena funkcija Desilets et al., 2010. Horizontalni domet merilnika je območje, s katerega merilnik prejme 86 % preštetih nevtronov (Zreda et al., 2008). MCNPX (Monte Carlo N-Particle eXtended; računalniški program za Monte Carlo simulacije jedrskih in drugih delcev) simulacije so pokazale, da je premer dometa merilnika v suhem zraku (redko v praksi) približno 600 metrov in je obratno sorazmeren zračnemu pritisku (Desilets in Zreda, 2013).

2.4 Vloga močno vezane vode v tleh v postopku umerjanja

Za določitev deleža močno vezane vode, ki je potreben za umeritev merilnika, se najpogosteje uporablja metoda s popolnim sežigom (LOI). Pri oblikovanju lastne metode smo upoštevali priporočila avtorjev, ki navajajo, da je vzorce tal treba segrevati do vsaj 550 °C (Jackson, 1958; Grim, 1968; Mackenzie, 1957; Nayak in Singh, 2007; Brown in Brindley, 1980). Barbosa et al. (2021), ki jih v povezavi z umerjanjem merilnikov, ki temeljijo na zaznavanju nevtronov, povzemajo tudi nekateri drugi avtorji (npr. Gianessi et al., 2024), opisujejo uporabo LOI metode za določitev močno vezane vode s sežigom pri 500 °C (24 ur) in pri 1000 °C (12 ur). Nekateri avtorji, npr. Heidbüchel et al. (2016), uporabljajo podobno metodo, kot so jo Ball (1964) in Davies (1974) opisali z enačbo (1).

Enačba (1) …

$$\theta_{LW} = \frac{m_{400} - m_{1000}}{m_{105}} \rho_{bd} \tag{1}$$

kjer je θ_{LW} močno vezana voda (cm³/cm³), m_{105} je masa vzorca tal po sušenju pri 105 °C (g), m_{400} je masa vzorca tal po sežigu pri 400 °C (g) in m_{1000} je masa vzorca tal po sežigu pri 1000 °C (g). Volumska gostota tal (ρ_b) je bila določena kot povprečje vseh vzorcev na globini (g/cm³), gostota vode (ρ_w) pa je bila privzeta kot 1 g/cm³.

2.5 Vzorčenje tal za namen umerjanja

Za določitev močno vezane vode v tleh v merilnem območju merilnika za zaznavanje nevtronov je bila po uveljavljenemu protokolu za umeritev (Zreda et al., 2012; Rosolem et al., 2013) določena vzorčna mreža 18 točk na razdaljah 3, 35, 75 in 120 metrov od merilnika (slika 1). Na vzorcih tal, pridobljenih iz vzorčne mreže, smo za dve globini (0–10 in 10–20 centimetrov) analizirali vsebnost organske snovi in karbonatov. V treh kampanjah vzorčenja smo na globinah 0–5, 10–15, 20–25 in 30–35 centimetrov odvzeli vzorce za določitev količine močno vezane vode. Ker pri metodi LOI ti snovi med segrevanjem oziroma sežigom izhlapita, vplivata na končno maso vzorca in s tem na izmerjeno količino močno vezane vode v tleh. Ostale talne lastnosti, ki lahko vplivajo na močno vezano vodo, kot je tekstura, smo določili s SPA na reprezentativnih točkah (poglavje 2.2). Vzorčne točke znotraj območja zajemajo dve različni vrsti rabe tal, in sicer njivsko (točke 1–6; 8–11; 14–15, 17–18) ter travinje (točke 7, 12–13, 16). Točka 18 je po dejanski rabi (MKGP) travinje, vendar smo jo obravnavali kot njivsko površino, saj so bila tla zaradi nedavne gradnje okoliških objektov in kasnejšega urejanja okolice večkrat premešana. Vzorčenje je potekalo z nabijalno sondo (neporušeni vzorci, V = 100 cm³/cm³).

2.6 Izvedene analize in postopek dela

Za določanje količine močno vezane vode smo uporabili dve metodi, ki temeljita na enakem principu – segrevanju oziroma sežigu vzorcev pri različnih temperaturah ter tehtanju vzorcev na analitski tehtnici (natančnost 0,001 g) po vsakem segrevanju oziroma sežigu. Prva metoda temelji na postopku, ki so ga opisali Heidbüchel et al. (2016). Postopek vključuje postopno segrevanje vzorca: najprej pri 105 °C (24 ur), nato pri 400 °C (24 ur) in nazadnje pri 1000 °C (24 ur). Izguba mase pri teh temperaturah se interpretira kot izhlapevanje proste vode (105 °C), izguba organske snovi in dela močno vezane vode (400 °C) ter izguba preostale organske snovi, karbonatov ter dela močno vezane vode (1000 °C) (Heiri et al., 2001; Hoogsteen et al., 2015; Ball, 1964).

Druga metoda je modifikacija prve in se razlikuje v predpripravi vzorca. Pri drugi metodi smo vzorce pred sušenjem pri 105 °C obdelali z 10-odstotno raztopino klorovodikove kisline (HCl), kar je povzročilo raztapljanje in posledično odstranitev karbonatov, na katere je vezan manjši delež vode. Teoretično s tem zmanjšamo napako, ki se pojavi pri prvi metodi zaradi razgradnje karbonatov med segrevanjem na temperaturi med 400 in 1000 °C. Razgradnja karbonatov namreč povzroča večjo izgubo mase in lahko vodi v precenitev deleža močno vezane vode, kar je pomembno predvsem v teksturno težjih in karbonatih tleh. Modificirana metoda je tako teoretično natančnejša, saj je razlika v masi med 400 in 1000 °C posledica izgorevanja preostanka organske snovi in močno vezane vode, ne pa tudi razgradnje karbonatov kot pri prvi metodi.

Po vzorčenjih smo vzorce takoj prenesli v zapečatene plastične vrečke (skupno 216 vzorcev). V laboratoriju smo jih stehtali, sušili 24 ur v sušilni peči pri temperaturi 105 °C, jih ponovno stehtali ter določili njihovo volumetrično količino vode (θ_{LW}) in volumsko gostoto (ρ_b). Nato smo vzorce iz vsakega umeritvenega

poskusa združili po globini in jih homogenizirali. Od vsakega od 12 vzorcev na globino smo odvzeli 2 g in jih združili, da smo ustvarili en združeni vzorec na globino. Skupaj smo analizirali 36 vzorcev z začetno težo 8 g: en vzorec na globino; štiri globine; tri tehnične ponovitve na globino; trije umeritveni poskusi. Združene vzorce smo zaradi njihove navlažitve na sobno temperaturo še enkrat sušili na 105 °C, jih ohladili v eksikatorju in stehtali. Nato smo jih dali v sušilno peč za 24 ur pri temperaturi 400 °C, jih ponovno ohladili v eksikatorju in stehtali. Po tem smo vzorce znova dali v peč za 24 ur, tokrat pri temperaturi 1000 °C. Vzorce smo ponovno ohladili v eksikatorju, jih stehtali in izračunali količino močno vezane vode (enačba 1).

Podatke smo analizirali v programskem okolju R (R Core Team, 2024) s paketi tidyr, ggplot2, dplyr in rstatix. Normalnost podatkov smo ocenili s Shapiro-Wilkovim testom, pri čemer smo v primeru odstopanj uporabili log-transformacijo za kasneje uporabljeno ANOVO. Razlike med metodama smo preverili z Wilcoxonovim testom za odvisne vzorce, razlike med metodama glede na globino pa smo ocenili s ponovljeno enosmerno analizo variance (Repeated Measures ANOVA). Za ugotavljanje povezanosti metod smo uporabili Spearmanov korelacijski koeficient. Vpliv globine in gostote (neodvisna spremenljivka) na količino močno vezane vode (odvisna spremenljivka) smo ocenili z linearno regresijo. Statistično značilne razlike smo sprejeli pri p-vrednosti, manjši od 0,05.

3 REZULTATI

3.1 Standardna pedološka analiza

Rezultati SPA zgornjih 20 centimetrov tal (preglednici 1 in 2) kažejo, da travniška tla vsebujejo več melja (57,0 %) in manj gline (22,1 %), medtem ko so njivska tla bolj glinena (29,9 %) z nižjo vsebnostjo melja (51,7 %). Teksturni razred tal je pri travniku meljasta ilovica (MI), pri njivi pa meljasto-glinasta ilovica (MGI), kar pomeni, da so tla na njivi teksturno težja. Travniška tla vsebujejo več organskega ogljika (2,9 %) kot njivska (2,3 %) ter imajo večjo vsebnost karbonatov (1,9 %) kot na njivi (1,0 %).

Preglednica 1: Povzetek rezultatov standardne pedološke analize za obravnavano območje na laboratorijskem polju BF. Opombe: C_{skupni} – celokupni ogljik, Karb. – vsebnost karbonatov, C_{org} – vsebnost organskega ogljika, N_{skupni} – celokupni dušik, TRZ - teksturni razred.

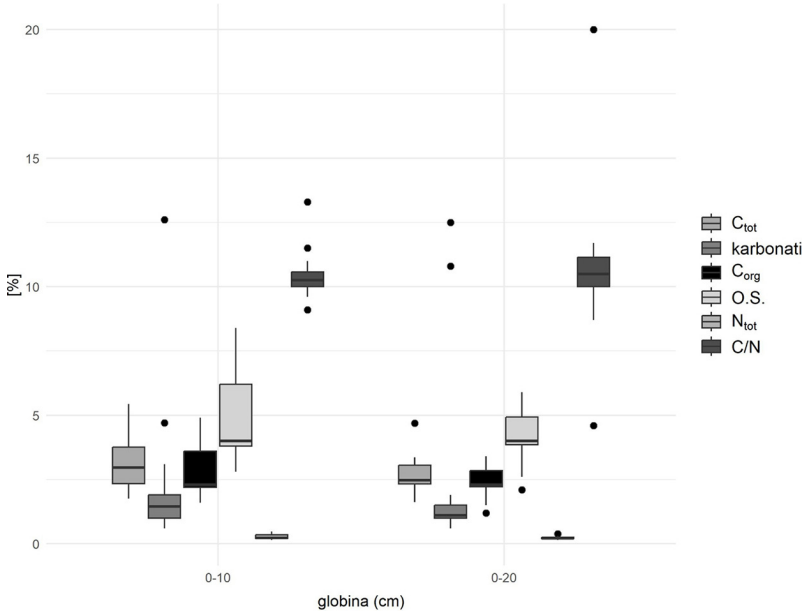
Raba	Globina [cm]	TRZ	pH v $CaCl_2$	Pesek	Melj	Glina	C_{skupni}	Karb.	Corg	Org. snov	N_{skupni}
				[%]							
Travnik	0–20	MI	6,9	20,9	57,0	22,1	3,14	1,9	2,9	5,0	0,28
Njiva	0–20	MGI	7,1	18,4	51,7	29,9	2,39	1,0	2,3	4,0	0,22

Preglednica 2: Povzetek rezultatov standardne pedološke analize za obravnavano območje na laboratorijskem polju BF. Opombe: KIK – kationska izmenjevalna kapaciteta, S – vsota bazičnih kationov, V – nasičenost talnega kompleksa z bazičnimi kationi.

Raba	Globina [cm]	C_{org} / N_{skupni}	P_2O_5	K_2O	Ca	Mg	K	Na	S	KIK	V
			[mg/100g]				[mmolc/100g]				[%]
Travnik	0–20	10,4	6,8	9,2	16,52	3,78	0,19	0,07	20,6	31,19	66
Njiva	0–20	10,5	9,3	16,9	15,66	4,10	0,42	0,05	20,2	34,33	59

3.2 Organska snov, karbonati, ogljik in dušik

Primerjava vsebnosti skupnega ogljika (C_{tot}), organskega ogljika (C_{org}), karbonatov, organske snovi (O.S.) in skupnega dušika (N_{tot}) po globini za tla laboratorijskega polja BF na izbranih lokacijah nakazuje, da imajo vsi parametri višje povprečne vrednosti na 0–10 centimetrih kot pri 10–20 centimetrih, prav tako je variabilnost vseh parametrov večja pri globini 0–10 centimetrov kot pri 10–20 centimetrih (slika 2).



Slika 2: Primerjava vsebnosti skupnega ogljika (C_{tot}), organskega ogljika (C_{org}), karbonatov, organske snovi (O.S.) in skupnega dušika (N_{tot}) po globini za tla laboratorijskega polja BF.

Glede na rezultate analiz tal sklepamo, da so tla humozna do močno humozna in točkovno karbonatna (preglednica 3).

Preglednica 3: Vsebnost organske snovi in karbonatov glede na rabo tal in globino

Raba	Globina [cm]	Org. snov [%]			Karbonati [%]		
		Max	Min	Povprečje	Max	Min	Povprečje
Njiva	0–10	8,4	2,8	5,2	4,7	0,6	1,7
Njiva	10–20	5,9	2,6	4,3	10,8	0,6	2
Travnik	0–10	4	3,4	3,7	12,6	1	4
Travnik	10–20	4	2,1	3,5	12,5	0,6	3,7

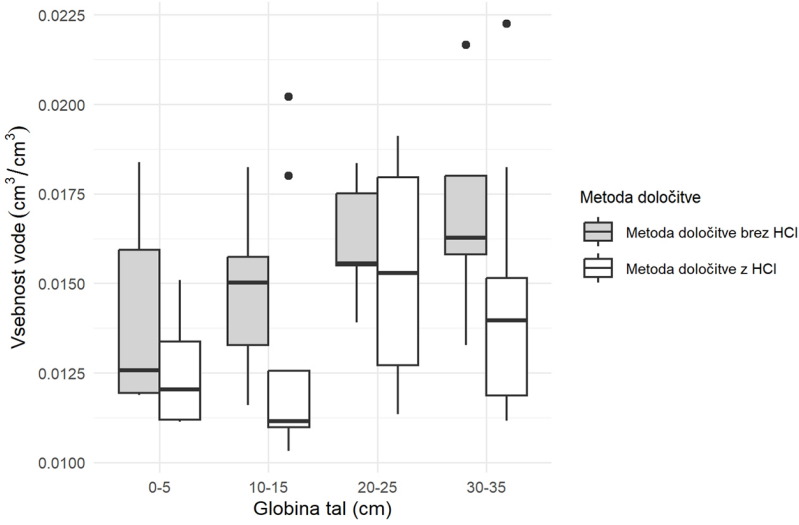
3.3 Močno vezana voda

Rezultati analize tal na laboratorijskem polju BF so pokazali, da je povprečna izmerjena količina močno vezane vode v vzorcih meljasto-ilovnatih do meljasto-glineno-ilovnatih tal, določena brez predhodne obdelave z 10-odstotno raztopino klorovodikove kisline (HCl), višja (M = 0,01529 cm^3/cm^3) kot pri vzorcih, ki so bili predhodno obdelani s HCl (M = 0,01389 cm^3/cm^3). Razlika med metodama je statistično značilna (p <

0,001), pri čemer je povprečna razlika ocenjena na 0,00140 cm³/cm³, s 95-odstotnim intervalom zaupanja od 0,00062 do 0,00217 cm³/cm³. Najvišje vrednosti močno vezane vode so bile izmerjene v globljih slojih (20–25 in 30–35 centimetrov). Shapiro-Wilkov test je pokazal, da podatki za metodo brez HCl sledijo normalni porazdelitvi ($p = 0,132$), medtem ko podatki za metodo z HCl odstopajo od normalnosti ($p < 0,001$). Razlika v normalnosti razporeditve vzorcev je verjetno posledica neenakomerne porazdelitve karbonatov (vsebnost karbonatov v vzorcih je bila med 0,6 in 12,6 %), saj njihova odstranitev s HCl povzroči različno stopnjo masnih izgub in s tem večjo variabilnost med vzorci. Pri vzorcih z višjo vsebnostjo karbonatov je sprememba mase večja, kar vodi v odmik podatkov od normalne porazdelitve in asimetričnost razporeditve. Razlike med metodama so bile statistično značilne, kar potrjuje Wilcoxonov test ($V = 536$, $p = 0,00099$).

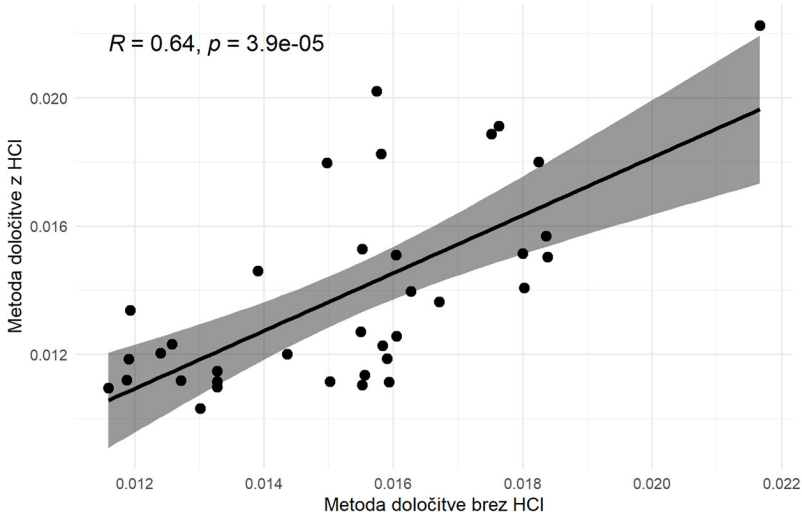
Ker je p-vrednost manjša od 0,05, hipoteze, da obstaja razlika v količini močno vezane vode med metodama, ne moremo zavrniti. Povprečna količina močno vezane vode je višja pri metodi brez predhodne obdelave s HCl, kar potrjuje hipotezo, da obdelava s HCl odstrani nekatere komponente, ki prispevajo k vezavi vode. Analiza variance (ponovljena enosmerna ANOVA, na log-transformiranih podatkih) je prav tako pokazala statistično značilno razliko med metodama ($F = 13,41$, $p = 0,00082$), kar potrjuje prejšnje ugotovitve. Povprečna izmerjena količina močno vezane vode je bila pri vseh globinah višja brez predhodne obdelave s HCl (slika 3). Post-hoc t-testi so pokazali, da je razlika med metodama statistično značilna le pri globini 30–35 centimetrov ($p = 0,028$).

Regresijska analiza vpliva globine na količino močno vezane vode kaže, da globina pojasni 13,3 % variance v podatkih ($R^2 = 0,133$, $p = 0,0016$). Na vsak centimeter globine se količina močno vezane vode poveča za 0,00009 cm³/cm³. Ko v regresijski model vključimo gostoto tal kot dodatni dejavnik, se pojasnjena varianca poveča na 33,6 %, pri čemer globina sama po sebi ni več statistično značilen dejavnik ($p = 0,454$), gostota tal pa ostane pomemben napovedni parameter ($p = 0,024$). To nakazuje, da je vpliv globine manj pomemben kot vpliv gostote tal in drugih dejavnikov, kot so vsebnost organske snovi in mineralna sestava tal, vendar je hkrati treba upoštevati, da se z večanjem globine tal povečuje tudi gostota tal (povprečna gostota tal za globino 0–5 centimetrov je enaka 1,58 g/cm³, za globino 10–15 centimetrov je enaka 1,73 g/cm³, za globino 20–25 centimetrov je enaka 1,80 g/cm³ in za globino 30–35 centimetrov je enaka 1,85 g/cm³).



Slika 3: Vpliv globine tal in metode določitve na količino močno vezane vode.

Spearmanov korelacijski koeficient med metodama (ρ = 0,641; p < 0,001) kaže na zmerno do močno pozitivno korelacijo med obema metodama. Grafična analiza razpršenosti podatkov potrjuje to povezanost, hkrati pa nakazuje, da metoda s HCl v določenih primerih bistveno zmanjša izmerjene vrednosti močno vezane vode (slika 4).



Slika 4: Korelacija med metodama določanja količine močno vezane z in brez HCl.

4 Razprava

Bližinsko zaznavanje se kaže kot izjemno pomembno pri spremljanju in upravljanju količine vode v tleh, saj omogoča prostorske in časovne analize, ki jih tradicionalne metode ne morejo zagotoviti. Metoda, ki temelji na zaznavanju nevtronov, je ena izmed obetavnih tehnik bližinskega zaznavanja, saj mogoča spremljanje količine vode v tleh na območjih velikosti okoli 25 hektarjev. Prednost te metode je, da zagotavlja meritve brez neposrednega stika s tlemi. Kljub temu se pri uporabi merilnika pojavljajo izzivi, povezani z umeritvijo in interpretacijo podatkov, saj ne loči med posameznim viri vodika v okolju, zaradi česar jih je treba v postopku umeritve čim bolj razčleniti in kvantificirati.

Med ključnimi dejavniki, ki vplivajo na natančnost in točnost štetja nevtronov, sta po ugotovitvah Iwema et al. (2021) predvsem zračni tlak in lahko dostopna voda v tleh. Vendar ima tudi močno vezana voda pomembno vlogo pri določanju celotne količine vode v tleh (Franz et al., 2012). Neupoštevanje njenega deleža lahko vodi v nepopolno umeritev merilnika in posledično v sistematično precenjevanje razpoložljive vode v tleh, kar vpliva na interpretacijo podatkov pri spremljanju sušnih razmer in hidrološkem modeliranju.

Močno vezana voda je strukturno vezana v kristalne mreže mineralov, ni podvržena evaporaciji in ni dostopna za rastlinsko transpiracijo, vendar kljub temu vpliva na meritve količine vode v tleh z merilnikom, ki temelji na zaznavanju nevtronov. V heterogenih krajinah, kot je poskusno polje BF, kjer se prepletajo urbani (stavbe), kmetijski (njive, travniki, gozd) in vodni elementi, je heterogenost tal dodaten izziv pri umeritvi merilnika. Za kakovostno umeritev je torej potrebna obsežna analiza tal, ki vključuje določitev virov vodika, kot so organska snov, lahko dostopna voda ter mineralna sestava tal, ki vpliva na delež

močno vezane vode. Neupoštevanje teh dejavnikov lahko povzroči nekakovostne ocene količine vode v tleh, še posebej v okoljih, kjer močno vezana voda predstavlja pomemben delež celotne količine vode v tleh (Wu et al., 2023; Baroni et al., 2018). Opredelitev močno vezane vode je še posebej pomembna v suhih in heterogenih tleh, kjer je njen vpliv na število nevtronov izrazit (Bogena et al., 2013), ter v zelo mineralnih tleh (Baroni et al., 2018; Wu et al., 2023).

Po dosedanji literaturi se delež močno vezane vode v tleh določa z metodo LOI (Barbosa et al., 2021; Heidbüchel et al., 2016; Ball, 1964; Davies, 1974). Postopek določitve močno vezane vode je v literaturi opisan razmeroma skromno (Baroni et al., 2018; Bogena et al., 2013) in ne vključuje upoštevanja vsebnosti karbonatov v tleh (Wu et al., 2023; Giannesi et al., 2024; Li et al., 2023). Čeprav je vpliv teksture tal na količino močno vezane vode razmeroma dobro raziskan – večjo količino pričakujemo v glinenih tleh (med 0,05 in 0,15 cm^3/cm^3), naše izmerjene količine so nekoliko manjše zaradi večje vsebnosti gline v naših vzorcih kot v peščenih in meljastih tleh (pod 0,02 cm^3/cm^3) (Wu et al., 2023; Barbosa et al., 2021; Wang et al., 2024) – ostajajo nejasnosti glede vpliva karbonatov na rezultate določanja močno vezane vode z metodo LOI.

Naša raziskava se osredotoča na izboljšanje metode merjenja močno vezane vode v tleh z izničenjem vpliva spremembe mase zaradi hlapenja karbonatov, ki lahko vodi v manj zanesljive rezultate. Glede na rezultate analize potrjujemo, da je modifiricana metoda s predhodno obdelavo vzorcev z 10-odstotno raztopino klorovodikove kisline (HCl) zanesljivejša pri določanju močno vezane vode v tleh. Določevanje močno vezane vode je zaradi postopka homogenizacije, mletja, sušenja, ohlajanja in predvsem zamudnega tehtanja na analitski tehtnici razmeroma dolgotrajno – mi smo za postopek potrebovali približno dvajset dni. Ob vzpostavitvi mreže merilnih mest za spremljaje količine vode v tleh z merilniki, ki temeljijo na zaznavanje nevtronov, v heterogeni krajini, bi ta del laboratorijskega postopka zahteval največji delež časa, potrebnega za analize.

Glede na prosto dostopne podatke Pedološke karte Slovenije (MKGP, 2023) ter arhivske podatke pedoloških profilov, uporabljenih pri njeni izdelavi (nabor se nenehno dopolnjuje), ki med drugim vsebujejo podatke o teksturi tal, vsebnosti karbonatov, organski snovi in ponekod tudi gostoti tal, bi bilo smiselno razmisliti o njihovi uporabi v postopku umeritve. S tem bi pridobili širši nabor podatkov za izbrano območje in morda zmanjšali potrebo po dodatnih analizah, še posebej, če so tla na obravnavanem območju homogena. Podoben pristop so uporabili Avery et al. (2016) v raziskavi, v kateri so razvili prostorski sloj z ločljivostjo 1 km za območje celinskih ZDA, ki omogoča oceno o količini močno vezane vode v tleh. Njihov sloj temelji na podatkih o teksturi ter gostoti tal in organskem ogljiku 61 vzorcev tal. Ugotovili so, da lahko takšni podatki zagotovijo zadovoljivo natančnost pri ocenjevanju močno vezane vode v tleh, vendar so omenili omejitve te metode zaradi naravne variabilnosti tal. Na ravni Slovenije obstaja možnost uporabe pedokartografskih enot za določitev splošnega nabora podatkov, medtem ko bi zanesljivejše rezultate omogočilo terensko rekognosciranje in razmejevanje pedosistematskih enot, kjer pričakujemo tla s primerljivimi lastnostmi in posledično podobno količino močno vezane vode.

Na primeru laboratorijskega polja je razvidno, da območje polja BF spada v pedokartografsko enoto 1292, ki vključuje tri pedosistematske enote: 580 (evtričen amfiglej), 540 (evtričen psevdoglej) in 488 (evtrična obrečna tla) (MKGP, 2023). Na podlagi analize območja ugotavljamo, da so tla laboratorijskega polja najbolj primerljiva s pedosistematsko enoto 540. Prihodnje raziskave bi lahko vključevale analizo arhivskih podatkov izkopanih profilov v pedosistematski enoti 540 na tem območju ter uporabo že

dostopnih podatkov za oceno količine močno vezane vode po podobnem postopku, kot sta to izvedla (Dong in Ochsner, 2018), ki sta potrdila povezanost (linearna regresija) med teksturo tal in količino močno vezane vode. Pristop z uporabo pedološke karte za določanje močno vezane vode v tleh je najbolj uporaben na območjih brez karbonatnih tal, kjer predhodna obdelava vzorcev z 10 % HCl verjetno ni potrebna. Vendar pa je na (točkovno ali homogeno) karbonatnih tleh uporaba metode s predhodno obdelavo s HCl močno priporočljiva, saj po naših rezultatih zagotavlja zanesljivejše podatke.

Menimo, da so v prihodnje potrebne dodatne raziskave za natančnejše ugotavljanje vpliva gostote tal, organske snovi in predvsem vsebnosti karbonatov na količino močno vezane vode, določene z modificirano metodo LOI. Pri tem je smiselno razmisliti o potencialu uporabe obstoječih pedoloških baz podatkov, ki vsebujejo informacije o teksturi tal, vsebnosti organske snovi in karbonatov. Tako bi lahko izboljšali umerjanje metod bližinskega zaznavanja z manj neposrednimi laboratorijskimi analizami.

Naše ugotovitve poudarjajo pomen nadgradnje metodologij bližinskega zaznavanja za spremljanje količine vode v tleh v heterogenih krajinah. Z uporabo izboljšanih umeritvenih tehnik in kombinacijo metod daljinskega zaznavanja količine vode v tleh bi lahko dodatno izboljšali prostorsko ločljivost in natančnost določitve količine vode v tleh. Integracija teh tehnik s strojnim učenjem bi lahko omogočila boljše napovedi količine vode v tleh in natančnejše spremljanje sušnih razmer v realnem času. Tako lahko precej izboljšamo zanesljivost in uporabnost meritev količine vode v tleh v kmetijstvu. Nadaljnje raziskave bi morale vključevati razvoj modelov, ki bi omogočili prilagajanje merilnikov specifičnim pedološkim razmeram, kar bi prispevalo k boljšemu razumevanju kroženja vode v tleh in njene dostopnosti za rastline.

5 SKLEP

Močno vezana voda vpliva na natančnost določanja količine vode v tleh, saj je del vse razpoložljive vode v tleh, ki vpliva na meritve z merilnikom, temelječe na zaznavanju nevtronov. Njena količina je odvisna od lastnosti tal, napačno ovrednotenje količine močno vezane vode pa lahko vodi v precenjevanje dostopne vode v tleh, zato je njena vključitev v umerjanje nujna. Rezultati naše analize potrjujejo, da modificirana metoda LOI z odstranitvijo karbonatov s predhodno obdelavo vzorcev z 10-odstotno raztopino klorovodikove kisline (HCl) zagotavlja zanesljivejšo določitev močno vezane vode v meljasto-ilovnatih do meljasto-glineno-ilovnatih karbonatnih tleh. Metodi imata močno pozitivno povezanost (Spearmanov $\rho = 0{,}641$, $p < 0{,}001$), vendar metoda brez predhodne obdelave s HCl kaže višje vrednosti močno vezane vode, kar pomeni, da precenjuje njeno količino in potrjuje vpliv vsebnosti karbonatov na končni rezultat. Razlike med metodama so statistično značilne, pri čemer so največje razlike opazne na globini 30–35 centimetrov, kjer so tla na našem območju tudi najbolj gosta. Rezultati regresijske analize kažejo, da je imela tudi gostota tal statistično pomemben vpliv na količino močno vezane vode, pri čemer se z večanjem gostote tal veča tudi izmerjena količina močno vezane vode. Zaradi dolgotrajnosti laboratorijskega postopka bi bilo v prihodnje smiselno uporabiti pedološke arhivske podatke (baza podatkov pedoloških profilov in pedološka karta) za optimizacijo metodologije.

Zahvala

Avtorji se zahvaljujemo za finančno podporo raziskavi. Raziskavo so finančno omogočili Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije v okviru programa usposabljanja

mladih raziskovalcev Golob in Srdoč, P4- 0085 Agroekosistemi, CRP V4-2406, IC RRG-AG (IO-0022-0481-001), Evropska unija v okviru projekta Alpine Space Drought Prediction (101147797) progama Interreg Alpine Space, LIFE23- IPC-SI-LIFE4ADAPT, OPTAIN Horizon 2020 (862756) in intervencija IRP38 Konzorciji institucij znanja v podporo prehodu kmetijstva v zeleno, digitalno in podnebno nevtralno iz Strateškega načrta Skupne kmetijske politike 2023–2027, iz operacij CLIMAGROW, ODEON, KEKS, AKIS partnerstvo za uvedbo digitalnih in robotskih tehnologij v rastlinsko pridelavo in STRIP.

Literatura in viri:

Agencija Republike Slovenije za okolje (2024). https://meteo.arso.gov.si/met/sl/climate/diagrams/ljubljana/, pridobljeno 23. 12. 2024.

Akash, M., Mohan Kumar, P., Bhaskar, P., Deepthi, P. R., Sukhdev, A. (2024). Review of estimation of soil moisture using active microwave remote sensing technique. Remote Sensing Applications: Society and Environment, 33, 101118. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rsase.2023.101118

Avery, W. A., Finkenbiner, C., Franz, T. E., Wang, T., Nguy-Robertson, A. L., Suyker, A., Arkebauer, T., Muñoz-Arriola, F. (2016). Incorporation of globally available datasets into the roving cosmic-ray neutron probe method for estimating field-scale soil water content. Hydrology and Earth System Sciences, 20, 3859–3872. DOI: https://doi.org/10.5194/hess-20-3859-2016

Ball, D. F. (1964). Loss-on-Ignition as an Estimate of Organic Matter and Organic Carbon in Non-Calcareous Soils. Journal of Soil Science, 15, 84–92. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1964.tb00247.x

Babaeian, E., Sadeghi, M., Jones, S. B., Montzka, C.,Vereecken, H., Tuller, M. (2019). Ground, proximal, and satellite remote sensing of soil moisture. Reviews of Geophysics, 57 (2), 530–616. DOI: https://doi.org/10.1029/2018RG000618

Barbosa, L. R., Coelho R. H. V., Scheiffele M. L., Baroni G., Filho R. M. G., Montenegro L. G. M. S., Almeida N. C., Oswald E. S. (2021). Dynamic groundwater recharge simulations based on cosmic-ray neutron sensing in a tropical wet experimental basin. Vadose Zone Journal, 20 (4), 1–22. DOI: https://doi.org/10.1002/vzj2.20145

Baroni, G., Scheiffele, L. M., Schrön, M., Ingwersen, J., Oswald, S. E. (2018). Uncertainty, sensitivity and improvements in soil moisture estimation with cosmic-ray neutron sensing. Journal of Hydrology, 564, 873–887. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.07.053

Bogena, H. R., Huisman, J. A., Baatz, R., Hendricks Franssen, H.-J., Vereecken, H. (2013). Accuracy of the cosmic-ray soil water content probe in humid forest ecosystems: The worst case scenario. Water Resources Research, 49, 5778–5791. DOI: https://doi.org/10.1002/wrcr.20463

Brown, G., Brindley, G. W. (1980). Crystal Structures of Clay Minerals and Their X-Ray Identification, Mineralogical Society Monograph.

Colliander, A., Jackson, T. J., Bindlish, R., Chan, S., Das, N., Kim, S. B., Cosh, M. H., Dunbar, R. S., Dang, L., Pashaian, L., Asanuma, J., Aida, K., Berg, A., Rowlandson, T., Bosch, D., Caldwell, T., Caylor, K., Goodrich, D., al Jassar, H., Lopez-Baeza, E., Martínez-Fernández, J., González-Zamora, A., Livingston, S., McNairn, H., Pacheco, A., Moghaddam, M., Montzka, C., Notarnicola, C., Niedrist, G., Pellarin, T., Prueger, J., Pulliainen, J., Rautiainen, K., Ramos, J., Seyfried, M., Starks, P., Su, Z., Zeng, Y., van der Velde, R., Thibeault, M., Dorigo, W., Vreugdenhil, M., Walker, J. P., Wu, X., Monerris, A., O'Neill, P. E., Entekhabi, D., Njoku, E. G.,Yueh, S. (2017). Validation of SMAP surface soil moisture products with core validation sites. Remote Sensing of Environment, 191, 215–231. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.01.021

Cvejić, R., Černič-Istenič, M., Honzak, L., Pečan, U., Železnikar, Š., Pintar, M. (2020). Farmers Try to Improve Their Irrigation Practices by Using Daily Irrigation Recommendations – The Vipava Valley Case, Slovenia. Agronomy, 10, 1238. DOI: https://doi.org/10.3390/agronomy10091238

Davies, B. E. (1974). Loss-on-ignition as an estimate of soil organic matter. Soil Science Society of America Journal, 38 (1), 150–151.

Desilets, D., Zreda, M. (2013). Footprint diameter for a cosmic-ray soil moisture probe: Theory and Monte Carlo Simulations. Water Resources Research, 49, 3566–3575. DOI: https://doi.org/10.1002/wrcr.20187

Desilets, D., Zreda, M., Ferré, T. P. A. (2010). Nature's neutron probe: Land surface hydrology at an elusive scale with cosmic rays. Water Resources Research, 46, W11505. DOI: https://doi.org/10.1029/2009WR008726

Dong, J., Ochsner, T. E. (2018). Soil Texture Often Exerts a Stronger Influence Than Precipitation on Mesoscale Soil Moisture Patterns. Water Resources Research, 54, 2199–2211. DOI: https://doi.org/10.1002/2017WR021692

Entekhabi D., Njoku G. E., O'Neil E. P., Kellogg H. K., Crow T. W., Edelstein B. W. (2010). The Soil Moisture Active Passive (SMAP) Mission. Proceedings of the IEEE, 98:5, 704–716. DOI: https://doi.org/10.1109/JPROC.2010.2043918

European Environment Agency. (2024). Trends and projections in Europe 2024. Publications Office of the European Union, 2024.

Franz, T. E., Zreda, M., Ferre, T. P. A., Rosolem, R., Zweck, C., Stillman, S., Zeng, X., Shuttleworth, W. J. (2012). Measurement depth of the cosmic ray soil moisture probe affected by hydrogen from various sources. Water Resources Research, 48, W08515. DOI: https://doi.org/10.1029/2012WR011871

Gianessi, S., Polo, M., Stevanato, L., Lunardon, M., Francke, T., Oswald, S. E., Said Ahmed, H., Toloza, A., Weltin, G., Dercon, G., Fulajtar, E., Heng, L., Baroni, G. (2024). Testing a novel sensor design to jointly measure cosmic-ray neutrons, muons and gamma rays for non-invasive soil moisture estimation. Geoscientific Instrumentation, Methods and Data Systems, 13, 9–25. DOI: https://doi.org/10.5194/gi-13-9-2024

Grim, R. E. (1968). Clay Mineralogy, 2nd Edition. McGraw-Hill, New York.

Gruber A., Dorigo W. A., Zwieback S., Xaver A., Wagner W. (2013). Characterizing Coarse-Scale Representativeness of in situ Soil Moisture Measurements from the International Soil Moisture Network. Vadose Zone Journal, 12 (2), 1–16. DOI: https://doi.org/10.2136/vzj2012.0170

Heidbüchel, I., Güntner, A., Blume, T. (2016). Use of cosmic-ray neutron sensors for soil moisture monitoring in forests. Hydrology and Earth System Sciences, 20, 1269–1288. DOI: https://doi.org/10.5194/hess-20-1269-2016

Heiri, O., Lotter, A. F., Lemcke, G. (2001). Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. Journal of Paleolimnology, 25, 101–110. DOI:https://doi.org/10.1023/A:1008119611481

Hoogsteen, M. J. J., Lantinga, E. A., Bakker, E. J., Groot, J. C. J., Tittonell, P. A. (2015). Estimating soil organic carbon through loss on ignition: effects of ignition conditions and structural water loss. European Journal of Soil Science, 66, 320–328. DOI: https://doi.org/10.1111/ejss.12224

IUSS Working Group WRB. (2014). World Reference Base for Soil Resources 2014: International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. Rome: FAO, https://www.fao.org/3/i3794en/I3794en.pdf, pridobljeno 1. 3. 2025.

Iwema, J., Schrön, M., Koltermann Da Silva, J., Schweiser De Paiva Lopes, R., Rosolem, R. (2021). Accuracy and precision of the cosmic-ray neutron sensor for soil moisture estimation at humid environments. Hydrological Processes, 35 (11), e14419. DOI: https://doi.org/10.1002/hyp.14419

Jackson, M. L. (1958). Soil Chemical Analysis: Advanced Course. Published by the author, Department of Soils, University of Wisconsin, Madison, WI.

Li, X., Long, D., Slater, J. L., Moulds, S., Shadid, M., Han, P., Zhao, F. (2023). Soil Moisture to Runoff (SM2R): A Data-Driven Model for Runoff Estimation Across Poorly Gauged Asian Water Towers Based on Soil Moisture Dynamics. Water Resources Research, 59 (3), 1–28. DOI: https://doi.org/10.1029/2022WR033597

Li, Z.-L., Leng, P., Zhou, C., Chen, K.-S., Zhou, F.-C., Shang, G.-F. (2021). Soil moisture retrieval from remote sensing measurements: Current knowledge and directions for the future. Earth-Science Reviews, 218, 103673. DOI: https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2021.103673

Mackenzie, R. C. (1957). The Differential Thermal Investigation of Clays. Mineralogical Society, London.

Magnier, J., Fribourg-Blanc, B., Lemann, T., Witing, F., Critchley, W., Volk, M. (2024). Natural/Small Water Retention Measures: Their Contribution to Ecosystem-Based Concepts. Sustainability, 16, 1308. DOI: https://doi.org/10.3390/su16031308

Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano (MKGP) (2023). Pedološka karta Slovenije. https://podatki.gov.si/dataset/pedoloska-karta?resource_id=e567ca77-0794-42ba-a5c7-6abcde444f1a, pridobljeno 1. 3. 2025.

Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano (MKGP) (2024). Dejanska raba tal. https://rkg.gov.si/vstop/, pridobljeno 1. 3. 2025.

Nayak, P. S., Singh, B. K. (2007). Instrumental characterization of clay by XRF, XRD and FTIR. Bull Mater Sci, 30, 235–238. DOI: https://doi.org/10.1007/s12034-007-0042-5

Oštir, K. (2006). Daljinsko zaznavanje. Založba ZRC, Ljubljana.

Pečan, U., Zupanc, V., Pintar, M. (2021). Methods for measuring soil water content. Acta agriculturae Slovenica, 117, 1–13. DOI: https://doi.org/10.14720/aas.2021.117.2.1618

Pintar, A. M., Skudnik, M. (2024). Uporabnost nacionalnih podatkov laserskega skeniranja in cikličnega aerofotografiranja pri zaznavanju gozdnih vrzeli. Geodetski vestnik, 68 (2), 180–193. DOI: https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2024.02.180-193

R Core Team. (2024). R: A Language and Environment for Statistical Computing_. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. https://www.R-project.org/, dostop 25. 12. 2025.

Rosolem, R., Shuttleworth, W. J., Zreda, M., Franz, T. E., Zeng, X., Kurc, S. A. (2013). The Effect of Atmospheric Water Vapor on Neutron Count in the Cosmic-Ray Soil Moisture Observing System. Journal of Hydrometeorology, 14, 1659–1671. DOI: https://doi.org/10.1175/JHM-D-12-0120.1

Scheiffele, L. M., Munz, M., Francke, T., Baroni, G., Oswald, S. E. (2025). Enhancing Hectare-Scale Groundwater Recharge Estimation by Integrating Data From Cosmic-Ray Neutron Sensing Into Soil Hydrological Modeling. Water Resources Research, 61, e2024WR037641. DOI: https://doi.org/10.1029/2024WR037641

Schrön, M., Rosolem, R., Köhli, M., Piussi, L., Schröter, I., Iwema, J., Kögler, S., Oswald, S. E., Wollschläger, U., Samaniego, L., Dietrich, P., Zacharias, S. (2018). Cosmic-ray Neutron Rover Surveys of Field Soil Moisture and the Influence of Roads. Water Resources Research, 54, 6441–6459. DOI: https://doi.org/10.1029/2017WR021719

Tuure, J., Räsänen, M., Hautala, M., Pellikka, P., Mäkelä, P. S. A., Alakukku, L. (2021). Plant residue mulch increases measured and modelled soil moisture content in the effective root zone of maize in semi-arid Kenya. Soil and Tillage Research, 209, 104945. DOI: https://doi.org/10.1016/j.still.2021.104945

EIA (2024). Drought conditions reduce hydropower generation, particularly in the Pacific Northwest, https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=63664, dostop 1.3.2025.

Van der Velden, D., Klerkx, L., Dessein, J., Debruyne, L. (2025). Governance by satellite: Remote sensing, bureaucrats and agency in the Common Agricultural Policy of the European Union, Journal of Rural Studies, 114, 1–10. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2024.103558

Veljanovski, T., Pehani, P., Lamovec, P., Oštir, K. (2012). Uporabnost podatkov satelitskega in letalskega daljinskega zaznavanja za opazovanje in kartiranje vodnih površin. | Usefulness of satellite and aerial remote sensing data for monitoring and mapping of surface waters. Geodetski vestnik 56 (4), 786–801. DOI: https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2012.04.786-801

Wang, S., Zhang, Y., Kang, W., Wu, S. (2024). Variability of hydrogen sources within nominally anhydrous soil across a desert-oasis ecoregion, Northwest China. CATENA 243, 108187. DOI: https://doi.org/10.1016/j.catena.2024.108187

Wenzel, J. L., Pöhlitz, J., Usman, M., Piernicke, T., Conrad, C. (2025). Enhancing irrigation scheduling by application efficiency estimations and soil moisture simulations. European Journal of Agronomy 164, 127487. DOI: https://doi.org/10.1016/j.eja.2024.127487

Weimar, O. J. (2022). Advances in Cosmic-Ray Neutron Sensing by Monte Carlo simulations and neutron detector development. PhD Dissertation, Heidelberg. DOI: https://doi.org/10.11588/heidok.00032046

Wu, S., Zhang, Y., Kang, W., Zhao, W. (2023). Mesoscale soil moisture survey by mobile cosmic-ray neutron sensor across various landscapes in the Heihe River Basin. Research in Cold and Arid Regions 15, 211–218. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rcar.2024.01.001

Zhang, H., Loaiciga, H. A., Okujeni, A., Liu, J., Tan, M., Sauter, T. (2025). Assessing the impact of extreme climate events on European gross primary production. Agricultural and Forest Meteorology 362, 110374. DOI: https://doi.

org/10.1016/j.agrformet.2024.110374

Zhang, Z., Ou, H., Shi, Y., Ye, Y., Sang, Y., Zhang, S., Zhang, J. (2023). Application of cosmic-ray neutron probes for measuring soil moisture in rocky areas of the Taihang Mountains, North China. Vadose Zone Journal, 22, e20291. DOI: https://doi.org/10.1002/vzj2.20291

Zreda, M., Desilets, D., Ferré, T. P. A., Scott, R. L. (2008). Measuring soil moisture content non-invasively at intermediate spatial scale using cosmic-ray neutrons. Geophysical Research Letters, 35 (21), 1–5. DOI: https://doi.org/10.1029/2008GL035655

Zreda, M., Shuttleworth, W. J., Zeng, X., Zweck, C., Desilets, D., Franz, T., Rosolem, R. (2012). COSMOS: the COsmic-ray Soil Moisture Observing System. Hydrology and Earth System Sciences, 16, 4079–4099. DOI: https://doi.org/10.5194/hess-16-4079-2012

Žvokelj, L., Noč, M., Zupanc, V., Zatler, P., Glavan, M. (2024) Ocenjevanje vpliva namakanja na zadrževanje vode v tleh in izpiranje nitratov. Zbornik, Mišičev vodarski dan: 219–226.

Golob N. , Srdoč Š., Švegelj Ž., Zupanc V., Cvejić R. (2025). Izboljšanje določitve močno vezane vode v postopku umerjanja merilnika vode v tleh, ki temelji na zaznavanju nevtronov. Geodetski vestnik, 69 (4), 538-553.
DOI: https://doi.org/geodetski-vestnik.2025.04.538-553

Nejc Golob, mag. inž. agr.
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta,
Oddelek za agronomijo
Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana
e-naslov: nejc.golob@bf.uni-lj.si

Špela Srdoč, mag. inž. agr.
Znanstveno-raziskovalno središče Koper
Inštitut za oljkarstvo
Garibaldijeva 1, 6000 Koper
e-naslov: spela.srdoc@zrs-kp.si

Žiga Švegelj, univ. dipl. meteorol.
Atmosferix d.o.o., Stegne 23, 1000 Ljubljana
e-naslov: ziga.svegelj@atmosferix.com

doc. dr. Vesna Zupanc, univ. dipl. inž. agr.
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta,
Oddelek za agronomijo
Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana
e-naslov: vesna.zupanc@bf.uni-lj.si

doc. dr. Rozalija Cvejić, univ. dipl. inž. agr.
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta,
Oddelek za agronomijo
Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana
e-naslov: rozalija.cvejic@bf.uni-lj.si

RECENZIRANI ČLANKI | PEER-REVIEWED ARTICLES

Vpliv troposferskega modeliranja in atmosferskega tlaka na ponovljivost položaja GNSS

Impact of tropospheric modelling and atmospheric pressure loading on GNSS position repeatability

Hicham Dekkiche, Houaria Namaoui, Walid Bouaoula, Yasser Bedjaoui, Karim Bensttila

UDK: 528.835:629.056.8(100)
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01
Prispelo: 27. 2. 2025
Sprejeto: 7. 9. 2025

DOI: doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2025.04.554-573
SCIENTIFIC ARTICLE
Received: 27. 2. 2025
Accepted: 7. 9. 2025

SI | EN

IZVLEČEK

Študija preučuje vpliv strategij modeliranja troposfere na ponovljivost dnevnih ocen položaja GNSS v sredozemskih in visokogorskih regijah na podlagi celovite analize več dejavnikov: ocene skupne zakasnitve v zenitu, mejnih kotov višine (0°, 3° in 7°), projekcijske komponente troposferske refrakcije (VMF1, NMF, GMF) in popravkov atmosferskega tlaka. Raziskava kaže, da ocena parametrov skupne zakasnitve v zenitu skupaj z vodoravnimi gradienti znatno izboljša ponovljivost položaja, saj zmanjša napake vertikalne komponente z več kot enega metra na milimetrske ravni. Izbor kota odklopa višine prav tako vpliva na zmogljivost, pri čemer 3° daje optimalne rezultate, medtem ko jih 0° dosledno poslabšuje. Učinkovitost kartografske funkcije se razlikuje glede na regijo: v Sredozemlju NMF nekoliko prekaša druge v navpični smeri, medtem ko VMF1 in NMF izstopata v vodoravni smeri; v regijah z visoko zemljepisno širino GMF na splošno deluje najbolje, čeprav obstaja odvisnost od postaje. Vključitev popravkov za atmosferski tlak rezultate večinoma izboljša, zlasti pri uporabi z VMF1, ki je pokazal do 12-odstotno izboljšanje vertikalne ponovljivosti. Te ugotovitve poudarjajo prednosti integriranega pristopa, ki združuje napredne funkcije kartiranja z atmosferskimi popravki.

KLJUČNE BESEDE

modeliranje troposfere, obremenitev z atmosferskim tlakom, GNSS-pozicioniranje, dnevna ponovljivost

ABSTRACT

This study investigates the impact of tropospheric modelling strategies on the repeatability of daily GNSS position estimates across Mediterranean and high-latitude regions through comprehensive analysis of multiple factors: zenith total delay estimation, elevation cut-off angles (0°, 3° and 7°), mapping functions (VMF1, NMF, GMF), and atmospheric pressure loading corrections. The research demonstrates that estimating zenith total delay parameters alongside horizontal gradients substantially improves position repeatability, reducing vertical component errors from over one meter to millimetric levels. The choice of elevation cut-off angle also affects performance, with 3° yielding optimal results, while 0° consistently degrades it. Mapping function effectiveness varies by region: in the Mediterranean, NMF slightly outperforms others vertically, whereas VMF1 and NMF excel horizontally; in high-latitude regions, GMF generally performs best, though station-dependent variability persists. Incorporating atmospheric pressure loading corrections improves results in most cases, especially when used with VMF1, which showed up to 12% improvement in vertical repeatability. These findings underscore the benefits of an integrated approach combining advanced mapping functions with atmospheric corrections.

KEY WORDS

Troposphere modelling, Atmospheric pressure loading, GNSS positioning, daily repeatability

1 INTRODUCTION

Global Navigation Satellite Systems (GNSS) play a critical role in high-accuracy positioning applications, including geodesy, geodynamics and environmental monitoring. The accuracy of GNSS solutions is particularly crucial for long-baseline differential positioning, where errors caused by atmospheric effects are no longer correlated and considerably degrade the GNSS performance. Among these, tropospheric delay and ATMospheric pressure Loading (ATML) are challenging contributors to positioning errors that are difficult to manage.

The tropospheric delay is frequency-independent and cannot be mitigated by dual-frequency observations; its impact depends on temperature, pressure, and water vapour content, which exhibit significant spatial inhomogeneity and temporal variability (Torres et al., 2010; Van Malderen et al., 2014; Namaoui, 2022). Its magnitude varies significantly with elevation angle, ranging from approximately 2.0 to 2.6 meters in the zenith direction to 20-28 meters near the horizon at lower elevation angles (El-Rabbany, 2002). This elevation-dependent behaviour necessitates the use of mapping functions to project zenith delays to arbitrary elevation angles. Accurate modelling of tropospheric delay is thus essential for applications requiring sub-centimetre precision.

The development of tropospheric delay models has evolved significantly over the past decades. Early models such as the (Hopfield, 1969) and (Saastamoinen, 1972) provided fundamental frameworks but showed limitations in accuracy. The Niell Mapping Function (NMF) introduced by (Niell, 1996) marked a significant advancement, providing latitude and day-of-year dependent mapping functions that improved delay-modelling accuracy, particularly for mid-latitude regions. The Vienna Mapping Function (VMF) concept, introduced by (Böhm et al., 2006a), utilizes numerical weather model data to provide site-specific and time-dependent mapping functions, representing a paradigm shift from empirical models to physics-based modelling. The Global Mapping Function (GMF) developed by (Böhm et al., 2006b) offers a compromise between accuracy and computational efficiency, providing improved performance over NMF while maintaining broader applicability without requiring real-time meteorological data.

Several studies have investigated the impact of tropospheric mapping functions on the accuracy of geodetic coordinate estimates (Tesmer et al., 2007; Urquhart et al., 2014; Landskron & Böhm, 2018). These studies demonstrate that while improvements in tropospheric mapping functions yield incremental gains in geodetic accuracy, especially at low elevation angles and in challenging environments, the choice of model should consider site characteristics, available meteorological data, and computational resources. They also show that, typically, improvements in coordinate repeatability are not consistent across all stations.

In addition to tropospheric delay, atmospheric pressure loading, although less influential, still introduces systematic errors in GNSS positioning. The concept involves the response of the solid Earth to spatially and temporally varying atmospheric pressure loads. Soil displacements can reach up to ±2.5 cm in the vertical component and ±0.25 cm in horizontal components (Rabbel & Zschau, 1985; Luo, 2001).

Studies investigating the impact of atmospheric pressure loading on geodetic coordinate estimates such as those performed by (van Dam et al., 1994; Petrov & Boy, 2004; Tregoning & van Dam, 2005; Dach et al.,

2011), highlight that even after applying atmospheric loading corrections, residuals remain significant at specific stations, particularly those in coastal or mountainous regions. These corrections, while beneficial in some cases, do not systematically enhance the geodetic time series or global reference frame solutions.

Theses previous studies have focused on individual error sources in isolation, with limited investigation of the combined impact of tropospheric delay modelling choices and ATML corrections on positioning repeatability. Additionally, comprehensive comparative analysis across diverse geographical settings within a single study framework is lacking, limiting the ability to develop generalized recommendations for optimal model selection.

This study addresses these research gaps by providing the first comprehensive assessment of tropospheric delay mapping function performance specifically tailored to Mediterranean and northern high-latitude regions. Unlike previous studies that examined individual error sources in isolation, this research investigates the combined impact of tropospheric delay modelling using three mapping functions (NMF, VMF1, and GMF) and ATML corrections on positioning repeatability. The study incorporates stations across different latitudinal bands and climatic conditions, enabling robust comparative analysis of mapping function performance across diverse atmospheric regimes.

To achieve our objectives, we process GNSS data using the GAMIT/GLOBK software. This involves analysing 15 days of continuous observations from the Arzew/Algeria GNSS station "ARZE" and eighteen IGS (International GNSS Service) stations located in Mediterranean (mid-latitude) and northern high-latitude regions. The analysis focuses on coordinate repeatability as the primary performance metric, recognising that consistent positioning accuracy is often more important than absolute accuracy for many geodetic applications. The primary objective is to assess the impact of ATML corrections and the three mapping functions on GNSS positioning repeatability. This aims to identify optimal correction strategies and formulate region-specific recommendations for operational GNSS processing within the studied areas.

2 TROPOSPHERIC DELAY AND MAPPING FUNCTIONS

The troposphere is the lower part of the neutral atmosphere, extending from the Earth's surface up to an altitude of about 16 km at the equator and 8 km at the poles. It consists of dry gases and water vapour (Kos et al., 2009).

It accounts for 75 to 80% of the atmospheric mass and contains nearly all the water vapour. The tropospheric delay is influenced by various factors, such as the station's altitude, signal direction, angle of incidence, as well as atmospheric pressure, temperature, and humidity.

Unlike the ionospheric delay, the tropospheric delay d_{trop} cannot be modelled simply by combining signal frequencies. It needs to be considered during the analysis to improve the quality of GNSS positioning. The path can be determined from the refractive index (n), which is commonly expressed in terms of refractivity (N) **(Bevis et al., 1994).**

$$d_{trop} = \int (n-1)ds \tag{1}$$

$$d_{trop} = 10^{-6}\int N_{trop}ds \tag{2}$$

$$N = 10^6(n-1) = k_1 P_d / T + k_2 P_w / T + k_3 P_w / T^2 \quad (3)$$

Where P_d, T and P_w are respectively the partial pressure of dry air, temperature, and partial pressure of water vapour. **(Thayer, 1974).** k_1, k_2 and k_3 are coefficients of refractivity .

$k_1 = (77.604 \pm 0.04) K / mbar$, $k_2 = (64.79 \pm 0.08) K / mbar$ and $k_3 = (3.776 \pm 0.004) \times 10^5 K^2 mbar$

The tropospheric effect on GNSS is theoretically divided into two components: dry (or hydrostatic) and wet. Thus, the total delays encountered in the troposphere are segmented accordingly.

The dry component, which can reach up to 2.3 m at zenith, can be accurately estimated from the surface pressure and the variation of the gravity field with respect to the latitude and the height above the geoïd (in kilometres) (Saastamoinen, 1972; Davis et al., 1985).

In contrast, the wet component, which can reach up to 50 cm at zenith, is subject to significant spatiotemporal variability based on temperature and humidity (Fernandes et al., 2015, Fernandes and Lázaro, 2016). For this reason, it is often modelled as an unknown parameter that varies over time during the estimation procedure. This tropospheric delay can be divided into two components (d_{wet} wet delay and d_{dry} dry delay)

$$d_{trop} = d_{wet} + d_{dry} \quad (4)$$

To avoid an overly parameterised system, a single parameter ZTD is estimated for a given station and a specific time interval or using a stochastic process. This parameter characterises the tropospheric delay in the zenith direction and assumes a symmetrical distribution of water vapour around the station. However, this assumption is often incorrect, introducing first-order asymmetry, which is corrected by estimating tropospheric horizontal gradients along with other parameters of the state vector.

Tropospheric delay is strongly dependent on satellite elevation. To model this dependence, mapping functions are used. Since the 1970s, many mapping functions have been developed, all of which are representative of a horizontally stratified atmosphere, where the refractive index depends only on the altitude and the distance joining the satellite to the receiver in a vertical plane.

Several studies have been conducted to examine the impact of different mapping functions on GNSS positioning accuracy. Differences in height component can achieve 1 cm by using the NMF and VMF1 (Böhm et al., 2007). Tuka & El-Mowafy (2013) hypothesised that the differences between the mapping functions (MFs) are smaller in the Northern Hemisphere, with VMF1 providing the best results. For the north and east offsets, these mapping functions demonstrated the same level of accuracy. However, for the vertical offsets, VMF1 achieved better accuracy than GMF and NMF, being more consistent with GMF than with NMF (Makabayi & Hunegnaw, 2015).

2.1 Niell Mapping Function

The Niell Mapping Function models the tropospheric delay by mapping the zenith delay to a given elevation angle using a continued fraction form, that is expressed for both wet and hydrostatic components as follows (Niell, 1996):

$$M_i(e) = \frac{1 + \dfrac{a_i}{1 + \dfrac{b_i}{1 + c_i}}}{\sin(e) + \dfrac{a_i}{\sin(e) + \dfrac{b_i}{\sin(e) + c_i}}} \tag{5}$$

Where i = w (wet) or h (hydrostatic), e is the elevation angle, and $a_i b_i$, and c_i are coefficients specific to either the hydrostatic or wet component. In addition to the continued fraction form of the mapping function equation, the NMF hydrostatic component includes a height correction term. Therefore, its final form is expressed as follows:

$$Mf_h = M^h(e) + H \cdot [\frac{1}{\sin(e)} - M_{ht}(e)] \tag{6}$$

H is the height of the site (km), e is the elevation angle, M_{ht} is the continued fraction mapping function at station height.

The coefficients *a*, *b* and *c* in the NMF are determined differently for the hydrostatic, wet, and height correction terms, though all use the same continued fraction form. For the hydrostatic component, the coefficients are calculated by interpolating both average and seasonal amplitude values from tables provided at 15-degree latitude intervals. The final value for each coefficient at a specific site and day of year is obtained by applying a seasonal correction to the interpolated values, using the equation:

$$a = a_{avg} + a_{amp} \cdot \cos\left(\frac{DOY - 28}{365.25} 2\pi\right) \tag{7}$$

Where DOY is the day of year (DOY = 28 for northern hemisphere), a_{avg} and a_{amp} are the average and seasonal amplitude values which can be obtained by the linear interpolation between the nearest latitudes. The similar procedure is applicable to b and c.

In contrast, the coefficients for the wet component depend only on latitude and are interpolated from tabulated average values at 15-degree intervals, with no seasonal or temporal correction applied. For the height correction term in the dry mapping function, a separate set of coefficients is used; these were determined by Niell (1996) through a least-squares fit to the height correction at several elevation angles and are treated as fixed constants, independent of latitude or time.

2.2 Vienna Mapping Function

Although the Vienna Mapping Function uses the same mathematical structure as NMF (eq 5) for both the hydrostatic and wet components, the coefficients *a*, *b* and *c* are different for each component because they are derived from distinct atmospheric properties (Böhm et al., 2006b). For the hydrostatic (dry) component, the coefficients are:

a_h: calculated by ray tracing through the pressure and temperature fields of a numerical weather model (NWM),

b_h and c_h: set to fixed, empirically derived values.

For the wet component, the coefficients are:

a_w: Calculated by ray-tracing through the water vapour field of the NWM,

b_w and c_w: Set to fixed empirical values, which are different from those used for the hydrostatic component.

2.3 Global Mapping Function

The Global Mapping Function is an empirical tropospheric mapping function that has been developed as an improvement on the NMF. Like VMF1, GMF uses the same continued fraction formula (eq 5), but coefficients are derived differently (Böhm et al., 2006b; Böhm et al., 2007). Although the a-coefficient in GMF is modelled using the same functional form as NMF's a-coefficient (eq. 7) its mean value a_{avg} and annual amplitude a_{amp} computation is entirely different, both being obtained from a global fit to multi-year ECMWF Numerical Weather Model (NWM) data using spherical harmonic expansions to degree and order 9 :

$$a_{avg}(\phi,\lambda)=\sum_{n=0}^{9}\sum_{m=0}^{n}\left[C_{nm}\cos(m\lambda)+D_{nm}\sin(m\lambda)\right]P_{nm}(\sin\phi) \tag{8}$$

$$a_{amp}(\phi,\lambda)=\sum_{n=0}^{9}\sum_{m=0}^{n}\left[E_{nm}\cos(m\lambda)+F_{nm}\sin(m\lambda)\right]P_{nm}(\sin\phi) \tag{9}$$

Where the normalized are associated Legendre functions, and C_{nm}, D_{nm}, E_{nm}, F_{nm} are the fitted spherical harmonic coefficients. The b and c coefficients in GMF are set as fixed empirical values.

3 MODELLING OF ATMOSPHERIC PRESSURE LOADING EFFECT

Atmospheric loading models describe the displacements of the Earth's surface caused by variations in atmospheric masses over time. According to **van Dam et al., (1994),** these loads can become significant enough to cause observable deformations. In comparison to methods that do not take this effect into account, their research showed that introducing a correction for atmospheric loads during GNSS data processing improves the repeatability of weekly solutions by up to 20%.

Several meteorological models developed by various research centres, including NCEP, NCAR, ECMWF, and GPT, are essential for estimating this impact. According to the study conducted by (Böhm and Schuh, 2013), two modelling approaches exist, and the RMS (Root Mean Square) difference among 914 GPS stations worldwide is 0.45 mm.

The deformation caused by atmospheric loads primarily results from environmental changes in air masses, which can be equated to variations in water mass. Thus, it is possible to convert daily atmospheric mass loading into an equivalent water height based on the following relationship: "1 Pa corresponds to 0.10197 mm" (Caiya et al., 2020). This approach involves expressing the deformations caused by atmospheric loads as a difference in equivalent water height between a reference value and the study period. The equivalent water height is given by the following relationship: (Caiya et al., 2020)

$$\Delta h(\varphi,\lambda)=R\sum_{n=1}^{N}\sum_{m=0}^{n}[\Delta\overline{C_{nm}^{q}}\cos m\lambda+\overline{\Delta S_{nm}^{q}}\sin m\lambda]\overline{P_{nm}}(\sin\varphi) \tag{10}$$

$$\Delta u(\varphi,\lambda)=3\frac{\rho_W}{\rho_e}\frac{GM}{\gamma R}\sum_{n=1}^{N}\frac{h_n^{'}}{2n+1}\sum_{m=0}^{n}[\overline{\Delta C_{nm}^{q}}\cos m\lambda+\overline{\Delta S_{nm}^{q}}\sin m\lambda]\overline{P_{nm}}(\sin\varphi) \tag{11}$$

$$\Delta e(\varphi,\lambda) = 3\frac{k_n^{'}\rho_w}{\sin(\varphi)\rho_e}\frac{GM}{\gamma R}\sum_{n=1}^{N}\frac{l_n^{'}}{2n+1}\sum_{m=0}^{n}[\overline{\Delta C_{nm}^{q}}\cos m\lambda + \overline{\Delta S_{nm}^{q}}\sin m\lambda]\frac{\partial}{\partial\lambda}\overline{P_{nm}}(\sin\varphi) \quad (12)$$

$$\Delta n(\varphi,\lambda) = -3\frac{k_n^{'}\rho_w}{\rho_e}\frac{GM}{\gamma R}\sum_{n=1}^{N}\frac{1_n^{'}}{2n+1}\sum_{m=0}^{n}[\overline{\Delta C_{nm}^{q}}\cos m\lambda + \overline{\Delta S_{nm}^{q}}\sin m\lambda]\frac{\partial}{\partial\varphi}\overline{P_{nm}}(\sin\varphi) \quad (13)$$

Δh: The equivalent height of water.

Δu: The displacement along the Up.

Δe: The displacement along the Easting.

Δn: The displacement along the Northing.

φ, λ: The co-latitude and longitude.

ρ_w: The density of water.

ρ_e: The average density of solid earth (5.5×10^3 kg/m^3).

$\overline{P}_{nm}$: The normalised Legendre polynomial.

R: The average radius of the earth.

G: The gravitational constant.

M: The mass of the solid earth.

γ: The average gravity at the surface.

h', k' and l': are the radial, gravity and horizontal Love numbers, respectively.

$\overline{\Delta C_{nm}^{q}}, \overline{\Delta S_{nm}^{q}}$: The variation of the normalised harmonic coefficients of order m and degree n of a period q with respect to a reference period.

In this study, GNSS data were processed using the GAMIT/GLOBK software suite. GAMIT models deformations in three components by convolving surface pressure data with Green's functions, which characterise the Earth's elastic response to point surface loads. The atmospheric pressure inputs are derived from global meteorological models (GPT2), provided as spatio-temporal grids. Both tidal and non-tidal components of atmospheric loading corrections are applied.

4 DATA AND METHODS

4.1 Study area

In this study, a set of eighteen (18) GNSS stations is used. These stations are clustered into two networks located in two different zones: The Mediterranean mid-latitude zone and the high-latitude region. The network in Mediterranean zone is composed of ten (10) stations; nine (09) IGS stations and one (01) Algerian station, while the network in the high-latitude region contains eight (08) IGS stations (see figure 1 and table 1). Both networks share the same observation period; from day 204 to 218 of the year 2023 (i.e. from July 23 to August 6, 2023).

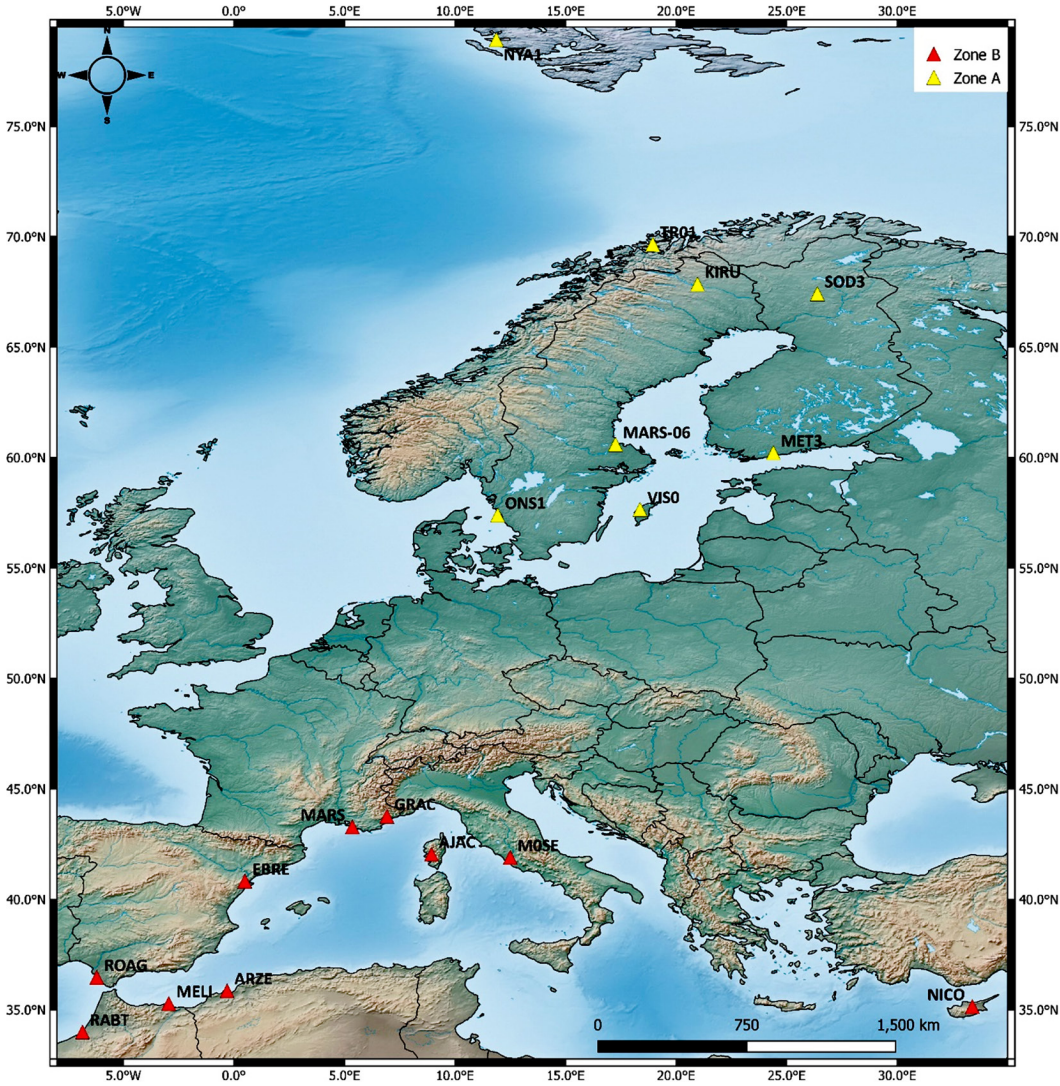


Figure 1: Geographic location of the used GNSS stations.

Table 1: Characteristics of the used GNSS stations

Zone	Station	Latitude (°)	Longitude (°)	Antenna type	Receiver type
Zone A: High- latitude region	**KIRU** KIRU00SWE	67.857	20.968	SEPCHOKE_B3E6 - SPKE	SEPT POLARX5TR
	MARS-06 MAR600SWE	60.595	17.259	JAVRINGANT_DM - OSOD	SEPT POLARX5
	MET3 MET300FIN	60.217	24.395	JAVRINGANT_DM - SCIS	JAVAD TRE_3 DELTA
	NYA1 NYA100NOR	78.93	11.865	ASH701073.1 - SNOW	TRIMBLE NETR9

Zone	Station	Latitude (°)	Longitude (°)	Antenna type	Receiver type
Zone A: High- latitude region	**ONS1** ONS100SWE	57.395	11.925	LEIAR25.R3 - LEIT	TRIMBLE ALLOY
	SOD3 SOD300FIN	67.421	26.389	JAVRINGANT_DM - SCIS	JAVAD TRE_3 DELTA
	TR01 TRO100NOR	69.663	18.94	TRM59800.00 - SCIS	TRIMBLE NETR9
	VIS0 VIS000SWE	57.654	18.367	AOAD/M_T - OSOD	SEPT POLARX5
Zone B: Mediterranean mid-latitude region	**ARZE**	35.851	-0.302	TRM57971.00 - NONE	Trimble Net R9
	AJAC AJAC00FRA	41.927	8.763	TRM115000.00 - NONE	LEICA GR50
	EBRE EBRE00ESP	40.821	0.492	LEIAR25.R4 - NONE	LEICA GR50
	GRA GRAC00FRA	43.754	6.921	TRM57971.00 - NONE	LEICA GR50
	M0SE M0SE00ITA	41.893	12.493	LEIAR25.R4 - LEIT	LEICA GR50
	MAR MARS00FRA	43.279	5.354	TRM57971.00 - NONE	LEICA GR50
	MELI MELI00ESP	35.281	-2.952	LEIAR25.R4 - LEIT	LEICA GR50
	NICO	35.141	33.396	LEIAR25.R4 - LEIT	LEICA GR50
	RABT RABT00MAR	33.998	-6.854	TRM29659.00 - SCIS	JAVADTRE_3 DELTA
	ROAG ROAG00ESP	36.463	-6.206	LEIAR25.R4 - NONE	SEPT POLARX5TR

4.2 Methodology

The methodological framework adopted in this study is structured into two main experimental phases: (i) assessment of tropospheric mapping functions performance under varying elevation cut-off angles, and (ii) evaluation of the combined use of different mapping functions with ATML corrections on the consistency of GNSS solution results.

The complete research workflow, encompassing initial data processing and both experimental phases, is comprehensively summarized in Figure 2. Each step is described in detail below to provide a thorough understanding of the procedures implemented.

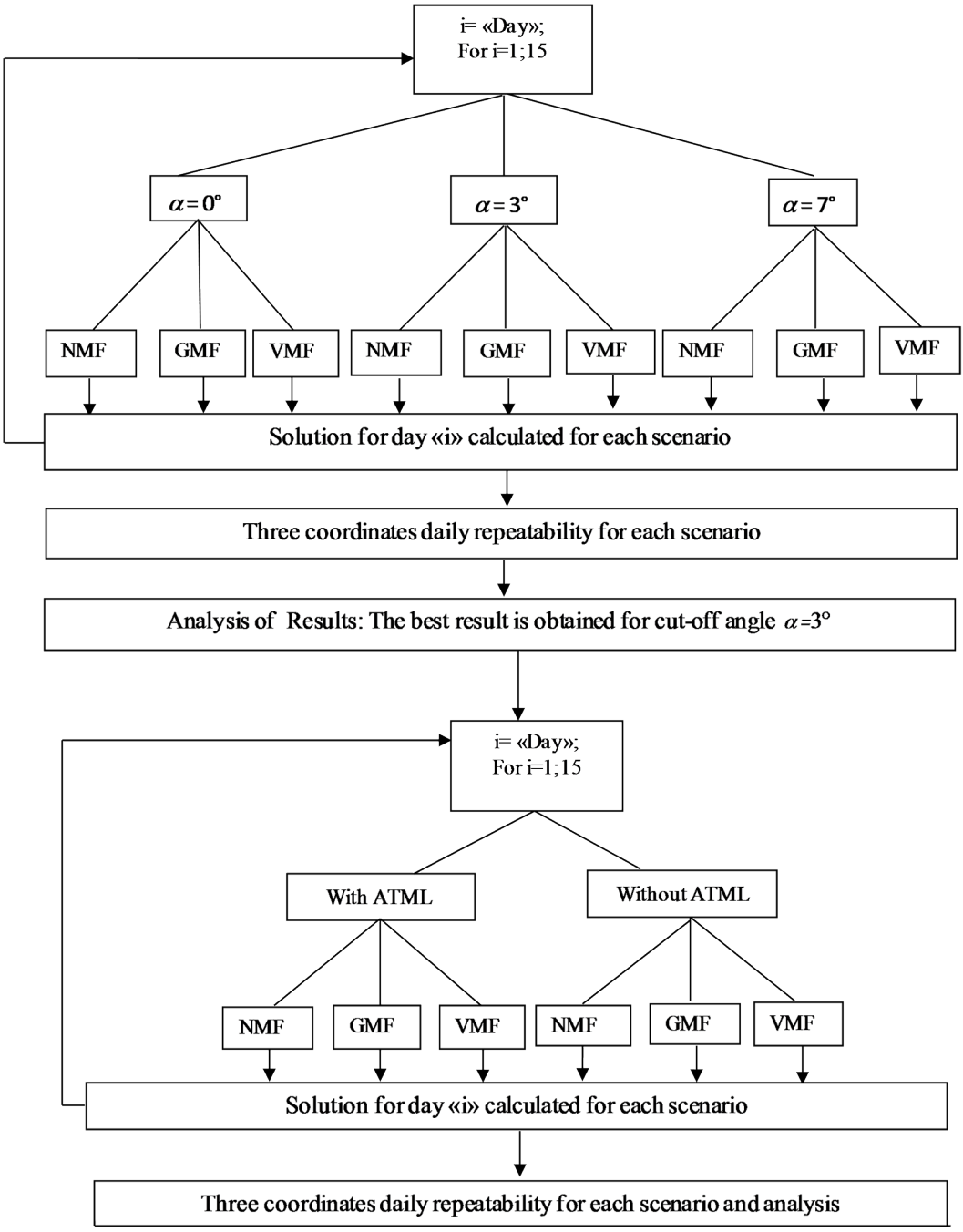


Figure 2: Methodology used in the research.

4.2.1 Evaluation of tropospheric mapping functions under different elevation cut-off angles

This initial experimental phase systematically assessed the impact of various elevation cut-off angles on the performance of different tropospheric mapping functions. This comprehensive evaluation is outlined in the upper part of Figure 2, aiming to identify the optimal configuration for subsequent processing.

Specifically, we investigated three cut-off angles (0°, 3°, and 7°) in combination with three widely used mapping functions: VMF1, GMF, and NMF. For each scenario, defined by a unique combination of a cut-off angle and a mapping function, 15 days of GNSS data were processed. The daily repeatability of the three coordinates (North, East, Up) was computed for each scenario, serving as the primary performance metric to assess solution stability and accuracy. The analysis of these results, as depicted in the first part of Figure 2, consistently demonstrated that the optimal performance was obtained with a cut-off angle of 3°.

4.2.2 Impact of the combined use of ATML with the mapping functions

Following the initial optimization phase, the second key objective of this study was to assess the specific impact of ATML on the consistency of GNSS solution results. This section details the methodology employed to integrate ATML corrections considering three different mapping functions (VMF1, GMF and NMF) into our processing workflow and to quantify their effect on solution repeatability, building upon the optimal configuration identified in the preceding phase. This approach is comprehensively illustrated in the lower part of Figure 2.

In this phase, the optimal configuration from the previous phase (3° elevation cut-off angle) is employed. This approach was chosen to isolate the distinct impact of specific combinations of ATML corrections with mapping functions, thus guaranteeing that any observed improvements can be directly linked to the effective pairing of ATML corrections with mapping functions.

This methodology is applied on two GNSS networks located in two different latitude zones (the Mediterranean mid-latitude and the high-latitude zones). For each zone, all three mapping functions (NMF, GMF, and VMF1) were tested with and without the ATML modelling. This allowed for a direct comparison of the performance of each mapping function under different situations, providing a clear assessment of ATML's contribution.

After computing the solutions for each scenario, the daily repeatability of the three coordinates (North, East, Up) was analysed. Repeatability served as a robust indicator for evaluating the consistency and precision of GNSS solutions under various ATML correction strategies.

4.2.3 GNSS data processing

All GNSS data were analysed using the GAMIT/GLOBK software, developed at the Massachusetts Institute of Technology (MIT). Data are processed in 24-hour sessions (from 00:00 to 23:59 UTC) to average out errors such as the effect of day/night alternation on the troposphere and ionosphere, and the effect of geometric variation in the satellite constellation (Leick et al., 2015; Herring et al., 2018). The satellite orbits used in the analysis are the final combined products provided by IGS. Several corrections and models were applied during the processing:

Geometric Offset: The software accounts for the geometric offset between the antenna's position and the satellite's center of mass.

Earth Rotation: Variations in Earth rotation are modelled using parameters provided by the International Earth Rotation and Reference Systems service (IERS).

Tidal Effects: Both lunisolar and polar solid Earth tides are considered. The elastic response to ocean tides is modelled using the FES2004 tidal model.

Ionosphere effect: The Ionosphere-Free combination is used to eliminate the ionospheric effect.

Troposphere modelling: Accurate modelling of tropospheric delay is a key factor influencing GNSS signal accuracy.

For the ZHD, we employed the Saastamoinen a priori model, as implemented in GAMIT, combined with the GPT2 meteorological model to provide pressure, temperature, and humidity parameters. This step corrects for the predictable, pressure-dependent portion of the delay.

The ZWD was estimated with position coordinates and ambiguities. The Piece-Wise Linear (PWL) method, offered by GAMIT, was chosen for ZWD estimation to capture the high spatiotemporal variability of the troposphere, with values estimated hourly to ensure temporal resolution consistent with tropospheric dynamics.

Horizontal gradients, both east west and north-south components were estimated at 2-hours per day. This resolution was selected to better model the azimuthal asymmetry in tropospheric conditions, particularly relevant for precise GNSS applications.

5 TESTS AND RESULTS

5.1 Impact of ZTD Estimation

This section presents the results quantifying the impact of ZTD parameter estimation on GNSS positioning repeatability. Two distinct strategies were compared: one where only the a priori Saastamoinen model was applied (Case 1: Without Estimation), and another where ZTD parameters were estimated every 2 hours along with horizontal tropospheric gradients, utilising the VMF1 mapping function (Case 2: With Estimation). The statistical analysis relies on daily repeatability, quantified by the Weighted Root Mean Square (WRMS), defined in equation 14.

$$WRMS_y = \sqrt{\frac{\frac{n}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\frac{\left(y_i - y\right)^2}{\sigma_i^2}}{\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{\sigma_i^2}}} \tag{14}$$

Table 2 summarizes the WRMS values for the East, North, and Up coordinate components for each station, comparing the two processing cases. The results consistently demonstrate that the estimation of tropospheric parameters (Case 2) leads to a substantial improvement in the repeatability of daily solutions across all stations and components, compared to relying solely on the a priori model (Case 1). This improvement is particularly pronounced for the Up (height) component. For instance, stations like ARZE show a remarkable improve-

ment from 101.65 mm (without estimation) to 8.12 mm (with estimation), EBRE from 153.76 mm to 7.61 mm, and RABT from 84.12 mm to 7.63 mm. While not as pronounced as for the Up component, noticeable improvements are also observed for the East and North components. For example, for station ARZE, East repeatability improves from 23.1 mm to 1.73 mm, and North from 9.78 mm to 3.05 mm.

The results clearly show that the estimation of tropospheric parameters using mapping functions leads to a significant improvement in the repeatability of daily solutions, especially for the Up (height) component, where the repeatability improves, in some cases, from over than one meter to just a few millimetres.

Table 2: WRMS of three components in both cases: with and without ZTD estimation.

Station	None			VMF1		
	U (mm)	E (mm)	N (mm)	U (mm)	E (mm)	N (mm)
ARZE	101.65	23.1	9.78	8.12	1.73	3.05
AJAC	76.81	11.65	10.63	5.14	1.63	2.06
EBRE	153.76	23.17	3.42	7.61	2.63	4.22
GRAC	96.44	13.3	11.85	7.42	2.3	2.6
M0SE	37.16	5.52	12.56	2.73	1.03	1.45
MARS	120.24	19.3	9.53	9.12	1.85	2.99
MELI	41.91	25.93	11.95	4.14	0.97	2.48
NICO	46.45	29.95	13.53	5.27	1.32	3.38
RABT	84.12	28.99	20.03	7.63	1.78	3.15
ROAG	83.15	28.78	17.86	7.56	1.67	2.88

5.2 Impact of elevation cut-off angle

This section presents the results evaluating the impact of the elevation cut-off angle on the performance of the mapping functions, aiming to identify the optimum value for each function. As described in section 4.2.1, three analysis of cut-off angle impact per mapping function.

Figures 3, 4 and 5 illustrate the WRMS of the stations height component for NMF, GMF and VMF1 mapping function, respectively. We can see that:

For NMF**,** a 3° cut-off angle generally produced better repeatability than 7°. At station ARZE, the WRMS for 3° is 7.04 mm compared to 9.72 mm for 7°, representing a discrepancy of approximately 2.68 mm. Similar improvements are observed at stations like MARS (WRMS 6.34 mm at 3° vs 8.94 mm at 7°) and RABT (WRMS 6.43 mm at 3° vs 8.56 mm at 7°). The 0° angle consistently yields higher WRMS values across all stations.

The results for GMF show very similar repeatability performance between the 3° and 7° cut-off angles. For example, for station ARZE, the Up component WRMS is 7.27 mm at 3° and 7.25 mm at 7°, suggesting that a lower (3°) mask provides comparable performance to a higher one (7°) for this specific mapping function. The 0° angle again leads to degraded performance.

VMF1 demonstrated slightly better performance with a 7° cut-off angle compared to the 3° angle. For example, at station ARZE, the Up component WRMS is 7.18 mm at 7° compared to 7.26 mm at 3°. The 0° angle also shows inferior quality for VMF1.

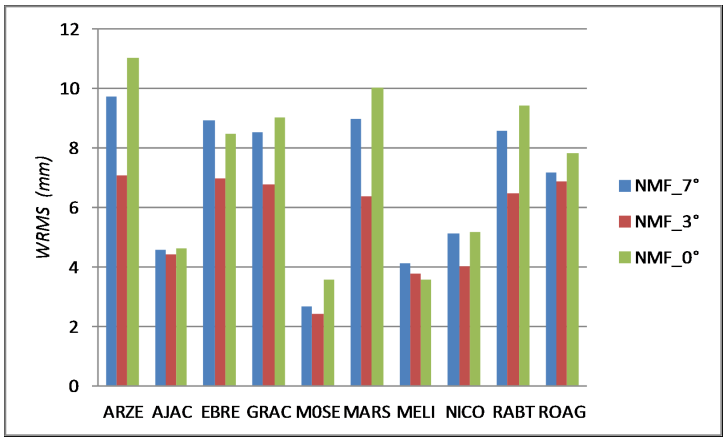


Figure 3: WRMS of vertical component in the case of NMF function and elevation cut-off angles of 0°, 3° and 7°.

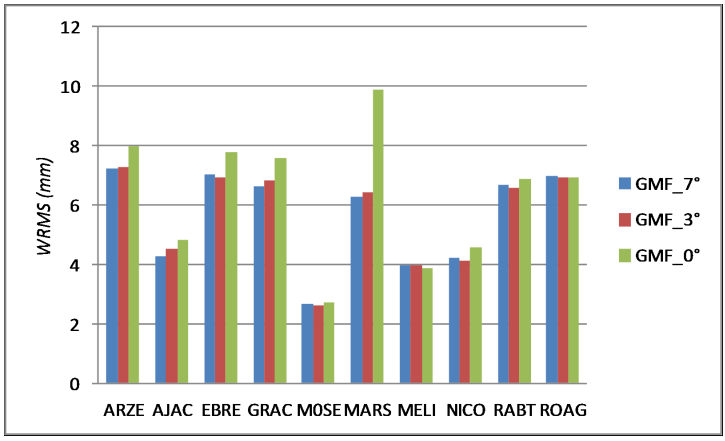


Figure 4: WRMS of vertical component in the case of GMF function and elevation cut-off angles of 0°, 3°and 7°.

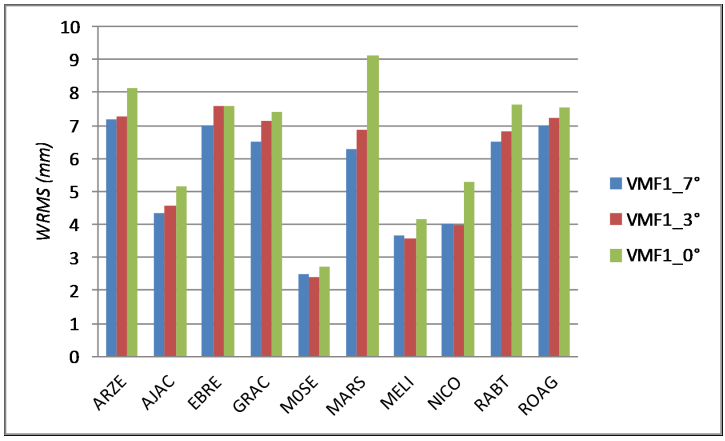


Figure 5: WRMS of vertical component in the case of VMF function and elevation cut-off angles of 0°, 3° and 7°.

5.3 Impact of mapping functions according to geographical area

To assess how mapping function performance varies with geographical location, we analysed data from two distinct regions: a network of ten GNSS stations in the Mediterranean and a second network comprising eight stations situated in a high-latitude area (see Figure 1). Basing on the previous results, an optimal cut-off angle of 3° was applied in this analysis. In this section, the ATML corrections were not applied.

Mediterranean Region

Table 3 summarises the WRMS values for the three components in the Mediterranean region relating to the GMF, NMF, and VMF1 mapping functions. The following observations can be made:

The repeatability of the solutions is consistently millimetric across all three mapping functions, demonstrating very stable and homogeneous performance. The discrepancies between them are sub-millimetric, indicating extremely similar results regardless of the function used in this region.

The analysis of the WRMS values clearly differentiates the performance across the Up component and the horizontal (North and East) components. As is typical in geodetic applications, the Up component exhibits significantly larger WRMS values for all mapping functions, reflecting its heightened sensitivity to atmospheric delays. WRMS values for Up component frequently exceed 4 mm and can reach over 7 mm (e.g., at ARZE), whereas horizontal components typically remain below 3 mm, except for EBRE station where the WRMS reaches a maximum of 4.26 mm. In most stations, GMF and NMF yield similar results, with slightly better repeatability for NMF. However, the VMF1 function provides lower quality results.

In contrast, the North and East components consistently show much smaller WRMS values, indicating higher precision in horizontal positioning especially for NMF and VMF1.

Table 3: Summary of WRMS of (N, E and U) components in the case of NMF, GMF and VMF1in Mediterranean region

Station	Component U (mm)			Component N (mm)			Component E (mm)		
	NMF	GMF	VMF1	NMF	GMF	VMF1	NMF	GMF	VMF1
ARZE	7.04	7.27	7.26	1.79	1.97	1.74	2.77	3.05	2.84
AJAC	4.4	4.53	4.57	1.45	1.52	1.51	1.87	2.03	1.9
EBRE	6.97	6.92	7.6	2.51	2.24	2.5	4.16	4.26	4.05
GRAC	6.74	6.85	7.13	1.98	2.02	2.04	2.17	2.16	2.33
MOSE	2.42	2.6	2.4	0.93	0.97	0.94	1.22	1.21	1.24
MARS	6.34	6.45	6.88	1.77	2.08	1.76	2.88	2.67	2.85
MELI	3.75	3.98	3.59	0.91	1.02	0.93	2.3	2.51	2.23
NICO	4.01	4.14	3.99	1.05	1.11	1.04	2.58	2.72	2.59
RABT	6.43	6.57	6.83	1.74	1.92	1.72	2.87	2.9	2.79
ROAG	6.83	6.92	7.25	1.64	1.75	1.56	2.63	2.79	2.67

High-Latitude Region

Table 4 presents the WRMS values for three components (Up, North, and East) in the high-latitude region. A detailed examination of this table reveals the following key observations:

The repeatability in the high-latitude network shows a wider range, from 1 mm to 12 mm across individual stations. In addition to this variability between stations, the repeatability derived from the use of the three mapping functions (NMF, GMF and VMF1) is slightly uneven in this region.

For the Up component, which is highly sensitive to atmospheric delays, GMF generally demonstrates strong performance in reducing WRMS values. Notably, GMF improved repeatability by about 30 % at TRO1 compared to NMF and VMF1.

In the horizontal (North and East) components, which inherently show higher precision, GMF frequently emerges as the standout performer with significant gains, except for NYA1 station where VMF1 provide better performance. For the North component, KIRU showed an exceptional 54.7% improvement with GMF over NMF and 65.81 % improvement over VMF1. Overall, GMF appears more effective at improving horizontal components.

Table 4: Summary of WRMS (N, E and U) components in the case of NMF, GMF and VMF1 functions in high latitude region.

Station	Component U (mm)			Component N (mm)			Component E (mm)		
	NMF	GMF	VMF1	NMF	GMF	VMF1	NMF	GMF	VMF1
KIRU	5.11	4.71	4.70	2.65	1.20	3.51	1.59	1.45	1.79
MAR6	0.83	0.73	0.78	0.48	0.49	0.52	0.75	0.64	0.73
MET3	11.15	10.8	10.43	1.17	1.25	1.27	1.67	1.56	1.92
NYA1	12.00	11.49	10.78	4.80	3.55	5.79	4.00	3.87	3.10
ONS1	1.10	0.82	0.89	1.15	0.84	1.07	0.80	0.73	0.82
SOD3	7.60	7.88	7.85	1.88	1.59	1.47	2.10	1.98	2.15
TRO1	1.60	1.13	1.67	2.21	1.59	2.67	0.80	0.65	0.72
VIS0	7.60	6.39	7.50	1.43	1.18	1.34	1.20	1.10	1.25

5.4 Impact of atmospheric pressure loading

This section presents the results evaluating the effect ATML corrections on GNSS solution repeatability. The analysis focuses exclusively on the Up component, as it is the most significantly affected by atmospheric loading effects. This assessment was performed by examining the repeatability of GNSS solutions processed with and without ATML corrections for each mapping function (GMF, NMF, VMF1), building upon the optimal configurations previously determined.

Figure 6 presents the WRMS values of the vertical component for three mapping functions—GMF, NMF, and VMF1—in the Mediterranean region, both with and without ATML correction. The results show that:

- For the VMF1 function, the repeatability indicated by the WRMS parameter showed a slight improvement after correcting for the ATML effects, particularly at the GRAC and RABT stations, where the WRMS values were respectively 7.11 mm and 6.85 mm without correction, and 6.35 mm and 5.9 mm after correction, which corresponds to an average improvement of 12%.
- For the GMF function, the correction for the ATML effect degrades the quality of the repeatability, especially at the ARZE, AJAC and ROAG stations where the WRMS values of 7.25 mm, 4.54, and 6.88 mm without correction were respectively increased to 8.0 mm, 5.2 and 7.65 mm after correction. This corresponds to a deterioration of 12%.

– For the NMF function, the use of ATML correction slightly degraded repeatability, particularly at the MARS, EBRE, and GRAC stations.
– The best configuration is VMF1 with ATML correction.

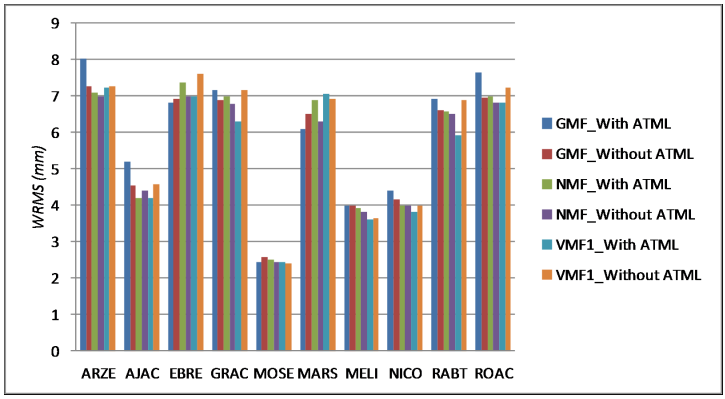


Figure 6: WRMS on the vertical component in the case of GMF, NMF and VMF1 with and without the ATML correction (Mediterranean region).

The same analysis was conducted for the network located in high latitude region. Figure 7 presents the WRMS of the vertical component for GMF, NMF and VMF1 with and without the ATML correction. We can see clearly that:

The application of ATML correction reduces WRMS for the majority of stations, demonstrating its role in stabilising GNSS solutions. Usually, when comparing mapping functions, VMF1 often show superior performance to NMF and GMF.

Stations MAR6, ONS1 and TRO1 stand out with inherently very good repeatability (WRMS around 0.8 mm), where differences between scenarios are minimal, but the favourable trend towards the use of ATML with VMF1 or GMF is maintained. The VMF1/ATML and GMF/ATML combinations generally offer the best performance, with slightly better results for VMF1/ATML.

Poor WRMS values (11-12 mm) at stations NYA1 and MET3 are a result of imprecise daily solutions, which in turn are caused by the low quality of the raw observations.

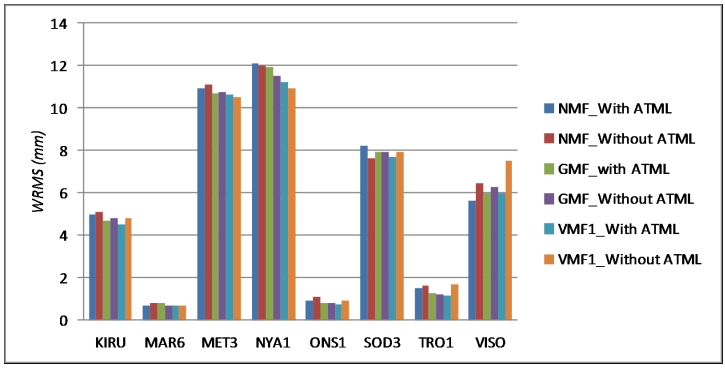


Figure 7: WRMS of the vertical component in the case of GMF, NMF and VMF1 with and without the ATML correction (High latitude region).

In summary, consistent with the earlier findings for the Mediterranean region, combining VMF1 with ATML correction proves to be a highly suitable option that enhances the accuracy of GNSS solutions. While its impact may not be significant across all stations or conditions, it however confirms its usefulness in high-precision geodetic applications.

6 CONCLUSION

This study investigated the impact of tropospheric modelling and atmospheric pressure loading on GNSS daily positions repeatability across two distinct geographical regions. The analysis, conducted using networks in Mediterranean and high-latitude environments, yielded several significant findings that advance our understanding of atmosphere modelling in high-precision GNSS applications.

The obtained results confirm the substantial benefits of estimating ZTD parameters in GNSS data processing. Estimating ZTD alongside horizontal gradients significantly improves the repeatability of daily GNSS positions, particularly for the Up component where errors can be reduced from over one meter to just a few millimetres. This gain underlines the limitations of relying solely on a priori models and emphasizes the necessity of tropospheric parameters estimation, especially in high-precision geodetic applications.

Moreover, the choice of elevation cut-off angle influences the repeatability of positions depending on the mapping function applied. A 3° cut-off angle generally provides better or equivalent results compared to 7°, while 0° systematically degrades performance, regardless of the used mapping function.

Geographical variability also influences mapping function performance. In the Mediterranean region, mapping functions yield nearly equivalent, millimetric-level performance, with slight advantages for NMF in vertical components and for VMF1 and NMF in horizontal ones. Conversely, in high-latitude regions, results vary more from station to station, with the GMF function proving to be the most effective for vertical and horizontal components in many cases, although some stations are exceptions and highlight the influence of local conditions and data quality. Nevertheless, incorporating ATML corrections proved beneficial, especially when used with the VMF1 mapping function. In the Mediterranean region, VMF1 combined with ATML correction provided up to 12% improvement in vertical repeatability, while GMF and NMF sometimes showed degraded performance under ATML corrections. In the high-latitude region, the inclusion of ATML corrections generally led to improved repeatability, with VMF1/ATML and GMF/ATML combinations yielding the most consistent enhancements, particularly at well-performing stations. The ATML corrections, particularly when combined with VMF1, yield the best overall performance, even though their impact may slightly vary depending on station-specific factors. This synergy confirms the importance of an integrated approach combining advanced mapping functions with atmospheric corrections, demonstrating that comprehensive tropospheric modelling requires consideration of multiple atmospheric effects simultaneously.

This analysis was based on specific time periods and seasonal conditions (15-day data analysis). Future studies should investigate the temporal stability of these findings across multiple years and varying seasonal conditions. Long-term analysis would provide insights into the consistency of optimal strategies and identify potential seasonal optimisation requirements. In addition, the superior performance of VMF1, which utilises numerical weather model data, suggests potential for further integration with high-resolution

meteorological models. Future research could explore the use of more sophisticated atmospheric models to enhance tropospheric delay modelling accuracy. Furthermore, as GNSS constellations continue to expand with systems like Galileo, BeiDou, and regional augmentation systems, future research should investigate how these tropospheric modelling strategies perform across different signal frequencies and constellation geometries. The increased observation redundancy may modify the preferences of optimal combinations of atmospheric modelling identified in this study.

References

Bevis, M., Businger, S., Chiswell, S., Herring, T., Anthes, R., Rocken, C., and Ware, R. (1994). GPS Meteorology: Mapping zenith wet delays onto precipitable water. Journal of Applied Meteorology, 33, 379-386.

Böhm, J., Niell, A., Tregoning P., Schuh, H. (2006a). Troposphere mapping functions for GPS and VLBI from European Centre for Medium-Range Weather Forecasts operational analysis data. J Geophys Res 111: B02406. DOI: https://doi.org/10.1029/2005JB003629.

Böhm, J., Niell, A., Tregoning, P., & Schuh, H. (2006b). Global Mapping Function (GMF): A new empirical mapping function based on numerical weather model data. Geophysical Research Letters, 33(7), L07304.

Böhm, J., Heinkelmann, R., and Schuh, H. (2007). Short note: a globalmodel of pressure and temperature for geodetic applications, Journal of Geodesy, 81, 679–683.

Böhm J., Schuh, H. (2013). Atmospheric Effects in Space Geodesy. Springer Atmospheric Sciences. Springer. ISBN 9783642369322.

Caiya, Y., Yamin, D., Changhui, X., Shouzhou, G., & Huayang, D. (2020). Effects and correction of Atmospheric pressure loading deformation on GNSS reference stations in Mainland China. Mathematical Problems in Engineering, 2020, 4013150. DOI: https://doi.org/10.1155/2020/4013150

Davis, J. L., Herring, T. A., Shapiro, I. I., Rogers, A. E. E., and Elgered, G. (1985). Geodesy by radio interferometry: effects of atmospheric modeling errors on estimates of baseline length. Radio Sciences., 20, 1593-1607.DOI : http://doi: 10.1029/RS020i006p01593.

Dach, R., Böhm, J., Lutz, S., Steigenberger, P., & Beutler, G. (2011). Evaluation of the Impact of Atmospheric Pressure Loading Modeling on GNSS Data Analysis. Journal of Geodesy, 85(2), 75–91. DOI: https://doi.org/10.1007/s00190-010-0417-z

El-Rabbany, A. (2002). Introduction to GPS: The Global Positioning System. Artech House, Boston, 176 p.

Fernandes, M. J., Lázaro, C., Ablain, M., & Pires, N. (2015). Improved wet path delays for all ESA and reference altimetric missions. RemoteSensing of Environment, 169, 50–74.

Fernandes, M. J., & Lázaro, C. (2016). GPD+ Wet tropospheric corrections for CryoSat-2 and GFO altimetry missions. Remote Sensing, 8(10), 851. DOI : https://doi.org/10.3390/rs8100851.

Herring, T. A., King, R. W., & McClusky, S. C. (2018). GAMIT Reference Manual: GPS Analysis at MIT – Release 10.7. Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences, Massachusetts Institute of Technology.

Hopfield, H. S. (1969). Two-quartic tropospheric refractivity profile for correcting satellite data. Journal of Geophysical Research, 74(18), 4487-4499.

Kos, T., Botinčan, M., Dlesk, A. (2009). Mitigating GNSS Positioning Errors due to Atmospheric Signal Delays. Pomorstvo. Journal of Maritime Studies, 23, 495-513.

Landskron, D., Böhm, J. (2018). VMF3/GPT3: refined discrete and empirical troposphere mapping functions. J Geod 92, 349–360. DOI : https://doi.org/10.1007/s00190-017-1066-2.

Leick, A., Rapoport, L., & Tatarnikov, D. (2015). GPS Satellite Surveying. (4th ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons. ISBN: 978-1-119-01849-1.

Luo, S. C. (2001). The model of evaluating precisions for atmospheric loading respond corrections, Geomatics and Information Science of Wuhan University. 3, 217–221.

Makabayi, B., Hunegnaw, A. (2015) Analysis of the accuracy of GMF, NMF, and VMF1 mapping functions with GPT 50 a priori zenith constraint in Tropospheric delay modelling, International Journal of Technoscience and Development, vol 2, Issue 1, Research Division of Technoscience Studies at Blekinge Institute of Technology.

Niell, A.E. (1996). Global mapping functions for the atmosphere delay at radio wavelengths,JGR, Vol. 101, No. B2, 3227-3246.

Namaoui, H. (2022). Evaluation of ERA5 reanalysis atmospheric water vapor variation in Algeria Geodetski Vestnik 66(03):403-411.

Petrov, L., Boy, J. P. (2004). Study of the atmospheric pressure loading signal in VLBI observations. Journal of Geophysical Research. DOI : https://doi.org/10.1029/2003JB002500

Rabbel, W. and Zschau, J. (1985). Static deformations and gravity changes at the earth's surface due to atmospheric loading, Journal of Geophysics. (1985) 56, no. 2, 81–89.

Saastamoinen, J. (1972). Atmospheric correction for the troposphere and stratosphere in radio ranging of satellites. In: Henriksen SW etal. (eds) The use of artificial satellites for geodesy, vol 15. AGU,Washington, 247–251.

Tesmer, V., Boehm, J., Heinkelmann, R. (2007). Effect of different tropospheric mapping functions on the TRF, CRF and position time-series estimated from VLBI. J Geod 81, 409–421.DOI: https://doi.org/10.1007/s00190-006-0126-9.

Thayer, D. (1974). An improved equation for the radio refractive index of air. Radio Sciences., 9, 803– 807.

Torres, B., Cachorro, V. E., Toledano, C., Ortiz de Galisteo, J. P., Berjón, A., de Frutos, A. M., Bennouna, Y., and Laulainen, N. (2010). Precipitable water vapor characterization in the Gulf of Cadiz region (southwestern Spain) based on Sun photometer, GPS, and radiosonde data. J. Geophys. Res., 115. DOI: https://doi.org 10.1029/2009JD012724.

Tregoning, P., van Dam, T.M. (2005). Atmospheric pressure loading corrections applied to GPS data at the observation level. Geophysical Research Letters 322(22). DOI: https://doi.org/10.1029/2005GL024104

Tuka, A, El-Mowafy, A. (2013). Performance evaluation of different troposphere delay models and mapping functions. Measurement 46(2):928–937.

DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.measurement.2012.10.015

Urquhart, L., Nievinski, F.G. & Santos, M.C. (2014). Assessment of troposphere mapping functions using three-dimensional ray-tracing. GPS Solut 18, 345–354 . DOI :https://doi.org/10.1007/s10291-013-0334-8

Van Malderen, R., and Coauthors. (2014). A multi-site intercomparison of integrated water vapour observations for climate change analysis. Atmospheric Measurement Techniques, 7, 2487—2512. DOI: https://doi.org 10.5194/amt-7-2487-2014.

van Dam, T.M., Blewitt, G., and Heflin, M. (1994). Detection of atmospheric pressure loading using the Global Positioning System, Journal of Geophysical Research. 99:23,939-23,950. DOI: https://doi.org/10.1029/94JB02122.

https://vmf.geo.tuwien.ac.at/trop_products/GNSS/VMF1/

Dekkiche H., Namaoui H., Bouaoula W., Bedjaoui Y., Bensttila K. (2025). Impact of tropospheric modelling and atmospheric pressure loading on GNSS position repeatability. Geodetski vestnik, 69 (4), 554-573.
DOI: https://doi.org/geodetski-vestnik.2025.04.554-573

Hicham Dekkiche
Algerian Space Agency, Center of space techniques
BP13, Arzew , Oran 31200
e-mail: hdekkiche@cts.asal.dz

Houaria Namaoui
Algerian Space Agency, Center of space techniques
BP13, Arzew ,Oran 31200
e-mail: hnamaoui@cts.asal.dz

Walid Bouaoula
Algerian Space Agency, Center of space techniques
BP13, Arzew ,Oran 31200
e-mail: wbouaoula@cts.asal.dz

Yasser Bedjaoui
Algerian Space Agency, Center of space techniques
BP13, Arzew ,Oran 31200
e-mail: yasserbedjaoui990@gmail.com

Karim Benstila
Algerian Space Agency, Center of space techniques
BP13, Arzew ,Oran 31200
e-mail: benskarim30@gmail.com

RECENZIRANI ČLANKI | PEER-REVIEWED ARTICLES

Primerjava količine TEC (vsebnost elektronov v stolpcu zraka) nad Evropo v letih sončnega minimuma in maksimuma (2020 in 2024)

Comparison of Total Electron Content Sources Over Europe During Solar Minimum and Maximum Years (2020 and 2024)

Stefan Krstić, Miljana Todorović-Drakul, Sanja Grekulović, Dušan Petković, Oleg Odalović

UDK: 537.533.8(4)
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.01
Prispelo: 21. 2. 2025
Sprejeto: 10. 9. 2025

DOI: 10.15292/geodetski-vestnik.2025.04.574-593
SCIENTIFIC ARTICLE
Received: 21. 2. 2025
Accepted: 10. 9. 2025

SI | EN

IZVLEČEK

V članku smo predstavili primerjavo količine TEC (total electron content oziroma vsebnost elektronov v stolpcu zraka), pridobljene iz različnih virov: ionosond, modela IRI, modela NeQuick in globalnih navigacijskih satelitskih sistemov (GNSS). Študija je bila izvedena na več lokacijah, enakomerno razporejenih po vsej Evropi. Za leti 2020 in 2024 smo analizirali vrednosti TEC iz navedenih virov, in sicer za šest dni v letu. V raziskavi smo ugotovili, da ionosonde na splošno proizvajajo najmanjše vrednosti TEC. Podatki GNSS zagotavljajo TEC z najvišjimi vrednostmi v mirnih obdobjih, medtem ko model NeQuick ustvari najvišje vrednosti, ko se Sončeva in geomagnetna aktivnost povečata. Primerjava korelacijskega koeficienta dnevnih sprememb TEC iz različnih virov kaže na veliko podobnost. Glede na pridobljene vrednosti RMS iz razlik v TEC smo ugotovili, da več virov TEC daje vrednosti z zadovoljivo stopnjo skladnosti po vsej Evropi. Skladnost je okrog nekaj enot TECU v solarnem minimumu in znotraj 10 enot TECU v solarnem maksimumu. TEC iz modelov IRI in NeQuick sta zelo skladna v obeh Sončevih obdobjih. V obdobju solarnega minimuma so nekoliko večja odstopanja med TEC iz ionosond in tistimi iz modela NeQuick ter GNSS, medtem ko druge razlike ostajajo majhne. V obdobju solarnega maksimuma ionosonde in model NeQuick kažejo največje razlike in variacije.

KLJUČNE BESEDE

vsebnost elektronov v stolpcu zraka (TEC), GNSS, IRI, NeQuick, iosonda

ABSTRACT

In this paper, we present a comparison of Total Electron Content (TEC) obtained from various sources: ionosondes, the IRI model, the NeQuick model, and Global Navigation Satellite Systems (GNSS). The study was conducted at multiple locations distributed evenly throughout Europe. We analyzed TEC values from the aforementioned sources during six days per year for 2020 and 2024. In our research, we found that ionosondes generally yield the lowest estimated TEC values. GNSS data provide TEC with the highest values during quiet periods, while the NeQuick model generates the highest values when solar and geomagnetic activity increases. Based on the correlation coefficient, diurnal variations in TEC from different sources showed significant similarities. Focusing on RMS (root mean square) values of TEC differences, we discovered that several TEC sources produce TEC with a satisfactory level of consistency across Europe. Consistency is several TECU during the solar minimum and within 10 TECU during the solar maximum. TEC from the IRI and NeQuick models is highly consistent at both solar periods. During the solar minimum period, there are slightly larger discrepancies between TEC from ionosondes and those from the NeQuick model and GNSS, while other differences stay small. During the solar maximum period, ionosondes and the NeQuick model show the largest differences and variations.

KEY WORDS

Total Electron Content (TEC), GNSS, IRI, NeQuick, ionosonde

1 INTRODUCTION

The ionosphere is a part of Earth's atmosphere that begins approximately 50 km above the Earth's surface and extends beyond 1000 km. The ionospheric layer is distinguished by a significant concentration of free electrons and ions, formed through the ionization of neutral particles by intense ultraviolet radiation from the Sun and by collisions with energetic particles that penetrate the atmosphere (Schunk & Nagy, 2009). The ionosphere is categorized into several layers based on electron density distribution with altitude: D (50–90 km), E (90–140 km), and F (above 140 km). The F layer splits into the regions F1 (140–200 km) and F2 (200–1000 km) during the day. The maximum electron density can be found in the F2 layer, whereas the D layer contains a much smaller number of free electrons (Xu et al., 2021).

The ionosphere causes one of the largest errors in positioning using Global Navigation Satellite Systems (GNSS) (Hoque & Jakowski, 2008). For the radio waves that are used within GNSS technology, the ionosphere is a dispersive medium. The ionosphere's impact on GNSS signals and other electromagnetic waves mostly depends on the number of free electrons present in it (Klobuchar, 1991). The factor that represents its quantity at a certain location is the Total Electron Content (TEC). The TEC is influenced by the solar activity, diurnal and seasonal variations, and the Earth's magnetic field (Hofmann-Wellenhof et al., 2008). We use the acronym VTEC (vertical TEC) to emphasize that it pertains to the zenith direction (Hernández-Pajares et al., 2009). TEC is generally expressed in TEC Units (TECU), where 1 TECU = 10^{16} electrons per m^2. Determining TEC and developing ionospheric models can greatly enhance the accuracy of single-frequency positioning techniques by mitigating ionospheric delay.

Various instruments can be used to determine TEC at a specific location. Ionosondes, as instruments for researching the ionosphere, are among them (Klipp et al., 2020). Along with that, we analyzed TEC values derived from GNSS measurements (Ciraolo et al., 2007; Seemala, 2023). The complexity of the ionosphere has led to several methodologies for its modeling. To attain simplicity, some of the models have been restricted to specific altitude or latitude ranges, while others have been restricted to certain ionospheric parameters, such as TEC (Memarzadeh, 2009). Various ionospheric models represent the ionosphere based on diverse data sets. Certain data sets have been collected using the previously mentioned equipment; however, additional data have been applied. We used the IRI (Bilitza et al., 2022) and NeQuick (Nava et al., 2008) models to compute TEC values.

Many researchers (Ameen et al., 2019; Atıcı, 2018; Chen et al., 2020; Guo et al., 2021; Kayode et al., 2024; Odeyemi et al., 2018; Yasyukevich et al., 2023) have studied and evaluated the performance of various TEC sources across numerous geographical locations and under different circumstances. Here, we compared TEC sources across several European sites through the years 2020 and 2024. The study by Todorović Drakul et al. (2021) examines TEC values from the IRI and NeQuick models and compares them with values from GNSS measurements over the Balkan Peninsula in 2019 during periods of higher solar . The TEC values derived from the IRI and NeQuick models showed discrepancies from GNSS TEC values for several TECU.

In this study, we used the following TEC sources: ionosonde, IRI model, NeQuick model, and GNSS observations. We analyzed and compared TEC values from the mentioned sources at six locations spread across Europe (one location each in Norway, the United Kingdom, the Czech Republic, Italy, Greece, and Spain). The analysis performed focuses on the years 2020 and 2024. The year 2020 marks the beginning

of the 25th solar cycle, characterized by the solar minimum phase. Conversely, the year 2024 is significant because it is close to the solar maximum phase of the 25th solar cycle. We selected the equinoxes and solstices of both years as occasions when the Sun and Earth significantly change their relative positions. In addition, we identified two additional days in each of these years characterized by interesting solar and geomagnetic conditions. In 2020, we chose two days characterized by minimal solar and geomagnetic activity, while in 2024, we selected two days marked by extremely high solar and geomagnetic activity. In our research, we examined the absolute TEC levels of each source and their temporal variations. We identified noteworthy trends in absolute TEC levels from different sources. Initially, we created differences among each TEC source at all specified locations and dates for purposes of comparison. We calculated several statistical parameters to analyze the TEC differences based on the data. By focusing on the root mean square (RMS) of the resulting TEC discrepancies, we reached conclusions regarding the matching of TEC values between each pair of sources. From the obtained average RMS values and their deviations, we also gained insight into the magnitude of the differences and their consistency.

2 TEC SOURCES ANALYZED

Since this paper compares the values of vertical TEC derived by applying ionosonde, GNSS technology, the IRI model, and the NeQuick model, the individual sources of TEC used in the work will be briefly described below.

2.1 Application of Ionosonde

An ionosonde, or ionospheric sounder, is a radar device intended to study the Earth's ionosphere, with its development commencing in the 1920s. Modern digital ionosondes (digisondes) are used to gather high-resolution data on the ionosphere, enabling real-time monitoring of ionospheric conditions. These instruments use high-frequency (HF) radio waves. The ionosonde operates by emitting short radio pulses of varied frequencies vertically. The generated pulses travel to the ionosphere, where its layers reflect them. We then monitor the return signals to determine these layers' virtual heights based on the radio waves' travel time (Schunk & Nagy, 2009).

Data from the ionosonde generates an ionogram, a graph that shows the virtual height of the ionosphere as a function of frequency, allowing for the assessment of the Earth's ionospheric state and the alterations occurring within it. The ionogram may be analyzed either manually or automatically using suitable software. The ionogram allows for the derivation of the vertical profile of electron density. The TEC above the ionosonde is calculated by integrating the acquired electron density concerning altitude (Klipp et al., 2020).

The Global Ionospheric Radio Observatory (GIRO) provides data collected by ionosondes. GIRO is a multinational project whose goal is to collect and distribute data on the ionosphere obtained by sondes using HF signals, which are distributed around the world (Galkin & Reinisch, 2011). GIRO includes three main components (Reinisch & Galkin, 2011):

1. The network of ionosondes,
2. Two main databases (DIDBase and DriftBase), and
3. Software that enables automated data analysis and generates advanced outputs for end users.

For the purposes of this work, GIRO services were used to automatically obtain TEC from ionograms stored in the DIDBase (Digital Ionogram Data Base). Services that derive the relevant data from the ionogram can be accessed using the web address https://giro.uml.edu/didbase/scaled.php.

2.2 Application of GNSS Technology

The ionosphere significantly impacts positioning via GNSS technology (Hofmann-Wellenhof et al., 2008). Therefore, for precise positioning, it is necessary to model the ionospheric influence (Memarzadeh, 2009). However, by applying the inverse approach, it is possible to determine the influence of the ionosphere on the signals emitted by the GNSS satellites using GNSS observations. Since the influence of the ionosphere on GNSS signals primarily depends on the TEC, determining this influence allows the estimation of the unknown TEC. On this occasion, the dispersiveness of the ionosphere is used as the medium of propagation of electromagnetic waves. Due to the dispersive nature of the ionosphere, ionospheric influences on GNSS signals depend on the value of their frequencies.

GNSS technology determines pseudoranges by measuring the time signal from the satellite to the receiver through code and phase measurements. The ionosphere causes a time delay in the signal emitted at frequency f, given by the formula (Cooper et al., 2019; Davies, 1990; Hargreaves, 1992; Sardón et al., 1994):

$$\delta t = \frac{40.3}{c \cdot f^2} TEC, \tag{1}$$

where c is the speed of light in the vacuum, while constant 40.3 is expressed in units $\frac{m^3}{s^2}$.

Using GNSS observations at two frequencies (f_1 and f_2) and utilizing the dispersiveness of the ionosphere, we derive a formula for the TEC as a function of the differences in signal time delays ($\Delta t = \delta t_2 - \delta t_1$):

$$TEC = \frac{c \cdot \Delta t}{40.3} \cdot \frac{f_1^2 \cdot f_2^2}{f_1^2 - f_2^2}. \tag{2}$$

Both code and phase GNSS measurements are used to determine signal time delay differences in an unambiguous and precise way. In this method of estimating TEC, corrections for Differential Code Biases (DCB) are applied to eliminate the influence of hardware delays of satellite and receiver signals (more in (Ciraolo et al., 2007; Dach et al., 2015; Memarzadeh, 2009)).

The TEC obtained using this technique is slant TEC (STEC); however, by applying the suitable mapping function $F(z)$, which depends on the satellite zenith angle, we can determine VTEC (Foelsche & Kirchengast, 2002; J. Klobuchar, 1987; Schaer, 1999; Wu et al., 2021; Xiang & Gao, 2019):

$$VTEC = \frac{STEC}{F(z)}. \tag{3}$$

In this approach, the most common model is the single-layer ionosphere at a height of 350 km.

To determine the TEC values, the GNSS data were processed using the *GPS-TEC analysis* software developed by Gopi Seemala (currently employed at the Indian Institute of Geomagnetism). The software was downloaded in its latest version, 3.5, from the website https://seemala.blogspot.com/. This

software is reliable, accessible, and aligned with widely accepted ionospheric data processing standards. The algorithm employed in the development of this program is described in (Seemala, 2023). This reference provides comprehensive information regarding the procedure of deriving TEC from raw GNSS measurements. It also explains how to handle and apply DCB corrections for both satellites and receivers and how to convert slant TEC to vertical TEC using the thin-shell model and the related geometric mapping function. Other key processing steps, such as elevation angle filtering and data formatting, are also fully documented in the same source.

2.3 IRI Model

The IRI model is being developed as a standard ionosphere model as part of the International Reference Ionosphere (IRI) project. The Committee on Space Research (COSPAR) and the International Union of Radio Science (URSI) provide the IRI working group for its development. The IRI model is recognized as the official standard for the Earth's ionosphere by the International Organization for Standardization (ISO), the International Union of Radio Science, the Committee on Space Research, and the European Cooperation for Space Standardization, leading to its wide application in science, engineering, and education. This is an empirical (data-based) model that provides the main ionospheric parameters based on a long history of observations of the ionosphere from both space and the ground (Bilitza et al., 2022).

The IRI model is continuously developed and improved yearly, utilizing many global data sources, including information from ionosondes, terrestrial radar systems, and satellites. The current version is IRI-2020. The reliability of the IRI as an empirical model depends on the spatial and temporal coverage of the underlying datasets. A high data availability at mid latitudes ensures good accuracy; however, performance degrades in places at high and low latitudes when data availability is not comparable to that at mid latitudes. The Northern Hemisphere has a far denser network of stations, which impacts model accuracy. The development of the IRI model is described in detail in the report (Bilitza, 1990), while (Bilitza et al., 2022) discuss the most recent version of the model. A compilation of special publications presenting progress in the IRI model development process is available at https://irimodel.org/docs/asr_list.html.

The results used in this work represented as TEC derived from the IRI model were provided by the Community Coordinated Modelling Center (CCMC) at the Goddard Space Flight Center through their publicly available services (https://ccmc.gsfc.nasa.gov). The IRI-2020 model, created by the IRI working group, was applied.

2.4 NeQuick Model

The NeQuick model of electron density in the ionosphere is under development at the Telecommunications/ICT for Development (T/ICT4D) Laboratory of the Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics (ICTP) in Trieste, Italy, in collaboration with the Institute of Geophysics, Astrophysics and Meteorology at the University of Graz, Austria. The European Space Agency has adopted the first version of the model for assessment analysis and single-frequency positioning applications within the European Galileo project. The International Telecommunication Union, Radiocommunication Sector

also acknowledged it as a suitable method for TEC modeling. Similar to the IRI model, the NeQuick model combines several data sources to represent the ionosphere's conditions, such as data from ionosondes, radar systems, and satellite missions. As in the case of other models, numerous efforts are being made to enhance the NeQuick analytical formulation, leveraging the increasing amount of available data, resulting in constant updates to NeQuick. The present version of the model is NeQuick 2, as detailed in (Nava et al., 2008).

To calculate the TEC values using the NeQuick 2 model, publicly accessible services from the website https://t-ict4d.ictp.it/nequick2 were applied. The NeQuick provides electron density for locations in the ionosphere, utilizing height, geocentric latitude, and geocentric longitude as coordinates on a spherical Earth. The model values are contingent upon solar activity, season, and time. The NeQuick model contains algorithms for evaluating the electron density along any straight ground-to-satellite ray path and corresponding TEC by numerical integration.

3 METHODOLOGY

We analyzed the vertical TEC values during the solar minimum and solar maximum of the 25th solar cycle. The representatives for the solar minimum period encompassed the equinoxes and solstices of 2020, the year that commenced the 25th solar cycle, along with two additional days chosen for their exceptionally low solar and geomagnetic activity (14/05/2020 and 10/07/2020). The representations for the solar maximum period included the equinoxes and solstices of 2024, in addition to two extra days chosen for their extremely high solar and geomagnetic activity (11/5/2024 and 03/10/2024). This is summarized in Table 1, which contains the following indicators that quantify the mentioned activity (Matzka et al., 2021):

- International Sunspot Number (SN),
- F10.7 Solar Radio Flux, and
- Daily equivalent Planetary Amplitude A_p.

Table 1: Indicators of solar and geomagnetic activity (taken from https://kp.gfz-potsdam.de/en/data)

Date	SN	F10.7	A_p
20/03/2020	0	71.7	6
14/05/2020	0	69.0	2
20/06/2020	0	67.8	5
10/07/2020	0	71.1	2
22/09/2020	0	72.4	5
21/12/2020	12	79.6	12
20/03/2024	123	174.1	4
11/05/2024	173	218.0	271
20/06/2024	165	210.0	6
22/09/2024	129	164.0	5
03/10/2024	207	312.1	7
21/12/2024	164	194.7	14

Besides the solar and geomagnetic activity indicators presented in the previous table, it is essential to

point out solar X-ray flares on selected additional days in 2024. On 11/5/2024, two X-ray flares were recorded, one of which was very strong, classified as X5.89. On 03/10/2024, a powerful X-ray flare designated as X9.05 occurred (according to https://www.spaceweatherlive.com).

3.1 Data Description

Six locations were chosen to compare the TEC values obtained from different sources, covering the area of Europe reasonably well (Figure 1). We compared the vertical TEC at these sites, which were derived from the described sources. We chose each location to ensure the presence of both an ionosonde and a GNSS station nearby, enabling the collection of all necessary data.

GIRO services were applied to ionosondes designated by their locations to acquire vertical TEC from ionogram data. The corresponding VTEC from other sources refers to mutually identical positions that maximally differ from the ionosondes by 0.6° in latitude (φ) and 0.8° in longitude (λ) (Table 2). We processed GNSS data downloaded from the EPN (EUREF Permanent Network) using the *GPS-TEC analysis* program to determine the vertical TEC values. The data were downloaded from the corresponding GNSS stations (Table 2) in RINEX format (Receiver Independent Exchange format).

Since IRI and NeQuick are ionospheric models, they allow greater flexibility in the choice of locations. Using the IRI model, different ionospheric parameters can be determined for an arbitrarily given position and time. The NeQuick model can assess electron density and associated TEC for any straight pathway above Earth. We calculated the vertical TEC values using the IRI and NeQuick models at the same locations utilized by the GNSS approach (Table 2), applying the appropriate services. To compute VTEC values based on the IRI model, we used the default parameters at https://kauai.ccmc.gsfc.nasa.gov/instantrun/iri/. The determination of TEC employing the NeQuick model was conducted through the NeQuick 2 Web model (https://t-ict4d.ictp.it/nequick2/nequick-2-web-model). We used identical latitudes and longitudes for the endpoints to obtain vertical TEC values. Regarding heights, we made use of electrons within the range of 50 km to 2000 km, consistent with the IRI model.

Table 2: Geographic coordinates of the analyzed locations

Location	Ionosonde		GNSS technology / IRI model / NeQuick model		
	φ [°N]	λ [°E]	Station	φ [°N]	λ [°E]
TROMSO	69.6	19.2	TRO100NOR	69.7	18.9
CHILTON	51.5	359.4	CHIO00GBR	51.1	358.6
PRUHONICE	50.0	14.6	GOPE00CZE	49.9	14.8
ROME	41.9	12.5	M0SE00ITA	41.9	12.5
ATHENS	38.0	23.5	DYNG00GRC	38.1	23.9
EL ARENOSILLO	37.1	353.3	SFER00ESP	36.5	353.8

Figure 1: Spatial distribution of the analyzed locations

The vertical TEC values obtained from all four sources were analyzed hourly, from 00:00 to 23:00 UTC (Coordinated Universal Time), on the designated days in 2020 and 2024 (Table 1). These values were used to conduct a comparative analysis of TEC behavior under varying seasonal and solar activity conditions. TEC values, however, could not be obtained from some sources on particular dates and locations depending on occasional limitations in data availability. In such cases, only those TEC sources with valid data were included in the analysis for the corresponding periods, while unavailable sources were excluded from the direct comparison. A summary of the missing data is presented in Table 3, which highlights the specific gaps for each TEC source and location.

The IRI and NeQuick models provided all the data. TEC from GNSS data was not obtained on several days at three different locations due to the absence of the RINEX files with observation data. The majority of the missing data pertained to results from ionosondes. The GIRO service application failed to provide the TEC to each location for at least a single day. Moreover, it is important to mention that at the CHILTON and ROME locations, we did not obtain TEC data for all selected days in 2024. Due to the lack of data during the solar maximum period, the comparative analysis at these sites was performed just for the remaining TEC sources, excluding ionosondes. In other cases, TEC was successfully obtained for most of the day, with values missing at certain hours.. To ensure meaningful comparisons, TEC values were analyzed only among those sources that provided data for the respective time intervals, and full multi-source comparisons were conducted exclusively for periods with complete data availability.

Table 3: Data availability gaps (ION stands for ionosonde)

TEC Source	Location					
	TROMSO	CHILTON	PRUHONICE	ROME	ATHENS	EL ARENOSILLO
ION	11/05/2024	10/07/2020 20/03/2024 11/05/2024 20/06/2024 22/09/2024 03/10/2024 21/12/2024	10/07/2020 11/05/2024	20/03/2024 11/05/2024 20/06/2024 22/09/2024 03/10/2024 21/12/2024	20/03/2020 11/05/2024	20/03/2020 14/05/2020
GNSS				10/07/2020	21/12/2020 11/05/2024 20/06/2024	20/06/2024

3.2 Parameters for Statistical Analysis of TEC Differences

In accordance with standard statistical analysis literature (Mood et al., 1974; Wilks, 2006), in this study we concentrate on descriptive statistical tools, particularly the root mean square of TEC differences and correlation coefficients, which are especially suited for discovering consistency and agreement between different TEC sources across temporal and spatial domains.

We first evaluated daily consistency of TEC estimates derived from several sources based on hourly TEC values. This evaluation included the comparison of the absolute TEC values with their temporal variations across sources. We calculated the daily correlation coefficient (COR) using the following formula to measure the degree of agreement and the temporal behavior similarity between several TEC sources:

$$COR_{i-j} = \frac{\sum_{k=1}^{n}\left[\left(TEC_{i,k} - \overline{TEC_i}\right)\cdot\left(TEC_{j,k} - \overline{TEC_j}\right)\right]}{\sqrt{\sum_{k=1}^{n}\left(TEC_{i,k} - \overline{TEC_i}\right)^2 \cdot \sum_{k=1}^{n}\left(TEC_{j,k} - \overline{TEC_j}\right)^2}}. \tag{4}$$

Here, i and j refer to different TEC sources: *ION* for ionosonde's measurements, *GNSS* for GNSS measurements, *IRI* for the IRI model, or *NeQ* for the NeQuick model; the index k denotes the hourly epoch within a given day, and n is the number of available hourly TEC values for that day. $TEC_{i,k}$ and $TEC_{j,k}$ represent the TEC values from sources i and j at hour k, while $\overline{TEC_i}$ and $\overline{TEC_j}$ denote the corresponding daily mean TEC values for those sources.

Using the daily COR_{i-j} values, we calculated the mean station-level correlation coefficients $\overline{COR}_{i-j}$ for each location and each pair of TEC source. In addition, we estimated the standard deviations (*SD*) to quantify the variability in daily correlation behavior, using the following formula:

$$SD = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{k=1}^{n}\left((COR_{i-j})_k - \overline{COR}_{i-j}\right)^2}, \tag{5}$$

where $\overline{COR}_{i-j}$ represents the mean of daily correlation values $(COR_{i-j})_k$ at a given location, and n denotes the number of available daily values, which varied between 2 and 6 depending on data availability.

To obtain the overall correlation behaviour across Europe, we computed the average of the station-level $\overline{COR}_{i-j}$ values for each year (2020 and 2024). Corresponding standard deviations were also calculated using the same formulation defined in Equation (5), thereby reflecting the spatial variability of inter-source agreement over the study domain.

Every hour at each selected location, we directly compared the vertical TEC values for each of the chosen days. We formulated the differences between the TEC values obtained from different sources as follows:

$$\Delta TEC_{i-j} = TEC_i - TEC_i, \tag{6}$$

where i and j are different TEC sources. The differences were computed for each hour of the day, considering only the time epochs for which data from both sources (i and j) were simultaneously available. This ensured that the comparison was based solely on matching data points, thereby avoiding bias due to missing values.

Using hourly created differences, we determined certain daily statistical parameters of every ΔTEC_{i-j} for every chosen location: minimum value (*MIN*), maximum value (*MAX*), average (*AVG*), and root mean square (*RMS*). We primarily used the *RMS* parameter for our analysis, as it completely represents TEC differences:

$$RMS_{i-j} = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n}(\Delta TEC_{i-j})_k^{\,2}}, \tag{7}$$

where n represents the number of hourly TEC differences included in the calculation of daily *RMS*.

We computed the mean values ($\overline{RMS}_{i-j}$) for each location by utilizing the daily RMS_{i-j} values obtained. Additionally, we computed the standard deviation of daily *RMS* values at each location applying the identical approach defined by Equation (5), substituting *COR* values for *RMS* values. Identical to correlation coefficients, we calculated overall averages for each pair of sources, determined as the mean of the stations' averages $\overline{RMS}_{i-j}$ and corresponding standard deviations. To comprehensively assess the differences between TEC sources, we focused on the overall mean RMS values, as they provide a robust single-metric indicator of overall disagreement that is sensitive to both systematic and random deviations.

4 RESULTS

TEC (VTEC) values at EL ARENOSILLO ($\varphi \approx 37°$N), PRUHONICE ($\varphi \approx 50°$N) and TROMSO ($\varphi \approx 70°$N) on days characterized by minimal solar and geomagnetic activity (14/05/2020 and 10/07/2020) and days distinguished by extremely high solar and geomagnetic activity (11/05/2024 and 03/10/2024) are shown in the diagrams presented in Figure 2. The scenarios at the other three locations and on the remaining days are similar.

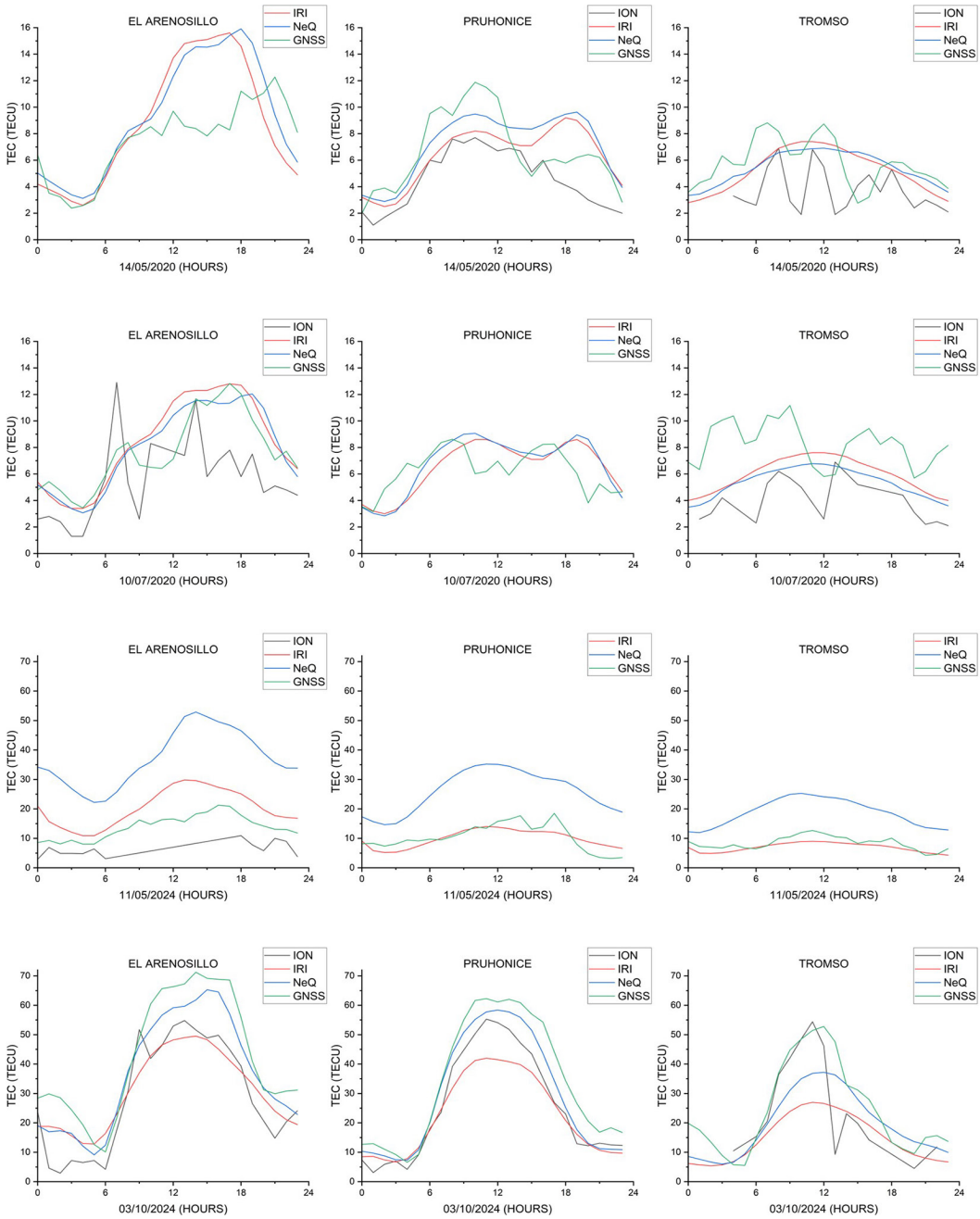


Figure 2: TEC values at locations TROMSO, PRUHONICE, and EL ARENOSILLO during the days 14/05/2020, 10/07/2020, 11/05/2024, and 03/10/2024

Analyzing daily TEC values, we can notice the following:

– All TEC sources produce TEC with the very similar temporal variations.

- The TEC obtained from ionosondes and GNSS data shows rapid temporal variations, while the IRI and NeQuick models yield significantly more gradual variations in outcomes. This distinction is understandable, as the IRI and NeQuick models produce modeled TEC values, but the TEC derived from ionosondes and GNSS represents an empirical estimate based on actual measurements.
- TEC from ionosondes typically exhibits the smallest values under every circumstance.
- The TEC derived from GNSS often stands out with the highest values, particularly during the solar minimum period; yet, increased solar and geomagnetic activity corresponds with greater TEC from the NeQuick (21/12/2020).
- During the solar maximum period, the NeQuick model's TEC usually shows the highest values. Intense geomagnetic activity aligns with markedly elevated TEC values from the NeQuick model (11/05/2024).
- The IRI model provides TEC values that closely align with those of the NeQuick model, especially during the solar minimum phase. In general, the IRI model yields TEC values slightly lower than those from the NeQuick model; however, on 22/09/2024, the situation is reversed, with the IRI model generating TEC values slightly higher than NeQuick. This day is distinguished as a day within the solar maximum period, which has decreased solar and geomagnetic activity.

5 DISCUSSION

We begin the discussion by analyzing the correlation coefficients between different TEC sources. As both the solar minimum (Table 4) and solar maximum (Table 5) periods showed a high level of correlation among TEC sources, no significant variations were noted between them. Along with a very low standard deviation (0.01), the IRI and NeQuick models consistently produced the highest correlation (0.98), so indicating great agreement between these two models in both periods. The remaining correlation coefficients generally had standard deviations of 0.16 and ranged from 0.74 to 0.79 throughout the solar minimum period. It is important to highlight that at TROMSO, the northernmost station in our dataset, we observed significantly lower correlations and larger variations, particularly when GNSS was one of the sources, suggesting increased divergence in source agreement at higher latitudes under low solar activity conditions.

Table 4: The average COR values at all locations and their respective average values in 2020

Location	$\overline{COR}_{ION-IRI}$	$\overline{COR}_{ION-NeQ}$	$\overline{COR}_{ION-GNSS}$	$\overline{COR}_{IRI-NeQ}$	$\overline{COR}_{IRI-GNSS}$	$\overline{COR}_{NeQ-GNSS}$
TROMSO	0.68	0.68	0.53	0.99	0.46	0.47
SD	0.19	0.19	0.20	0.01	0.26	0.23
CHILTON	0.74	0.77	0.72	0.99	0.82	0.84
SD	0.12	0.10	0.11	0.01	0.05	0.06
PRUHONICE	0.85	0.86	0.73	0.99	0.63	0.68
SD	0.11	0.07	0.17	0.01	0.13	0.11
ROME	0.84	0.83	0.83	0.99	0.84	0.84
SD	0.11	0.11	0.05	0.00	0.06	0.06
ATHENS	0.88	0.83	0.86	0.97	0.84	0.82
SD	0.07	0.10	0.03	0.02	0.06	0.06
EL ARENOSILLO	0.76	0.75	0.75	0.97	0.83	0.84
SD	0.12	0.15	0.08	0.02	0.10	0.05
AVERAGE	**0.79**	**0.79**	**0.74**	**0.98**	**0.74**	**0.75**
SD	**0.08**	**0.07**	**0.11**	**0.01**	**0.16**	**0.15**

On the other hand, during the solar maximum period, we observed even higher correlations for all source pairs (except the IRI–NeQuick pair), with values ranging from 0.86 to 0.90 and standard deviations within 0.10. This indicates a stronger overall consistency in TEC estimation among sources during periods of elevated solar activity.

Table 5: The average COR values at all locations and their respective average values in 2024

Location	$\overline{COR}_{ION-IRI}$	$\overline{COR}_{ION-NeQ}$	$\overline{COR}_{ION-GNSS}$	$\overline{COR}_{IRI-NeQ}$	$\overline{COR}_{IRI-GNSS}$	$\overline{COR}_{NeQ-GNSS}$
TROMSO	0.79	0.79	0.73	0.98	0.81	0.81
SD	0.09	0.10	0.29	0.03	0.17	0.16
CHILTON	/	/	/	0.99	0.87	0.87
SD	/	/	/	0.01	0.21	0.21
PRUHONICE	0.86	0.86	0.89	0.99	0.89	0.88
SD	0.18	0.18	0.13	0.01	0.15	0.16
ROME	/	/	/	0.99	0.93	0.94
SD	/	/	/	0.01	0.09	0.07
ATHENS	0.94	0.92	0.97	0.97	0.98	0.98
SD	0.03	0.05	0.02	0.03	0.01	0.01
EL ARENOSILLO	0.87	0.89	0.90	0.99	0.95	0.95
SD	0.20	0.14	0.12	0.02	0.05	0.05
AVERAGE	**0.87**	**0.86**	**0.87**	**0.98**	**0.90**	**0.90**
SD	**0.06**	**0.05**	**0.10**	**0.01**	**0.06**	**0.06**

Based on all created differences ΔTEC_{i-j_k}, we found the minimum (*MIN*) and maximum (*MAX*) values of all TEC differences ΔTEC_{i-j} for the years 2020, during the solar minimum period (Table 6), and 2024, during the solar maximum period (Table 7). The same tables also contain the averages (*AVG*) of the station averages for all TEC differences. Each station average is determined by the mean of the daily averages of ΔTEC_{i-j_k} for that specific station. We can see that each TEC source may produce TEC that differs from any other source by more than 9 TECU (except for $|\Delta TEC_{IRI-NeQ}|$ whose maximum is 6.5 TECU) within the solar minimum period. The solar maximum period demonstrates far greater differences over 30 TECU; still the differences between the IRI and NeQuick models reveal slightly lower values. It is worth noting that during selected days in the solar minimum phase, the TEC reaches maximum values exceeding 20 TECU, whereas in the solar maximum phase, TEC values exceed 70 TECU. In general, TEC during the solar maximum period was three to four times higher than during the solar minimum period.

Table 6: Values of statistical parameters MIN, MAX, and AVG for all TEC differences in 2020 given in TECU

Parameter	$\Delta TEC_{ION-IRI}$	$\Delta TEC_{ION-NeQ}$	$\Delta TEC_{ION-GNSS}$	$\Delta TEC_{IRI-NeQ}$	$\Delta TEC_{IRI-GNSS}$	$\Delta TEC_{NeQ-GNSS}$
MIN	-11.2	-10.0	-12.1	-4.7	-10.5	-9.1
MAX	7.6	8.1	5.1	6.5	7.3	7.9
AVG	-1.8	-2.4	-3.3	-0.8	-1.3	-0.4

Table 7: Values of statistical parameters MIN, MAX, and AVG for all TEC differences in 2024 given in TECU

Parameter	$\Delta TEC_{ION-IRI}$	$\Delta TEC_{ION-NeQ}$	$\Delta TEC_{ION-GNSS}$	$\Delta TEC_{IRI-NeQ}$	$\Delta TEC_{IRI-GNSS}$	$\Delta TEC_{NeQ-GNSS}$
MIN	-32.8	-45.3	-38.3	-23.3	-27.4	-15.6
MAX	27.4	17.6	13.3	12.1	19.2	35.7
AVG	-6.0	-8.1	-4.5	-4.1	-1.5	5.0

The averages analyzed during the solar minimum period indicate strong correlations between the TEC estimated by the NeQuick model and the TEC derived from GNSS data (below 0.5 TECU) as well as the TEC generated by the IRI model (below 1 TECU). During the same period, the IRI model produced TEC values that show a modest average difference from those derived from ionosondes and GNSS observations, ranging between 1 and 2 TECU. Larger absolute average differences are observed between the TEC obtained from ionosondes and that estimated by the NeQuick model (approximately 2.5 TECU), as well as between the TEC obtained from ionosondes and GNSS observations (greater than 3 TECU).

The average difference during the solar maximum phase consistently remained similar by itself between the TEC derived from the IRI model and GNSS data (around 1.5 TECU). The worst match at the solar maximum period is between TEC computed from ionosondes and the NeQuick model, with an average absolute value around 8 TECU. The remaining averages of TEC differences possess absolute values ranging from 4 to 6 TECU.

We computed daily *RMS* values for each location. Figure 3 shows the daily *RMS* results for the years 2020 and 2024, sourced from the same locations where we previously presented the TEC values. The daily *RMS* ranges between 0.4 TECU ($RMS_{ION-NeQ}$ several times) to 7.0 TECU ($RMS_{ION-GNSS}$ on 22/09/2020 at EL ARENOSILLO) during the solar minimum phase, and from 0.8 TECU ($RMS_{IRI-NeQ}$ on 20/06/2024 at TROMSO) to 27.2 TECU ($RMS_{ION-NeQ}$ on 11/05/2024 at EL ARENOSILLO) during the solar maximum phase. Certain tendencies associated with specific days in 2020 are not noticeable when examining daily *RMS* values. The *RMS* values obtained on different days within the solar minimum period at the same location are generally very similar.

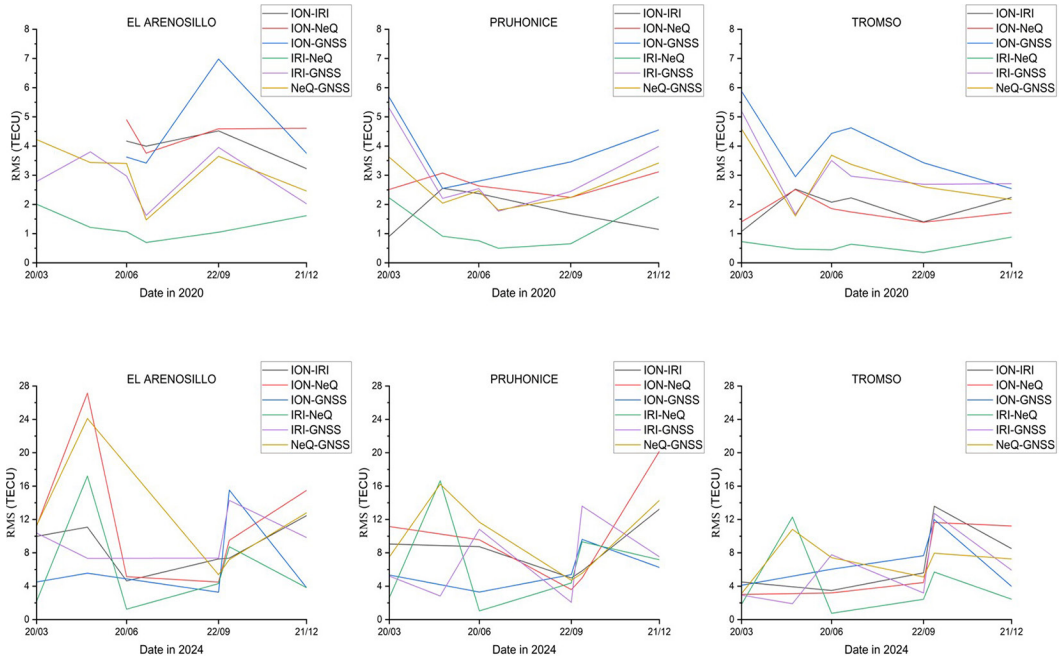


Figure 3: RMS values at locations TROMSO, PRUHONICE and EL ARENOSILLO during chosen days

Upon examining daily *RMS* values at the solar maximum period, we discovered some noteworthy findings. On the days 20/03/2024 and 22/09/2024, we noticed lower values for daily *RMS*s, indicating improved similarities between TEC. The specified days are characterized by decreased solar and geomagnetic activities. On 11/05/2024, during the time of extreme geomagnetic activity, the NeQuick model produced considerably higher TEC values; consequently, the daily RMS values, which account for TEC discrepancies involving the NeQuick model, were significantly higher on this day compared to others, with values two to three times greater. We also detected increasing $RMS_{ION-GNSS}$ values on a day that had extremely high solar activity (03/10/2024).

Using daily *RMS* values, we calculated their mean values and standard deviations for each location in 2020 (Table 8) and 2024 (Table 9). To ascertain consistency in daily *RMS* values at each location, we examined the obtained *SD* results. The analysis of the standard deviation of daily *RMS* results for the year 2020 revealed that it ranges from 0.2 to 1.7 TECU, with a mean value of 0.8 TECU. Considering this, we ascertained that daily *RMS* values are very consistent in the solar minimum period. It means that TEC differences during the solar minimum period are uniform over selected days at particular locations. The most consistent daily *RMS*s is $RMS_{ION-NeQ}$ with an average *SD* of 0.5 TECU, as well as $RMS_{ION-IRI}$ and $RMS_{IRI-NeQ}$ with an average *SD* of 0.6 TECU. The biggest average *SD* is for $RMS_{ION-GNSS}$ (1.4 TECU). The standard deviations for the remaining *RMS*s average around 1 TECU. We noted that the TEC derived from GNSS data demonstrated the lowest consistency during the solar minimum period.

On the other hand, the solar maximum period demonstrated drastically lower consistency in daily *RMS* values. The examination of the standard deviation of daily *RMS* results for 2024 showed a range of 1.1 to 8.4 TECU, with a mean value of 4.3 TECU, approximately five times larger than the values obtained in 2020. Acceptable consistency was shown by $RMS_{ION-IRI}$, $RMS_{ION-GNSS}$, and $RMS_{IRI-GNSS}$ with an average *SD* below 3.5 TECU. The average *SD* values for the remaining *RMS* values ranged from 4.5 to 6 TECU, indicating substantial inconsistency in the TEC produced by the NeQuick model through the solar maximum phase. These results, particularly those from the solar minimum period, encouraged the computation and analysis of stations' $\overline{RMS}_{i-j}$.

Alongside the stations' averages ($\overline{RMS}_{i-j}$), Table 8 and Table 9 also present the overall averages for each TEC difference, calculated as the mean of the stations' averages, as well as corresponding standard deviations. Upon analyzing the obtained standard deviations, it is evident that the station's $\overline{RMS}_{i-j}$ values showed excellent consistency during the solar minimum phase (range 0.3 to 1.0 TECU) and quite satisfactory consistency during the solar maximum phase (range 1.1 to 3.1 TECU), enabling the generation of conclusions based on the means of stations' averages.

Table 8: The average RMS values at all locations and their respective average values in 2020 given in TECU

Location	$\overline{RMS}_{IOM-IRI}$	$\overline{RMS}_{IOM-NeQ}$	$\overline{RMS}_{IOM-GNSS}$	$\overline{RMS}_{IRI-NeQ}$	$\overline{RMS}_{IRI-GNSS}$	$\overline{RMS}_{NeQ-GNSS}$
TROMSO	1.9	1.8	4.0	0.6	3.1	3.0
SD	0.6	0.4	1.2	0.2	1.2	1.1
CHILTON	2.0	2.6	3.1	0.9	2.1	2.3
SD	0.6	0.3	1.7	0.6	1.1	0.9
PRUHONICE	1.7	2.7	3.8	1.2	3.0	2.6
SD	0.7	0.4	1.3	0.8	1.3	0.8

Location	$\overline{RMS}_{IOM-IRI}$	$\overline{RMS}_{IOM-NeQ}$	$\overline{RMS}_{IOM-GNSS}$	$\overline{RMS}_{IRI-NeQ}$	$\overline{RMS}_{IRI-GNSS}$	$\overline{RMS}_{NeQ-GNSS}$
ROME	2.8	3.5	4.1	1.5	2.5	2.4
SD	0.8	1.1	1.2	0.7	0.9	0.3
ATHENS	3.0	4.3	4.3	1.7	2.6	2.5
SD	0.6	0.3	1.3	0.7	1.0	0.6
EL ARENOSILLO	4.0	4.5	4.4	1.3	2.9	3.1
SD	0.5	0.5	1.7	0.5	0.9	1.0
AVERAGE	**2.6**	**3.2**	**4.0**	**1.2**	**2.7**	**2.7**
SD	0.9	1.0	0.5	0.4	0.4	0.3

Table 9: The average RMS values at all locations and their respective average values in 2024 given in TECU

Location	$\overline{RMS}_{IOM-IRI}$	$\overline{RMS}_{IOM-NeQ}$	$\overline{RMS}_{IOM-GNSS}$	$\overline{RMS}_{IRI-NeQ}$	$\overline{RMS}_{IRI-GNSS}$	$\overline{RMS}_{NeQ-GNSS}$
TROMSO	7.1	6.7	6.8	4.2	5.7	6.9
SD	4.1	4.4	3.3	4.3	4.1	2.6
CHILTON	/	/	/	6.7	7.3	9.8
SD	/	/	/	5.6	4.0	3.0
PRUHONICE	8.4	9.9	6.0	6.9	7.0	10.0
SD	3.2	6.5	2.3	5.7	4.5	4.8
ROME	/	/	/	6.9	6.4	9.6
SD	/	/	/	5.5	3.1	5.3
ATHENS	11.7	13.7	9.9	7.4	7.1	7.7
SD	3.2	4.1	3.1	5.2	1.1	2.6
EL ARENOSILLO	8.8	12.2	6.5	6.2	9.8	12.2
SD	2.9	8.4	5.1	6.0	2.8	7.3
AVERAGE	9.0	10.6	7.3	6.4	7.2	9.4
SD	1.9	3.1	1.8	1.1	1.4	1.8

During the solar minimum period, the $\overline{RMS}_{ION-IRI}$ and $\overline{RMS}_{ION-NeQ}$ showed a slightly lower consistency with *SD* around 1 TECU, whereas the other SD values remained below 0.5 TECU. During the solar maximum period, the scenario was similar, with $\overline{RMS}_{ION-NeQ}$ exhibiting the lowest consistency, showing an *SD* of 3.1 TECU. The most consistent was $\overline{RMS}_{IRI-NeQ}$, exhibiting an *SD* of 1.1 TECU. Subsequently, we identified $\overline{RMS}_{IRI-GNSS}$ having a standard deviation of 1.4 TECU, while the remaining $\overline{RMS}_{i-j}$ values showed standard deviation values close to 2 TECU. Although the $\overline{RMS}_{i-j}$ values at all stations remained relatively stable, we observed that at TROMSO, the northernmost location in our study, the TEC values from different sources were noticeably more consistent. This trend was particularly evident during the solar maximum period, where all $\overline{RMS}_{i-j}$ values at TROMSO were approximately 25% lower than at other locations. During the solar minimum period, $\overline{RMS}_{i-j}$ values at TROMSO also tended to be lower, with the exception of the $\overline{RMS}_{i-j}$ corresponding to TEC derived from GNSS. However, it is important to note that the TEC values themselves were also lower at TROMSO compared to other locations, particularly in contrast to ATHENS and EL ARENOSILLO, which are the southernmost stations in our dataset. Due to the homogeneity of the station's $\overline{RMS}_{i-j}$, we will draw conclusions based on their averages to ascertain the magnitude of TEC differences.

First, it is noticeable that the average $\overline{RMS}_{i-j}$ values (Table 8 and Table 9) correspond to the absolute values of the overall *AVG* (Table 6 and Table 7) and exhibit some resemblance. This indicates a systematic bias in the TEC values derived from different sources. The diagrams presented in Figure 2 already demonstrated this (generally, TEC from ionosondes is the smallest, TEC from GNSS or the NeQuick model is the largest, and so on).

We separately analyzed $\overline{RMS}_{i-j}$ values for the solar minimum and solar maximum periods due to the clear differences in the obtained values. Studying the computed $\overline{RMS}_{i-j}$ values in the solar minimum period, we found that they range from 1.2 to 4.0 TECU, leading us to the following outcomes:

- The IRI and NeQuick models produced TEC that were highly consistent with each other, with an RMS value of 1.2 TECU.
- The second-best correspondence is noticed between the TEC obtained from ionosondes and that derived from the IRI model, with an RMS value slightly above 2.5 TECU. Similar discrepancies occurred between the TEC obtained from GNSS data and the TEC produced by the NeQuick and IRI models.
- TEC derived from ionosondes and the NeQuick model had larger differences, quantified at 3.2 TECU.
- The largest discrepancies (4.0 TECU) arose from the TEC obtained from ionosondes and GNSS data.

Upon studying the computed $\overline{RMS}_{i-j}$ values during the solar maximum period, we found that they range between 6.4 and 10.6 TECU, leading us to the following findings:

- The best correspondence between the TEC obtained from the IRI and NeQuick models was noticed (6.4 TECU).
- We found the second-highest similarity (7.2 TECU) between TEC obtained from the IRI model and GNSS measurements. TEC derived from GNSS observations showed similar correspondence with TEC obtained from ionosondes (7.3 TECU).
- TEC derived from ionosondes and the IRI model had an *RMS* value of 9.0 TECU, while TEC obtained from GNSS data and the NeQuick model showed a somewhat worse correspondence with an RMS value of 9.4 TECU.
- The worst correspondence was between TEC obtained from ionosondes and the NeQuick model.

6 CONCLUSION

We reached certain conclusions upon analyzing TEC values from six European locations obtained from ionosondes, the IRI model, the NeQuick model, and GNSS measurements. In general, ionosondes yield the lowest TEC results during both the solar minimum and solar maximum phases. During periods of low solar and geomagnetic activity, GNSS data produce the highest TEC values; whereas, under conditions of strong solar and geomagnetic activity, the NeQuick model generates the highest TEC values. The TEC calculated using the NeQuick model markedly increases with geomagnetic activity. The IRI model typically produces TEC values comparable to those of the NeQuick model, especially during periods of low solar and geomagnetic activity.

Analyzing temporal changes, we found that the diurnal variations in TEC from different sources exhibit significant similarity, achieving a daily correlation coefficient beyond 0.74 during the solar minimum

period and 0.86 during the solar maximum period. At the northernmost station in our dataset, decreased correlations appeared under low solar activity conditions.

We discovered that several TEC sources produce TEC with a satisfactory level of consistency across Europe. The consistency level of various TEC sources is around several TECU at solar minimum and within 10 TECU during solar maximum. The average ratio of overall RMS values at solar maximum and solar minimum periods is approximately 3.5 TECU, in line with their standard deviations. This relationship is similar to the correspondence between TEC values during solar maximum and minimum periods, wherein the solar maximum phase yields three to four times greater TEC than the solar minimum phase, resulting in an equivalent ratio of the highest TEC values at solar maximum (71.24 TECU) and minimum (22.2 TECU) phases.

The IRI and NeQuick models produce TEC that are highly consistent with each other at both the solar minimum (RMS of 1.2 TECU) and solar maximum (RMS of 6.4 TECU) phases. During the solar minimum period, the inconsistencies between the TEC values calculated from GNSS measurements and those from the NeQuick and IRI models are very small, with RMS values slightly above 2.5 TECU. Ionosondes exhibit identical consistency in TEC with the IRI model; however, larger discrepancies occur with TEC obtained from the NeQuick model (3.2 TECU) and GNSS data (4.0 TECU) during the solar minimum phase. During the solar maximum period, GNSS observations provide TEC that aligns more closely with TEC obtained from the IRI model and ionosondes (RMS around 7 TECU) than with TEC produced by the NeQuick model (RMS of 9.4 TECU). TEC obtained from ionosondes and the IRI model have large discrepancies (RMS of 9.0 TECU), but the largest ones are between TEC derived from ionosondes and the NeQuick model, with an RMS above 10 TECU. TROMSO, the northernmost location in our research, showed smaller differences (around 25% lower RMS values) between TEC than other locations, while simultaneously exhibiting lower TEC values generally compared to other locations.

This study encompassed a comparative analysis of TEC values obtained from various sources during two distinct phases of solar activity: six days in 2020 representing the solar minimum and six days in 2024 corresponding to the solar maximum. Although the selected days provided valuable insight into the consistency of TEC values obtained from various sources (ionosondes, GNSS, the IRI model, and the NeQuick model), further research covering a broader temporal span across multiple years, particularly during periods of intriguing solar and geomagnetic activity, could further improve the reliability of these comparisons. Based on the obtained results, we believe that conducting a detailed examination of the TEC values generated by the NeQuick model during periods of intense geomagnetic activity would be noteworthy. The results presented in this study were obtained by calculating TEC at six locations evenly distributed across Europe, with station latitudes ranging from 35°N to 70°N. The results warrant further examination over different latitudes, especially at equatorial and low-latitude regions. Furthermore, studies need to be carried out in the Southern Hemisphere to provide further valuable insight.

Literature and references:

Ameen, M. A., Jabbar, M. A., YU, X., Zhen, W., Murtaza, G., Chishtie, F., Khursheed, H., Atiq, M. (2019). Comparison of Ionospheric Total Electron Content (TEC)

over Sonmiani (Pakistan) with NeQuick-2 and IRI-2012 during July 2014 – June 2015. Advances in Space Research, 63(6), 1882–1891. DOI: https://doi.org/10.1016/j.asr.2018.09.017.

Atıcı, R. (2018). Comparison of GPS TEC with modelled values from IRI 2016 and IRI-PLAS over Istanbul, Turkey. Astrophysics and Space Science, 363(11), 231. DOI: https://doi.org/10.1007/s10509-018-3457-0.

Bilitza, D. (1990). International Reference Ionosphere 1990. National Space Science Data Center, Report 90-22. Retrieved from https://irimodel.org/docs/IRI1990pp0-84.pdf.

Bilitza, D., Pezzopane, M., Truhlik, V., Altadill, D., Reinisch, B. W., Pignalberi, A. (2022). The International Reference Ionosphere Model: A Review and Description of an Ionospheric Benchmark. Reviews of Geophysics, 60(4). DOI: https://doi.org/10.1029/2022RG000792.

Chen, J., Ren, X., Zhang, X., Zhang, J., Huang, L. (2020). Assessment and Validation of Three Ionospheric Models (IRI-2016, NeQuick2, and IGS-GIM) From 2002 to 2018. Space Weather, 18(6). DOI: https://doi.org/10.1029/2019SW002422.

Ciraolo, L., Azpilicueta, F., Brunini, C., Meza, A., Radicella, S. M. (2007). Calibration errors on experimental slant total electron content (TEC) determined with GPS. Journal of Geodesy, 81(2), 111–120. DOI: https://doi.org/10.1007/s00190-006-0093-1.

Cooper, C., Mitchell, C. N., Wright, C. J., Jackson, D. R., Witvliet, B. A. (2019). Measurement of Ionospheric Total Electron Content Using Single-Frequency Geostationary Satellite Observations. Radio Science, 54(1), 10–19. DOI: https://doi.org/10.1029/2018RS006575.

Dach, R., Lutz, S., Walser, P., Fridez, P. (Eds.). (2015). Bernese GNSS Software Version 5.2 (User manual). Astronomical Institute, University of Bern, Bern Open Publishing. DOI: https://doi.org/10.7892/boris.72297.

Davies, K. (1990). Ionospheric Radio. Institution of Engineering and Technology. DOI: https://doi.org/10.1049/PBEW031E.

Foelsche, U., Kirchengast, G. (2002). A simple "geometric" mapping function for the hydrostatic delay at radio frequencies and assessment of its performance. Geophysical Research Letters, 29(10). DOI: https://doi.org/10.1029/2001GL013744.

Galkin, I. A., Reinisch, B. W. (2011). Global Ionospheric Radio Observatory (GIRO): Status and prospective. 2011 XXXth URSI General Assembly and Scientific Symposium, 1–4. DOI: https://doi.org/10.1109/URSIGASS.2011.6050896.

Guo, Z., Yao, Y., Kong, J., Chen, G., Zhou, C., Zhang, Q., Shan, L., Liu, C. (2021). Accuracy Analysis of International Reference Ionosphere 2016 and NeQuick2 in the Antarctic. Sensors, 21(4), 1551. DOI: https://doi.org/10.3390/s21041551.

Hargreaves, J. K. (1992). The Solar-Terrestrial Environment. Cambridge University Press. DOI: https://doi.org/10.1017/CBO9780511628924.

Hernández-Pajares, M., Juan, J. M., Sanz, J., Orus, R., Garcia-Rigo, A., Feltens, J., Komjathy, A., Schaer, S. C., Krankowski, A. (2009). The IGS VTEC maps: a reliable source of ionospheric information since 1998. Journal of Geodesy, 83(3–4), 263–275. DOI: https://doi.org/10.1007/s00190-008-0266-1.

Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., Wasle, E. (2008). GNSS — Global Navigation Satellite Systems. Springer Vienna. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-211-73017-1.

Hoque, M. M., Jakowski, N. (2008). Estimate of higher order ionospheric errors in GNSS positioning. Radio Science, 43(5). DOI: https://doi.org/10.1029/2007RS003817.

Kayode, Y. O., Okoh, D., Onori, E. O., Ometan, O. O., Adegbola, R. B., Ogwala, A., Somoye, E. O., Adeniji-Adele, R. A. (2024). Effects of local time on the variations of the total electron contents at an American and Asian longitudes and their comparison with IRI-2016, IRI-Plas2017 and NeQuick-2 models during solar cycle 24. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 260, 106271. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jastp.2024.106271.

Klipp, T. dos S., Petry, A., de Souza, J. R., de Paula, E. R., Falcão, G. S., de Campos Velho, H. F. (2020). Ionosonde total electron content evaluation using International Global Navigation Satellite System Service data. Annales Geophysicae, 38(2), 347–357. DOI: https://doi.org/10.5194/angeo-38-347-2020.

Klobuchar, J. (1987). Ionospheric Time-Delay Algorithm for Single-Frequency GPS Users. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, AES-23(3), 325–331. DOI: https://doi.org/10.1109/TAES.1987.310829.

Klobuchar, J. A. (1991). Ionospheric Effects on GPS. GPS World, 2, 48–51.

Matzka, J., Stolle, C., Yamazaki, Y., Bronkalla, O., Morschhauser, A. (2021). The Geomagnetic Kp Index and Derived Indices of Geomagnetic Activity. Space Weather, 19(5). DOI: https://doi.org/10.1029/2020SW002641.

Memarzadeh, Y. (2009). Ionospheric Modeling for Precise GNSS Applications. Delft University of Technology.

Mood, A., Graybill, F., Boes, D. (1974). Introduction to the Theory of Statistics (3rd ed.). McGraw-Hill.

Nava, B., Coïsson, P., Radicella, S. M. (2008). A new version of the NeQuick ionosphere electron density model. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 70(15), 1856–1862. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jastp.2008.01.015.

Odeyemi, O. O., Adeniyi, J., Oladipo, O., Olawepo, O., Adimula, I., Oyeyemi, E. (2018). Morphology of GPS and DPS TEC over an equatorial station: validation of IRI and NeQuick 2 models. Annales Geophysicae, 36(5), 1457–1469. DOI: https://doi.org/10.5194/angeo-36-1457-2018.

Reinisch, B. W., Galkin, I. A. (2011). Global Ionospheric Radio Observatory (GIRO). Earth, Planets and Space, 63(4), 377–381. DOI: https://doi.org/10.5047/eps.2011.03.001.

Sardón, E., Rius, A., Zarraoa, N. (1994). Estimation of the transmitter and receiver differential biases and the ionospheric total electron content from Global Positioning System observations. Radio Science, 29(3), 577–586. DOI: https://doi.org/10.1029/94RS00449.

Schaer, S. (1999). Mapping and Predicting the Earth's Ionosphere Using the Global Positioning System. University of Berne.

Schunk, R. W., Nagy, Andrew. (2009). Ionospheres: physics, plasma physics, and chemistry. Cambridge University Press.

Seemala, G. K. (2023). Estimation of ionospheric total electron content (TEC) from GNSS observations. In Atmospheric Remote Sensing (pp. 63–84). Elsevier. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99262-6.00022-5.

Todorović Drakul, M., Grekulović, S., Odalović, O., Petković, D. (2021). Comparison of IRI-2016 and NeQuick models of the ionosphere over the Balkan Peninsula during the year 2019. Contemporary Theory and Practice in Construction, 15(1). DOI: https://doi.org/10.7251/stp2215283t.

Wilks, D. (2006). Statistical Methods in the Atmospheric Science (2nd ed.). Academic Press.

Wu, M., Guo, P., Zhou, W., Xue, J., Han, X., Meng, Y., Hu, X. (2021). A New Mapping Function for Spaceborne TEC Conversion Based on the Plasmaspheric Scale Height. Remote Sensing, 13(23), 4758. DOI: https://doi.org/10.3390/rs13234758.

Xiang, Y., Gao, Y. (2019). An Enhanced Mapping Function with Ionospheric Varying Height. Remote Sensing, 11(12), 1497. DOI: https://doi.org/10.3390/rs11121497.

Xu, W., Marshall, R. A., Bortnik, J., Bonnell, J. W. (2021). An Electron Density Model of the D- and E-Region Ionosphere for Transionospheric VLF Propagation. Journal of Geophysical Research: Space Physics, 126(7). DOI: https://doi.org/10.1029/2021JA029288.

Yasyukevich, Y. V., Zatolokin, D., Padokhin, A., Wang, N., Nava, B., Li, Z., Yuan, Y., Yasyukevich, A., Chen, C., Vesnin, A. (2023). Klobuchar, NeQuickG, BDGIM, GLONASS, IRI-2016, IRI-2012, IRI-Plas, NeQuick2, and GEMTEC Ionospheric Models: A Comparison in Total Electron Content and Positioning Domains. Sensors, 23(10), 4773. DOI: https://doi.org/10.3390/s23104773.

Krstić S., Todorović-Drakul M., Grekulović S., Petković D., Odalović O. (2025). Comparison of Total Electron Content Sources Over Europe During Solar Minimum and Maximum Years (2020 and 2024). Geodetski vestnik, 69 (4), 574-593.
DOI: https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2025.04.574-593

Stefan Krstić, Ph.D. Candidate
University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering
Bulevar kralja Aleksandra 73, 11000 Belgrade, Serbia
e-mail: skrstic@grf.bg.ac.rs

Asst. Prof. Miljana Todorović-Drakul, Ph.D.
University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering
Bulevar kralja Aleksandra 73, 11000 Belgrade, Serbia
e-mail: mtodorovic@grf.bg.ac.rs

Asst. Prof. Sanja Grekulović, Ph.D.
University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering
Bulevar kralja Aleksandra 73, 11000 Belgrade, Serbia
e-mail: sanjag@grf.bg.ac.rs

Asst. Prof. Dušan Petković, Ph.D.
University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering
Bulevar kralja Aleksandra 73, 11000 Belgrade, Serbia
e-mail: dpetkovic@grf.bg.ac.rs

Asst. Prof. Oleg Odalović, Ph.D.
University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering
Bulevar kralja Aleksandra 73, 11000 Belgrade, Serbia
e-mail: odalovic@grf.bg.ac.rs

RECENZIRANI ČLANKI | PEER-REVIEWED ARTICLES

Povezava evidenc s področja graditve in katastra nepremičnin

Integration of Records in the Field of Building Construction and Real Estate Cadastre

Rok Cedilnik, Miha Muck, Marijana Vugrin

UDK: 349.418:528.44:005.92:004.63
Klasifikacija prispevka po COBISS.SI: 1.04
Prispelo: 25. 8. 2025
Sprejeto: 13. 10. 2025

DOI: doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2025.04.594-602
SCIENTIFIC ARTICLE
Received: 29. 8. 2025
Accepted: 13. 10. 2025

SI | EN

IZVLEČEK

V članku je predstavljena uvedba gradbene parcele kot nove entitete v katastru nepremičnin, ki se oblikuje na podlagi podatkov iz sistema eGraditev. Gradbena parcela povezuje zemljišča, območja stavbne pravice in stvarne služnosti, ki skupaj omogočajo gradnjo in redno uporabo objekta. V prispevku so analizirani pravni okvir (ZUreP-3, GZ-1, ZKN), način vključevanja podatkov v postopkih pridobivanja gradbenega in uporabnega dovoljenja ter vloga gradbene parcele kot povezovalnega elementa med evidencami graditve in katastra nepremičnin. Poseben poudarek je namenjen postopkom vpisa gradbene parcele ter spremembam, ki vplivajo na njene meje in sestavine. Članek opozarja na izzive pri usklajevanju določil različnih zakonov in poudarja pomen gradbene parcele kot ključne enote za celovito povezovanje prostorskih in nepremičninskih evidenc.

ABSTRACT

This paper presents the introduction of the building plot as a new entity in the Real Estate Cadastre, established on the basis of data from the eConstruction (eGraditev) system. A building plot connects land parcels, building right areas, and easement areas, which together enable the construction and regular use of a building. The paper analyses the legal framework (ZUreP-3, GZ-1, ZKN), the integration of data in the procedures for obtaining building and use permits, and the role of the building plot as a linking element between construction records and the cadastre. Special emphasis is placed on registration procedures and changes affecting the boundaries and components of the building plot. The article highlights the challenges in harmonizing legislative provisions and stresses the importance of the building plot as a key entity for comprehensive integration of spatial and real estate records.

KLJUČNE BESEDE

gradbena parcela, kataster nepremičnin, eGraditev, prostorski informacijski sistem, gradbeno dovoljenje, uporabno dovoljenje, stavbna pravica, stvarna služnost, katastrski postopki

KEY WORDS

building plot, real estate cadastre, eConstruction, spatial information system, building permit, use permit, building right, easement, cadastral procedures

1 UVOD

Evidenca procesov s področja graditve je namenjena spremljanju gradnje objektov, kamor vštevamo projektiranje, dovoljevanje, gradnjo in inšpekcijski nadzor. Kot informacijska podpora tem procesom je bil vzpostavljen sistem eGraditev, ki je že implementiran na območjih delovanja večine upravnih enot in je opredeljen kot del prostorskega informacijskega sistema (ZUreP-3, 263. člen). V celoti naj bi bil sistem eGraditve vzpostavljen v letu 2026.

ZUreP-3 pri opredelitvi prostorskega informacijskega sistema določa, da morajo biti podatki, vodeni v tem sistemu, povezani s podatki o nepremičninah. Osnovna enota povezovanja je nepremičnina. V prvi fazi urejanja prostora in začetnih fazah graditve je to parcela, kasneje tudi stavba in njeni deli ali gradbeno-inženirski objekt ter območja stavbnih pravic in stvarnih služnosti. Zato ZUreP-3 v določilih o posameznih prostorskih podatkih podaja dikcijo, da morajo biti podatki, ki se vodijo v prostorskem informacijskem sistemu, lokacijsko določeni tako natančno, da je njihove meje mogoče grafično prikazati v katastru nepremičnin (ZUreP-3, drugi odstavek 36. člena, tretji odstavek 37. člena, peti odstavek 83. člena, tretji odstavek 147. člena …).

Možnost povezovanja katastra nepremičnin z drugimi evidencami opredeljuje Zakon o katastru nepremični (ZKN, 35. člen), ki podaja pet možnosti povezovanja s predmeti vpisa v kataster nepremičnin, in sicer:

- z vpisom in vodenjem lokacijskih podatkov druge evidence o nepremičninah v katastru nepremičnin,
- s povezavo druge evidence o nepremičninah na lokacijske podatke katastra nepremičnin,
- s presekom grafičnih podatkov druge evidence o nepremičninah z lokacijskimi podatki katastra nepremičnin,
- z vpisom parcelne številke, številke stavbe, številke dela stavbe ali številke naslova v drugo evidenco o nepremičninah in
- z vpisom identifikacijske oznake iz druge evidence o nepremičninah v kataster nepremičnin.

Seveda je osnovni pogoj za izvedbo povezave, da matični zakon, ki ureja drugo evidenco, jasno opredeljuje povezovanje s katastrom nepremičnin.

Ključni podatek iz evidence s področja graditve, ki se povezuje z nepremičninami v katastru nepremičnin, je gradbena parcela. Gradbena parcela se določi v projektni dokumentaciji za pridobitev mnenj in gradbenega dovoljenja ter opredeljuje funkcionalno medsebojno povezana zemljišča, na katerih stoji objekt[1], in druga zemljišča, ki so namenjena za redno rabo objekta, vključno z zemljišči, na katerih so pomožni objekti obravnavanega objekta (ZUreP-3, 190. člen).

ZUreP-3 opredeljuje, da se gradbena parcela vpiše v kataster nepremičnin (ZUreP-3, prvi odstavek 191. člen). V kataster nepremičnin se bodo vpisovale samo gradbene parcele stavb, tako da se v nadaljevanju tega članka omejujemo na stavbe. Glede na možnosti, ki jih podaja ZKN, bo povezava na atributnem delu izvedena tako, da se bo identifikator gradbene parcele vpisal v kataster nepremičnin, lokacijski podatki gradbene parcele pa se bodo v kataster nepremičnin vpisali in vodili tako, da bodo meje gradbenih parcel potekale po nepremičninah, opredeljenih v katastru nepremičnin. Gradbena parcela bo namreč

[1] *Območje, na katerem stoji objekt, je definirano kot maksimalna projekcija obsega objekta na, nad in pod zemljiščem.*

opredeljena kot unija njenih sestavin, ki so lahko ena ali več parcel, območje stavbne pravice in območje stvarne služnosti.

2 OSNOVNE ZNAČILNOSTI SISTEMA eGRADITEV

Sistem eGraditev je sestavni del prostorskega informacijskega sistema (PIS), namenjenega združevanju in poenostavljenemu dostopu do informacij ter vsebin s področja graditve objektov. Omogoča celovito elektronsko poslovanje v vseh postopkih, povezanih z graditvijo. V proces so vključeni številni deležniki – investitorji, projektanti, mnenjedajalci, upravni inšpekcijski organi, občine, Ministrstvo za naravne vire in prostor ter širša javnost. Povezovanje tako raznolikih in številčnih udeležencev v enoten informacijski sistem je hkrati največji izziv in ena izmed ključnih prednosti rešitve. Uporabniki, ki sodelujejo v postopkih prostorskega načrtovanja in graditve objektov, dostopajo do eGraditve prek spletnega mesta PIS z ustrezno registracijo. Za vlagatelje je avtorizacija avtomatska – ob prvi prijavi z registracijo se uporabniška vloga generira samodejno, brez potrebe po dodatni zahtevi za dostop.

Slika 1: Deležniki v postopkih, vodenih v eGraditvi.

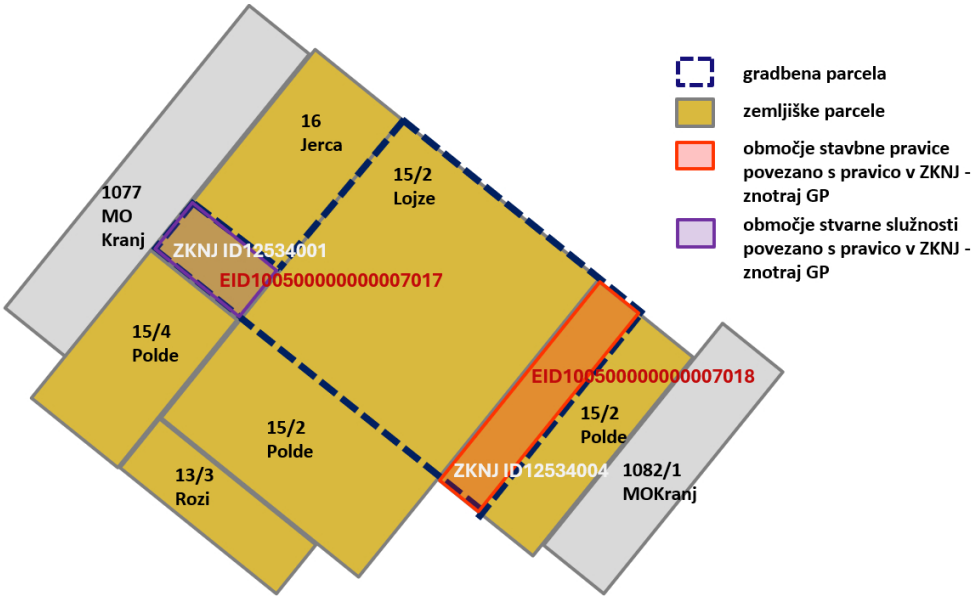
3 OSNOVNE ZNAČILNOSTI SISTEMA ZA EVIDENTIRANJE UPRAVNIH AKTOV

Sistem za evidentiranje upravnih aktov (PISUA) je osrednji del informacijskega okolja, namenjenega sistematičnemu vodenju evidenc upravnih aktov na področju graditve. PISUA se povezuje s sistemi pisarniškega poslovanja, ki delujejo na upravnih enotah, Ministrstvu za naravne vire in prostor ter Inšpektoratu Republike Slovenije za naravne vire in prostor. Iz sistemov pisarniškega poslovanja se prevzemajo administrativni podatki o posameznih upravnih aktih, ki se v okviru PISUA dopolnijo s podatki o lokaciji (vpis parcel, določitev centroida akta, vpis objektov za rušitev), in (opcijsko) digitalna projektna dokumentacija. Sistem za evidentiranje upravnih aktov je dosegljiv le v varnem državnem omrežju in ni javno dostopen prek interneta, temveč do njega dostopajo le uporabniki iz omrežij državne uprave (SIGOV). Zato, v nasprotju z odprto naravnanim sistemom eGraditev, ni namenjen digitalnemu sodelovanju širše javnosti.

4 VKLJUČITEV PODATKOV O NEPREMIČNINAH V EGRADITEV IN SISTEM ZA EVIDENTIRANJE UPRAVNIH AKTOV

4.1 Razmerje parcela – gradbena parcela

Gradbena parcela je sestavljena iz enega ali več elementov. Sestavine gradbene parcele so opredeljene s predmeti vpisa v kataster nepremičnin, in sicer s parcelo, območjem stavbne pravice in območjem stvarne služnosti. Ali je gradbena parcela opredeljena s parcelami ali območji stavbnih pravic ali stvarnih služnosti, je odvisno od vrste pravice graditi. Če investitor opredeljuje pravico graditi z lastninsko pravico, potem gradbeno parcelo predstavlja parcela ali več parcel. Če investitor opredeljuje pravico graditi z drugimi stvarnimi pravicami[2], gradbeno parcelo sestavljajo območja izvrševanja teh pravic, ki so opredeljena v katastru nepremičnin.



Slika 2: Gradbena parcela in njene sestavine.

Parcele morajo biti vedno v celoti vključene v gradbeno parcelo. Če se v projektni dokumentaciji opredeli kot gradbena parcela samo del parcele, je treba pred postopkom dovoljevanja izvesti parcelacijo. Gradbena parcela stavbe je torej lahko opredeljena kot:

- ena parcela,
- več parcel,
- območje stavbne pravice,
- ena parcela in območje stavbne pravice,
- ena parcela in območje stvarne služnosti,
- ena parcela, območje stavbne pravice in območje stvarne služnosti,

[2] *Glede na določila ZUreP-3 o sestavinah gradbene parcele so stvarne pravice, s katerimi se zagotavlja pravica graditi, le stavbna pravica, stvarna služnost in neprava stvarna služnost. Z osebnimi služnostmi ni mogoče izpolnjevati pogojev za pravico graditi.*

- več parcel in območje stavbne pravice,
- več parcel in območje stvarne služnosti,
- več parcel, območje stavbne pravice in območje stvarne služnosti,
- več območij stavbnih pravic,
- ena parcela in več območij stavbne pravice,
- ena parcela in več območij stvarne služnosti,
- ena parcela, več območij stavbne pravice in območje stvarne služnosti,
- ena parcela, več območij stavbne pravice in več območij stvarne služnosti,
- ena parcela, območje stavbne pravice in več območij stvarne služnosti,
- več parcel in več območij stavbne pravice,
- več parcel in več območij stvarne služnosti,
- več parcel, več območij stavbne pravice in območje stvarne služnosti,
- več parcel, več območij stavbne pravice in več območij stvarne služnosti ali
- več parcel, območje stavbne pravice in več območij stvarne služnosti.

Pri gradbenih parcelah, ki jih sestavljajo tudi območja stavbnih pravic ali stvarnih služnosti, lahko nastopijo težave zaradi neusklajenosti določil zakonodaje (ZUreP-3, 6. in 7. odstavek 191. člena; GZ-1, 46. in 62. člen; ZKN 160. člen). V postopku za pridobitev gradbenega dovoljenja GZ-1 ne predpisuje, da morajo biti sestavine gradbene parcele, ki jih predstavljajo območja stavbne pravice ali stvarne služnosti, evidentirane v katastru nepremičnin (GZ-1, 46. in 62. člen). Za pridobitev gradbenega dovoljenja zadostuje, da investitor izkazuje pravico graditi tudi z notarsko overjeno pogodbo o pridobitvi te pravice, ki je predlagana za vpis v zemljiško knjigo. Sestavine gradbene parcele, ki jih predstavljajo območja stavbne pravice ali stvarne služnosti, morajo biti evidentirane v kataster nepremičnin šele za pridobitev uporabnega dovoljenja (ZUreP-3, 6. in 7. odstavek 191. člena). Če območje stavbne pravice ali stvarne služnosti ni vpisano v začasni sloj katastra nepremičnin pred vpisom pravice v zemljiško knjigo, potem ni mogoče vzpostaviti povezave med območjem stavbne pravice ali stvarne služnosti in med stvarnimi pravicami, ki se bodo vpisale v zemljiško knjigo (ZKN 160. člen). Območja stavbnih pravic in območja stvarnih služnosti se lahko določajo samo za »nove« pravice, ne pa za pravice, ki so že vpisane v zemljiško knjigo. Tako pravica, ki je že vpisana v zemljiško knjigo in je zadostovala za izkazovanje pravice graditi za gradbeno dovoljenje, postane neuporabna za pridobitev uporabnega dovoljenja. Investitor mora tako za pripis pravice območjem v katastru skleniti novo pogodbo o ustanovitvi pravice in jo vpisati v zemljiško knjigo.

4.2 Vključevanje podatkov o nepremičninah v eGraditev v postopku pridobitve gradbenega dovoljenja

V sistemu eGraditev se zajem podatkov o zemljiščih in objektih pri vlogi za gradbeno dovoljenje izvaja na podlagi Pravilnika o projektni in drugi dokumentaciji ter obrazcih pri graditvi objektov (Pravilnik, 2023). V okviru gradbenega dovoljenja se v sistemu lahko vpišejo zemljišča za gradnjo, ki jih pravilnik navaja v prilogi 4C, in sicer:

- objekti in zunanja ureditev objekta,
- območje gradbišča izven seznama A,
- zemljišča za druge ureditve,
- prestavitve infrastrukturnih objektov,

- sosednja zemljišča,
- priključki na infrastrukturo:
  - oskrba s pitno vodo (trasa in priključek),
  - elektrika (trasa in priključek),
  - plin (trasa in priključek),
  - toplovod (trasa in priključek),
  - druga oskrba z energijo (trasa in priključek),
  - odvajanje fekalnih voda (trasa in priključek),
  - odvajanje meteornih voda (trasa in priključek),
  - komunikacijski vodi (trasa in priključek),
  - dostop do javne poti ali cesta (trasa in priključek),
  - zbiranje komunalnih odpadkov in
  - drugo (trasa in priključek).

Ti podatki so pomembni za določitev obsega posega v prostor, izračun komunalnega prispevka ter za usklajevanje z veljavnimi prostorskimi akti.

Poleg podatkov o zemljiščih omogoča eGraditev vnos podatkov o stavbah ali gradbeno-inženirskih objektih, kot jih določa pravilnik v prilogi 4B:

- za stavbe se navajajo podatki, kot so klasifikacija po CC-SI, zahtevnost gradnje, namembnost, število etaž, površine, prostornina, konstrukcijski elementi ter drugi tehnični podatki, in
- za gradbeno-inženirske objekte (npr. ceste, mostove, vodovode, kanalizacijo, daljnovode) se evidentirajo vrsta objekta, osnovni tehnični parametri (dolžina, kapaciteta, premer ipd.) in ključni elementi zasnove.

S tem se zagotavlja, da so v fazi izdaje gradbenega dovoljenja vsi relevantni podatki o zemljiščih in objektih zbrani v enotni, standardizirani obliki, ki omogoča nadaljnjo obdelavo v upravnih postopkih in zagotavlja dobro podlago za povezovanje z drugimi evidencami (npr. katastrom nepremičnin, zbirnim katastrom GJI).

4.3 Vključevanje podatkov o nepremičninah v eGraditev v postopku pridobitve uporabnega dovoljenja

V postopku pridobitve uporabnega dovoljenja v eGraditvi se vključevanje podatkov o nepremičninah vsebinsko naslanja na podatke, ki so bili že zbrani in evidentirani ob izdaji gradbenega dovoljenja. Sistem omogoča samodejni prenos teh podatkov v postopek za uporabno dovoljenje, kar zagotavlja kontinuiteto in sledljivost skozi celoten življenjski cikel projekta.

V fazi pridobivanja uporabnega dovoljenja se praviloma ne dodajajo nova zemljišča, temveč se preverja, ali dejansko izvedeno stanje ustreza zemljiščem, navedenim v gradbenem dovoljenju. Če so med gradnjo nastale spremembe (npr. parcelacija, sprememba obsega gradbene parcele itd.), je podatke mogoče dopolniti. Na ravni evidentiranja zemljišč je mogoče urejati ali dopolnjevati zemljišča za gradnjo, o katerih smo že govorili.

Ključni del postopka pri uporabnem dovoljenju je potrditev skladnosti izvedenega objekta z gradbenim dovoljenjem. Pri stavbah se podatki dopolnijo z dejanskimi meritvami (npr. neto tlorisno površino, prostornino, dejansko izvedenim številom etaž, konstrukcijskimi elementi), medtem ko se pri gradbeno -inženirskih objektih preverijo in dopolnijo dejanski tehnični parametri (dolžina, premer, kapaciteta ipd.).

5 GRADBENA PARCELA V KATASTRU NEPREMIČNIN

5.1 Definicija gradbene parcele v katastru nepremičnin

Gradbena parcela se v katastru nepremičnin vodi kot samostojna entiteta, ki jo določajo daljice in točke. Vsebuje naslednje podatke: ID, EID, oznako gradbene parcele (ki jo določi eGraditev), površino in geometrijo. Vsebuje tudi povezavo na sestavine gradbene parcele, ki so parcele, območja stavbne pravice in območja stvarne služnosti. Vsebovala bo tudi podatke o povezanih stavbah. Za vse spremembe na gradbeni parceli se vodi zgodovina.

5.2 Vpis gradbene parcele v kataster nepremičnin

Gradbena parcela se v katastru nepremičnin vpiše na podlagi podatkov, ki jih pošlje eGraditev. Ob izdaji dokumenta – upravnega akta (uporabno dovoljenje) – se pošljejo podatki o oznaki gradbene parcele in seznam parcel, območij stavbne pravice in območij stvarne služnosti, ki sestavljajo gradbeno parcelo. Pošljejo se tudi stavbe, povezane z gradbeno parcelo. Če sestavine gradbene parcele obstajajo v katastru nepremičnin, se opredeli plomba gradbene parcele.

Plomba gradbene parcele pomeni, da na sestavinah gradbene parcele (parcelah, območjih stavbne pravice in območjih stvarne služnosti) v postopkih sprememb v katastru nepremičnin veljajo enake omejitve urejanja kot za vpisano gradbeno parcelo. Plomba gradbene parcele nima geometrije in se v sistemu ne prikazuje.

Ko kataster nepremičnin od sistema eGraditev za gradbeno parcelo, za katero je opredeljena plomba, dobi informacijo, da se vpiše (pravnomočno uporabno dovoljenje), se za gradbeno parcelo kreira geometrija na podlagi njenih shranjenih sestavin. Tako postane gradbena parcela tudi vidna v sloju gradbenih parcel.

5.3 Spremembe gradbene parcele

V katastru nepremičnin se vse spremembe gradbene parcele izvedejo kot brisanje obstoječe in kreiranje nove gradbene parcele. Spremembe gradbene parcele v katastru nepremičnin (brisanje in vpis nove) so mogoče le na podlagi postopkov za spremembo gradbene parcele v eGraditvi (ZUreP-3, 194. člen). V postopku spremembe gradbene parcele se v eGraditvi spremenjeni gradbeni parceli določi nov identifikator, ki se pri vpisu spremembe v kataster nepremičnin tudi prevzame.

5.4 Brisanje gradbene parcele

Izbris gradbene parcele v katastru nepremičnin se izvede, če postopek odstranitve gradbene parcele sproži sistem eGraditev ali če je v njem voden postopek odstranitve objekta. Izbris je mogoč tudi, če je bil objekt v naravi odstranjen ali porušen, pri čemer mora njegov imetnik spremembo sporočiti Geodetski upravi Republike Slovenije, da se izvede ustrezna evidenčna sprememba.

5.5 Spremembe v katastru nepremičnin, ki vplivajo na gradbeno parcelo

V katastru nepremičnin so dovoljene spremembe na sestavinah gradbene parcele preko katastrskih postopkov samo, če ne spreminjajo mej gradbene parcele. Sprememba meje gradbene parcele v katastru nepremičnin bo mogoča le, če bo pobuda za spremembo izhajala iz sistema eGraditev – torej na podlagi

odločbe upravnega organa, ki je pristojen za gradnjo (upravne enote ali pristojnega ministrstva).

Katastrski postopki, ki se lahko izvajajo brez omejitev in ne pomenijo spreminjanja gradbene parcele, so izboljšava poteka teh mej oziroma sprememba meje zaradi postopkov na sosednji parceli (npr. dodana točka na mejo zaradi postopka na sosednji parceli), vpis območij stvarne služnosti ali stavbne pravice, vpis ali spremembe stavbe in vpisa sestavine dela stavbe.

Katastrski postopki, ki ne spreminjajo mej gradbene parcele, so:

- ureditev meje parcele,
- lokacijska izboljšava,
- označitev meje parcele,
- določitev območja stavbene pravice ali stvarne služnosti,
- vpis stavb in delov stavb in
- vpis sprememb podatkov stavb in delov stavb.

Katastrski postopki, ki spreminjajo meje gradbene parcele v skladu z določili ZKN in ZUrep-3, so:

- parcelacija,
- izravnava meje,
- komasacija in
- preureditev parcele v okviru nove izmere.

V katastru nepremičnin kontrole preprečujejo spremembe na meji gradbene parcele kakor tudi spremembe na samih sestavinah gradbene parcele in njihovih mejah, če so to postopki, ki so zgoraj opredeljeni kot postopki spreminjanja mej.

Spremembe mej sestavin gradbene parcele, ki ne pomenijo spremembe meje gradbene parcele, bo mogoče izvesti na podlagi soglasja za spreminjanje mej, ki ga izda občina. Geodetsko podjetje bo moralo pripraviti prilogo k zahtevi za soglasje za spreminjanje mej, v kateri bo podalo grafični prikaz parcelnih mej pred spremembo in po njej, podatek o površini parcel pred spremembo in po njej ter obrazložitev razlogov za spremembo meje in skladnosti spremembe meje z občinskim prostorskim izvedbenim aktom. Če bo soglasje izdano, bo moralo izvesti postopek na način, kot je bil podan v prilogi za izdajo soglasja. Geodetska uprava bo v okviru upravnega dela katastrskega postopka morala preveriti, ali je inženirski del katastrskega postopka izveden v skladu s soglasjem ali ne.

Spremembe na meji gradbene parcele v katastru nepremičnin pa bodo mogoče izključno na podlagi odločbe o spremembi gradbene parcele, ki jo bo izdala upravna enota ali pristojno ministrstvo.

Vse spremembe gradbene parcele v katastru nepremičnin se bodo hranile v zgodovinskih tabelah katastra nepremičnin

6 ZAKLJUČEK

Dostop do informacij ter vsebin s področja graditve objektov v eGraditvi je nujno potreben tako za zagotovitev pravnega varstva v času obstoja stavbe kakor tudi za zagotavljanje skladnosti gradnje s prostorskim izvedbenimi akti in za načrtovanje prihodnjih posegov v prostor. S povezavo eGraditve in katastra nepremičnin preko gradbene parcele pa bo onemogočeno njeno nekontrolirano spreminjanje in

s tem ustvarjanje nelegalnih gradenj zaradi spreminjanja velikosti in oblike gradbenih parcel. Z uvedbo zaznambe gradbene parcele v zemljiški knjigi (ZUreP-3, 191.a člen) bo onemogočena tudi odtujitev samo posameznih sestavin gradbene parcele. S tem ukrepom se namreč zagotavlja, da se lastninska ali stavbna pravica gradbene parcele, ki jo tvori več sestavin, na njej lahko prenaša samo skupaj.

Literatura in viri:

Černe, T. (2025). Stavbna zemljišča. 17. dnevi stvarnega in zemljiškoknjižnega prava. Zbornik 2025 (str. 39–51). Ljubljana: Lexpera, GV založba.

Gradbeni zakon (GZ-1). Uradni list RS, št. 199/21, 105/22 – ZZNŠPP, 133/23, 85/24 – ZAID-A, 47/25 – odl. US in 75/25.

Hauptman, M., Koračin, K., Kovačič, M., Lenarčič, D., Ovca, M., Predan, P., Ravnihar, F., Rotar. M., Urbanc, J., in Vugrin, M. (2024). Območja stvarnih služnosti in stavbnih pravic. Priporočila uvajanja pravil ZKN in uvedbe IS kataster. Geodetska uprava R Slovenije, Inženirska zbornica Slovenije in GIZ geodetskih izvajalcev. Ljubljana.

https://www.e-prostor.gov.si/fileadmin/Podrocja/Parcele_stavbe/Drugo_razno/Navodila/Priporocila_z_dne_26_11_2024-verzija_12_za_objavo.docx , pridobljeno 27. 7. 2024.

Pravilnik (2023). Pravilnik o projektni in drugi dokumentaciji ter obrazcih pri graditvi objektov. Uradni list RS, št. 30/23.

Priporočila (2024). Priporočila št. 1 – Načrtovanje gradbene parcele. Ministrstvo za naravne vire in prostor, št. 35201-165/2023-2560-1 z dne 5. 1. 2024. https://zaps.si/wp-content/uploads/2024/06/2024-01-05-Priporocilo-gradbena-parcela-V2.pdf, pridobljeno 27. 7. 2024.

Vugrin, M. (2022). Način vpisa območja služnosti in stavbne pravice v kataster. V N. Plaušak (ur.), Sodobno stvarno pravo 2022. Zbornik (str. 36–38). Ljubljana: TAX-FIN-LEX, pravno-poslovni portal, založništvo in izobraževanja, d.o.o., Ljubljana.

Vugrin, M. (2025). Povezava med prostorskimi in nepremičninskimi evidencami. 17. dnevi stvarnega in zemljiškoknjižnega prava. Zbornik 2025 (str. 57–62). Ljubljana: Lexpera, GV založba.

Zakon o katastru nepremičnin (ZKN). Uradni list RS, št. 54/21, 85/24 – ZAID-A in 77/25.

Zakon o urejanju prostora (ZUreP-3). Uradni list RS, št. 199/21, 18/23 – ZDU-10, 78/23 – ZUNPEOVE, 95/23 – ZIUOPZP, 23/24, 109/24, 25/25 – odl. US in 75/25.

Cedilnik R., Muck M., Vugrin M. (2025). Povezava evidenc s področja graditve in katastra nepremičnin.
Geodetski vestnik, 69 (4), 594-602.
DOI: https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2025.04.594-602

Rok Cedilnik
IGEA d.o.o., Podpeška cesta 1, 1351 Brezovica pri Ljubljani
e-naslov: rok.cedilnik@igea.si

Miha Muck
IGEA d.o.o., Podpeška cesta 1, 1351 Brezovica pri Ljubljani
e-naslov: miha.muck@igea.si

mag. Marijana Vugrin
Digi data d.o.o., Delavska cesta 24, 4208 Šenčur
e-naslov: marijana@digidata.si

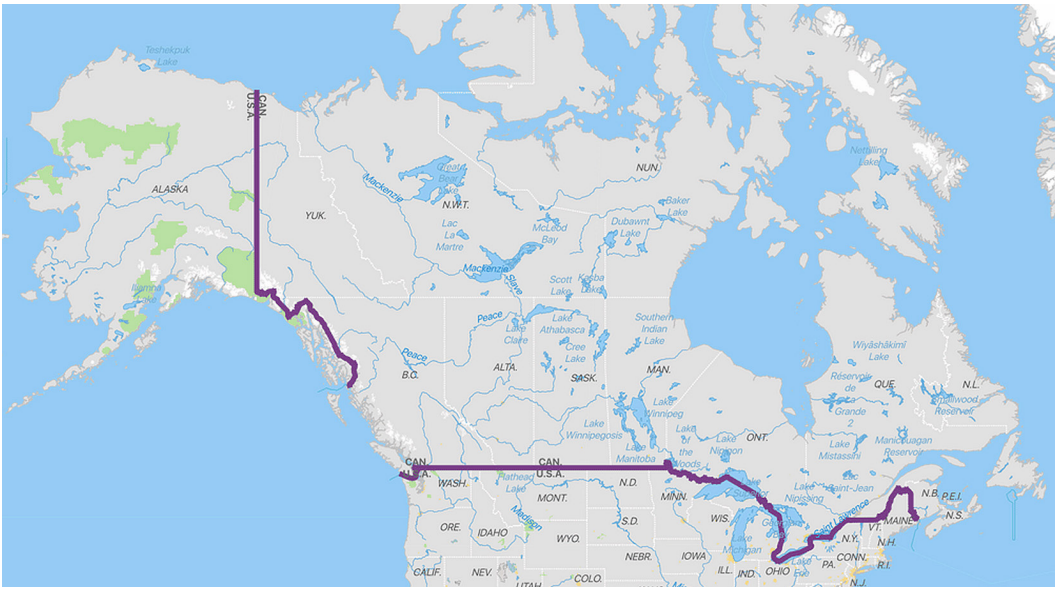
Zvezdni mož Koo-Koo-Sint, astronom in geodet David Thompson

A Star Man Koo-Koo-Sint, Astronomer and Surveyor David Thompson

Joc Triglav

1 UVOD

To je zgodba o skoraj pozabljenem pomembnem geodetu in astronomu iz časov pred dobrima dvema stoletjema. Njegovo ime je David Thompson. Z njim sem se »srečal« pred dvajsetimi leti med raziskovanjem virov o slavnih geodetih in raziskovalcih 18. in 19. stoletja, katerih strokovni, znanstveni in drugi dosežki so se trajno zapisali v svetovno zgodovino geodezije in kartografije. O nekaterih od njih sem v takratnem navdušenju napisal več poljudnih člankov (npr. Triglav, 2006a, 2006b, 2006c, 2009 in 2020), na Thompsona pa sem pozneje pozabil. Nanj sem se spet spomnil po letošnji januarski inavguraciji ameriškega predsednika, ko so kmalu zatem svetovne medije zasule novice o njegovih namigih, da si (med drugim) želi Kanado priključiti k ZDA kot 51. zvezno državo. Ko se je izkazalo, da ne gre za »fake news« oziroma novinarsko raco, se je začudenju svetovne javnosti nad tako idejo pridružilo še ogorčeno nasprotovanje med veliko večino prebivalstva v Kanadi z jasnim sporočilom: državna meja je bila določena pred več kot dvesto leti in taka bo tudi ostala.



Slika 1: Državna meja na kopnem med Kanado in ZDA na karti v Mercatorjevi projekciji. Na karti ravni vodoravni del meje poteka po 49. vzporedniku, ravni navpični del meje pa po 141. poldnevniku. Vir karte: www.geographyrealm.com.

Mož, ki je večinoma izmeril in kartiral to mejo, je bil David Thompson (1770-1857). Njegove karte so tudi v sodobnem času še vedno podlaga za prikaze državne meje. Med letoma 1790 in 1812 je bil odgovoren za zgodnje kartiranje velikih območij britanske Kanade in Oregonskega ozemlja, med letoma 1816 in 1826 pa je delal kot glavni geodet za britanske interese pri Mednarodni komisiji za meje (Mejna komisija, 2025) po 6. in 7. členu sporazuma iz Genta (Gentski sporazum, 1814). Na svojih odpravah je s kanuji, na konju in peš prepotoval približno 90.000 kilometrov po takrat še zemljepisno »prazni« Severni Ameriki in spotoma kartiral skoraj štiri milijone kvadratnih kilometrov te celine. Za boljšo predstavo, za kako veliko območje gre: to je približno šestina površine severnoameriške celine ali površina kakšnih dvesto Slovenij. Ne glede na številne težave ali nevarnosti potovanj po neznanem svetu nikoli ni zanemaril izvajanja svojih meritev in izdelave kart.

Meja med britanskim ozemljem in ozemljem ZDA je bila dogovorjena leta 1783, po koncu ameriške vojne za neodvisnost (Mirovni sporazum, 1783). Vzhodni, »vijugasti« del državne meje od Atlantika do Gozdnega jezera (angl. *Lake of the Woods*) je bil določen leta 1814 (Gentska pogodba, 1814). Državna meja po 49. vzporedniku za zahodni, »ravni« del meje od Gozdnega jezera do grebena Skalnega gorovja je bila določena leta 1818 (Mejna konvencija, 1818). Meja od grebena Skalnega gorovja do Tihega oceana je bila določena leta 1846 (Oregonska pogodba, 1846). Zahodna meja Kanade z Aljasko, katere ravni del poteka po 141 poldnevniku, je bila določena s konvencijo leta 1892 in kasnejšimi sporazumi (slika 1). Skozi leta, ko so se novi priseljenci premikali proti zahodu in nato proti severu, je bilo sklenjenih dvajset sporazumov, konvencij in pogodb o mejah med štirimi suverenimi državami - ZDA, Kanado, Združenim kraljestvom in Rusijo (Mejna komisija, 2025).

2 SKROMNI ZAČETKI

David Thompson se je rodil 30. aprila 1770 v Westminstru v Angliji staršema, ki sta bila po rodu iz Walesa. David še ni bil star dve leti, ko mu je umrl oče. Družina je živela v revščini in mami je Davida, ko je bil star sedem let, uspelo vpisati v dobrodelno šolo za siromašne fante Great Coat School v Westminstru, kjer so ga poleg učenja krščanskih vrlin najbolj zanimali matematika, geografija in nasploh naravoslovje. Po šestih letih šolanja, v katerih se ga je prijel vzdevek »matematični fant« (angl. *mathematical boy*), mu je vodstvo šole uredilo in plačalo sedemletno vajeniško dobo pri družbi Hudson Bay Company, ki je delovala na območju britanske Kanade. Ko je vajenec Thompson jeseni leta 1784 pripotoval iz Anglije v Hudsonov zaliv (angl. *Hudson Bay*) v britanski Kanadi, so takratni evropski naseljenci poznali celino naprej proti zahodu le do reke Misisipi in do Gornjega jezera (angl. *Lake Superior*), zahodno od tega je bila karta celine zanje prazen list (slika 2), čeprav so tam živela številna avtohtona plemenska ljudstva Indijancev.

V naslednjih letih je Thompson dobival službene zadolžitve pri raziskovanju poti in vzpostavljanju postojank za trgovanje s krznom, ki jih je družba gradila pri svojem širjenju na zahod in severozahod Kanade. Za to obdobje je bilo značilno hudo rivalstvo med angleškimi trgovci iz Hudsonovega zaliva in francoskimi trgovci iz Montreala. Ključna za posel je bila skrb za dobre odnose in sodelovanje z avtohtonimi plemeni Črnonogih (angl. *Blackfoot*), Piegan, Cree, Assiniboin in številnimi drugimi. Družba je za to nalogo izbrala Davida Thompsona s še nekaj sodelavci. To je bil Thompsonov prvi stik s širjavami neznane celine, in tako je že od sedemnajstega leta naprej spoznaval in sprejemal temeljna dejstva o naravnem življenju in navadah tam živečih avtohtonih ljudstev.

Slika 2: V času Thompsonovega prihoda v Kanado je leta 1784 uradno izšla Robertsova splošna karta sveta s prikazom odkritij in poti treh pomorskih potovanj Jamesa Cooka. Na sliki je izsek iz karte za severnoameriško celino – njen severozahodni del je na karti še skoraj povsem prazen (Roberts, 1784).

3 KOO-KOO-SINT

Na eni od teh zgodnjih poti si je Thompson leta 1788 pri osemnajstih letih pri padcu zlomil desno golenico, kar bi ga lahko stalo življenja, a je postopoma okreval, vendar je odtlej vse življenje šepal. Med okrevanjem, ki je trajalo dve dolgi kanadski zimi, je moral mirovati in prilagoditi svoje aktivnosti. Zato je pod mentorstvom glavnega geodeta družbe ta čas izkoristil za intenzivno pridobivanje znanj iz geodezije in praktične astronomije ter izvajanje geodetskih in astronomskih meritev Sonca in Lune za določitev zemljepisne dolžine in širine - čeprav je zaradi okužbe izgubil vid na desnem očesu. Leta 1791 ga je družba na njegovo prošnjo ob koncu vajeniške dobe opremila s sekstantom, daljnogledi in drugo geodetsko opremo ter ga za stalno zaposlila, najprej kot trgovca s krznom in leta 1794 kot geodeta. Ko so leta 1797 v družbi od njega zahtevali, da opusti meritve in se posveti samo trgovanju s krznom, je zapustil Hudson Bay Company in se zaposlil pri konkurenčni North West Company kot geodet in trgovec s krznom. Tega leta so ga delodajalci poslali na jug, da bi raziskal del kanadsko-ameriške meje vzdolž vodnih poti od Gornjega jezera do Gozdnega jezera in pomagal razjasniti nerešena vprašanja glede ozemelj iz sporazuma med Veliko Britanijo in ZDA, ki ga je po ameriški vojni za neodvisnost leta 1794 pripravil ameriški vrhovni sodnik John Jay (Jayeva pogodba, 1794).

Leta 1797 je bil potek meje med britanskim in ameriškim ozemljem zahodno od Gozdnega jezera še vedno nerešen, zato je bila Thompsonova naloga za novega delodajalca raziskati ozemlja proti zahodu vzdolž 49. vzporednika in nad njim ter kartirati položaje vseh trgovskih postojank North West Company. Do leta 1806 je izmeril in kartiral celotno območje vzhodno od Skalnega gorovja, na katerem je družba trgovala s krznom. Svoje meritve in opažanja je skrbno zapisoval v dnevnike. Iz njegovih zapiskov v dnevnikih meritev je razvidno, da je za meritve vsa leta uporabljal desetpalčni medeninasti sekstant znamke Dolland, ki je omogočal kotne odčitke na 15'' (slika 3).

Slika 3: Sekstant znamke Dolland. S takšnim sekstantom je Thompson izvajal svoje astronomske in geodetske meritve. Vir slike: https://www.1stdibs.com/furniture/more-furniture-collectibles/collectibles-curiosities/scientific-instruments/brass-sextant-william-dolland/id-f_29626112/.

Zaradi pogostih astronomskih in geodetskih opazovanj s sekstantom, ki jih je redno izvajal na vseh svojih odpravah, je postal med avtohtonimi ljudstvi znan pod imenom Koo-Koo-Sint, tj. »mož, ki gleda v zvezde« (slika 4). Z njimi je imel odlične odnose, spoštoval je njihova prepričanja in verovanja. Medtem ko so avtohtona ljudstva na nebu našla navdih za svoja verovanja in legende, je Thompson z »gledanjem v zvezde« natančno določal zemljepisno širino in dolžino ter kartiral kanadske zapletene vodne ter ostale poti in topografske podatke na miljo natančno, kljub pomanjkanju globinskega zaznavanja zaradi izgube vida na enem očesu. Bil je cenjen strokovnjak, ne le zaradi navigacijskih in raziskovalnih sposobnosti, temveč tudi zaradi obvladovanja več jezikov avtohtonih ljudstev, za katere je sestavil številne slovarje.

Slika 4: Zvezdni mož Koo-Koo-Sint s sekstantom med določanjem višine Sonca z opazovanjem zrcalne podobe Sonca na umetnem horizontu v ravni železni posodi, v katero je bilo nalito živo srebro. Posoda je prekrita s poševno stekleno strehico in postavljena na ravno in trdno podlago v položaju, ki odseva podobo Sonca. Vir slike: Charles William Jefferys fonds, https://recherche-collection-search.bac-lac.gc.ca/eng/home/record?app=fonandcol&idnumber=2900259&ecopy=c073573.

Med eno od svojih odprav se je Thompson junija 1799 pri 29 letih poročil z dekletom mešanega rodu (Métis), takrat 13-letno Charlotte Small, hčerko škotskega trgovca s krznom in avtohtone ženske iz plemena Cree, ki ga je kasneje s postopoma rastočo družino zvesto spremljala na številnih odpravah v divjino in mu svetovala ter lajšala stike z domorodci (slika 5). Bila je ena od mnogih žena, ki so si s svojim poznavanjem avtohtonih jezikov, kulture in spretnosti preživetja v divjini delile življenjsko pot s trgovci s krznom. Métis je danes ena od treh skupin avtohtonih prebivalcev v Kanadi, drugi dve pa sta Prvi narod (angl. *First Nation*) in Inuiti (Kanadska enciklopedija, 2025). Čez reke, gore in brezpotja je potovala dlje kot katera koli druga ženska svojega časa in podpirala moža, ko je kartiral celino. Thompson je v svoj dnevnik o njej zapisal (cit.): »Moja ljubka žena je iz krvi teh ljudi, govori njihov jezik in je dobro izobražena v angleškem jeziku, kar mi daje veliko prednost« (Find Grave, 2025b). Njuna zveza je veljala za izjemno trdno, Charlotte pa je s svojim poznavanjem jezika in običajev avtohtonih ljudstev pogosto prevzela vlogo posrednice ter pomagala ustvarjati zaupanje med člani vsakokratne Thompsonove odprave in lokalnimi avtohtonimi skupnostmi. Poročena sta bila kar 57 let in imela 13 otrok, sedem sinov in šest hčera.

Slika 5: V kraju Invermere ob jezeru Windermere v kanadski provinci Britanska Kolumbija stoji kip Davida Thompsona s sekstantom v rokah in njegove žene Charlotte, ki ga je z njuno družino spremljala na številnih odpravah. Thompsonovi spomeniki in obeležja so postavljeni tudi v številnih drugih krajih, zgodovinsko povezanih z njim. Vir slike: https://www.columbiavalleypioneer.com/wanted-charlotte-small-stories-and-artifacts/.

4 PO REKI KOLUMBIJA DO OBALE TIHEGA OCEANA

Leta 1804 se je družba North West Company po pridružitvi ene od konkurenčnih družb odločila za razširitev trgovanja s krznom na območja zahodno od Skalnega gorovja do obale Tihega oceana, na območje današnje kanadske province Britanska Kolumbija in današnjih ameriških zveznih držav Idaho, Washington, Oregon in Montana. Thompson, ki je bil tudi sam partner v novi družbi, je bil zadolžen za vodenje trgovcev preko gorovja na zahod. V zimi 1806-1807 se je s sodelavci ter z ženo in družino podal preko Skalnega gorovja skozi prelaz Howse Pass v porečje reke Kolumbija. Naslednja tri leta je potoval sem in tja čez prelaz ter hkrati vzpostavljal trgovske postojanke ob reki Kolumbija in njenih pritokih. Pri tem je sproti skrbno izvajal geodetske meritve vseh krajev na poti ter na vseh postojankah in pomembnejših lokacijah za točne določitve položajev izvajal tudi astronomska opazovanja.

Slika 6: Majhen izsek "vogala" enega od listov Thompsonove karte iz leta 1814 prikazuje del porečja reke Kolumbija z obalo Tihega oceana na levi in delom Skalnega gorovja na desni strani slike. Na povečanem spodnjem delu slike je prikazan Thompsonov podpis, na svojih kartah se je podpisoval kot astronom in geodet. Vir slike: Digitalna arhivska zbirka Univerze v Calgaryu, https://digitalcollections.ucalgary.ca/archive/Copy-of-a-portion-of-map-of-the-North-West-Territory-of-the-Province-of-Canada-from-actual-survey-during-the-years-1792-to-1812-2R3BF1F3BH31Q.html.

Širil je trgovino s krznom družbe North West Company med avtohtonimi ljudstvi zahodno od Skalnega gorovja in raziskoval, geodetsko izmeril ter kartiral najboljše poti (slika 6), po katerih bi lahko dosegli avtohtona ljudstva in po katerih bi lahko kupljeno krzno prepeljali do Montreala. Potoval je premišljeno ter previdno, vedno z mislijo na izvajanje meritev in kartiranje. V vseh krajih, ki jih je prehodil, je javno oznanil, da ta ozemlja pripadajo Veliki Britaniji. Značilno zanj je bilo tudi, da pri trgovanju z avtohtonimi ljudstvi ni želel uporabljati alkohola, čeprav je bil ta med njimi pogosto najbolj cenjena »valuta« v zameno za njihova krzna.

5 NAZAJ NA VZHOD

Po osemindvajsetih letih raziskovanj severnoameriške celine se je Thompson pozimi 1811-1812, ko je že bila v teku vojna med ZDA in britansko Kanado za takrat še medsebojno sporna ozemlja, odpravil nazaj proti vzhodu v Montreal, kamor je prispel pozno poleti 1812. V letih 1813-1814 je za družbo North West

Company na podlagi opazovanj in meritev, ki jih je izvedel med letoma 1792 in 1812, izdeloval svojo veliko karto severozahodne Kanade, v merilu približno petnajst milj na palec. To je bil kartografski povzetek njegovega življenjskega raziskovanja in meritev notranjosti Severne Amerike. Karta je pokrivala široko območje, ki se razteza od Gornjega jezera do Tihega oceana (slika 7). Trideset let kasneje je Thompson sestavil tudi atlas, ki je še veliko podrobneje pokrival isto območje, a mu nikoli ni uspelo najti založnika zanj.

Slika 7: Thompson je leta 1813 od družbe North West Company dobil posebno nalogo, da z uporabo astronomskih in geodetskih opazovanj, ki jih je skrbno izvajal dve desetletji, nariše najbolj podroben zemljevid kanadskega severozahoda. V Arhivih Ontaria razstavljeni izvod Thompsonove karte je približno 213 centimetrov visok in 328 centimetrov dolg (Arhivi Ontario, 1814).

6 OD GEODETA ZA DRŽAVNO MEJO DO REVEŽA

Bil je na vrhuncu moči in se je leta 1814 v domačem kraju Terrebonne registriral kot poklicni geodet. V letih od 1816 do 1826 so ga britanske oblasti zaradi odličnega poznavanja terena in natančnega izvajanja meritev zadolžile za merjenje in določanje mejne črte med Kanado in Združenimi državami (sliki 8 in 9). Leta 1817 je začel na Reki svetega Lovrenca, nato pa se je premikal proti zahodu ob obalah Velikih jezer ter leta 1825 dosegel severozahodni del Gozdnega jezera.

V kasnejših letih, po koncu uradnih zadolžitev za določitev državne meje, se je življenje za Thompsona in njegovo družino začelo hitro obračati na slabše. Cerkveno podjetje, v katero je vložil večino svojih znatnih prihrankov, je bankrotiralo. Poleg tega sta se obe njegovi nekdanji družbi, Hudson Bay Company in North West Company, leta 1821 združili v skupno podjetje, ki je bilo do nekdanjega Thompsonovega dela brezbrižno. Thompsonove podatke so poslali izdelovalcu zemljevidov Aaronu Arrowsmithu v London,

ki jih je prosto uporabljal, ne da bi Thompsonu pripisal zasluge zanje. Po Thompsonovem nasprotovanju mu je britanski zunanji minister za vse poslane podatke in informacije plačal pičlih 150 funtov. Njegovi dragoceni zemljevidi in dokončani atlas, ki jih je leta 1843 poslal zunanjemu ministrstvu v London, pa niso bili nikoli niti vrnjeni niti plačani. Namesto da bi bila z ženo v poznih letih preskrbljena, kot bi si zaslužila, so v družini ostali brez prihodkov. Vrnil se je k delu in izvajal različne geodetske meritve, predvsem ob rekah in jezerih na vzhodu Kanade. Leta 1846, ko je bil star 76 let, mu je vid na preostalem očesu tako oslabel, da ni zmogel več izvajati geodetskih del in kartiranj.

Slika 8: Pogled vzdolž državne meje na območju med kanadsko provinco Quebec in ameriško zvezno državo Maine, ki jo je pred dvema stoletjema v naravi določal tudi Thompson, je značilen za katero koli gozdnato območje med Kanado in ZDA. Meja poteka po sredini 6 metrov širokega očiščenega pasu, ki se razteza od obzorja do obzorja. Čez gore in doline, po pečinah, ob vodnih poteh, čez jezera, skozi gozdove in prerijske trave se mejna črta vije v skupni dolžini 8891 kilometrov, od tega 5061 kilometrov po kopnem in 3830 kilometrov po kopenskih vodah (Mejna komisija, 2025).

Slika 9: Na sliki geodeti postavljajo nov državni mejnik na mejno črto. Za vzdrževanje in obnavljanje več kot 8000 državnih mejnikov in več kot 1000 točk geodetske mreže na državni meji ter za redno čiščenje mejnega pasu med Kanado in ZDA je zadolžena meddržavna mejna komisija (Mejna komisija, 2025).

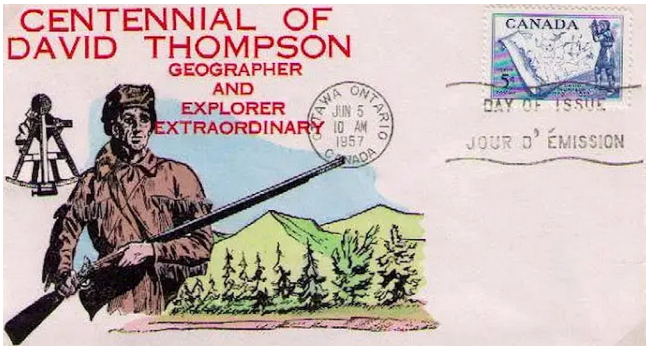
Naslednje leto je začel pisati spomine, ki so temeljili na 39 delih od 77 njegovih osebnih dnevnikov, vendar mu zaradi pešanja vida in revščine dela ni uspelo dokončati. V preostalih letih svojega življenja je bil za preživetje prisiljen prodati vse svoje premoženje, vključno z inštrumenti in kartami. Zadnja leta sta z ženo v revščini preživela pri hčerini družini. Umrl je 10. februarja 1857, žena Charlotte pa le tri mesece za njim. Pokopana sta bila v neoznačen grob na pokopališču Mount Royal v Montrealu. Za Kanado in ves ostali svet je David Thompson skupaj z vsemi svojimi izjemnimi dosežki, meritvami in kartami za pol stoletja utonil v pozabo.

7 VZPON IZ POZABE DO NARODNEGA JUNAKA

V zgodnjih letih prejšnjega stoletja je Thompsona iz pozabe končno rešil veliki kanadski geolog, kartograf in zgodovinar Joseph Burr Tyrrell (1858-1957), ki je bil javnosti najbolj znan zaradi odkritij kanadskih najdišč okostij dinozavrov in nahajališč zlata, zasebno pa je proučeval zgodovino trgovine s krznom. Leta 1895 je naletel na Thompsonove nedokončane biografske spomine (11 knjig terenskih zapiskov, 39 dnevnikov, zemljevidov in pripovedi), ki jih je uredil in leta 1916 objavil kot Pripoved Davida Thompsona (Tyrrell, 1916). Spodbudil je tudi kanadsko zgodovinsko društvo Champlain Society, da je leta 1927 označilo Thompsonov grob na pokopališču Mount Royal (Find Grave, 2025a) z grškim stebrom in medeninastim sekstantom na vrhu ter ob njem postavilo spominsko ploščo njegovi ženi Charlotte (slika 10).

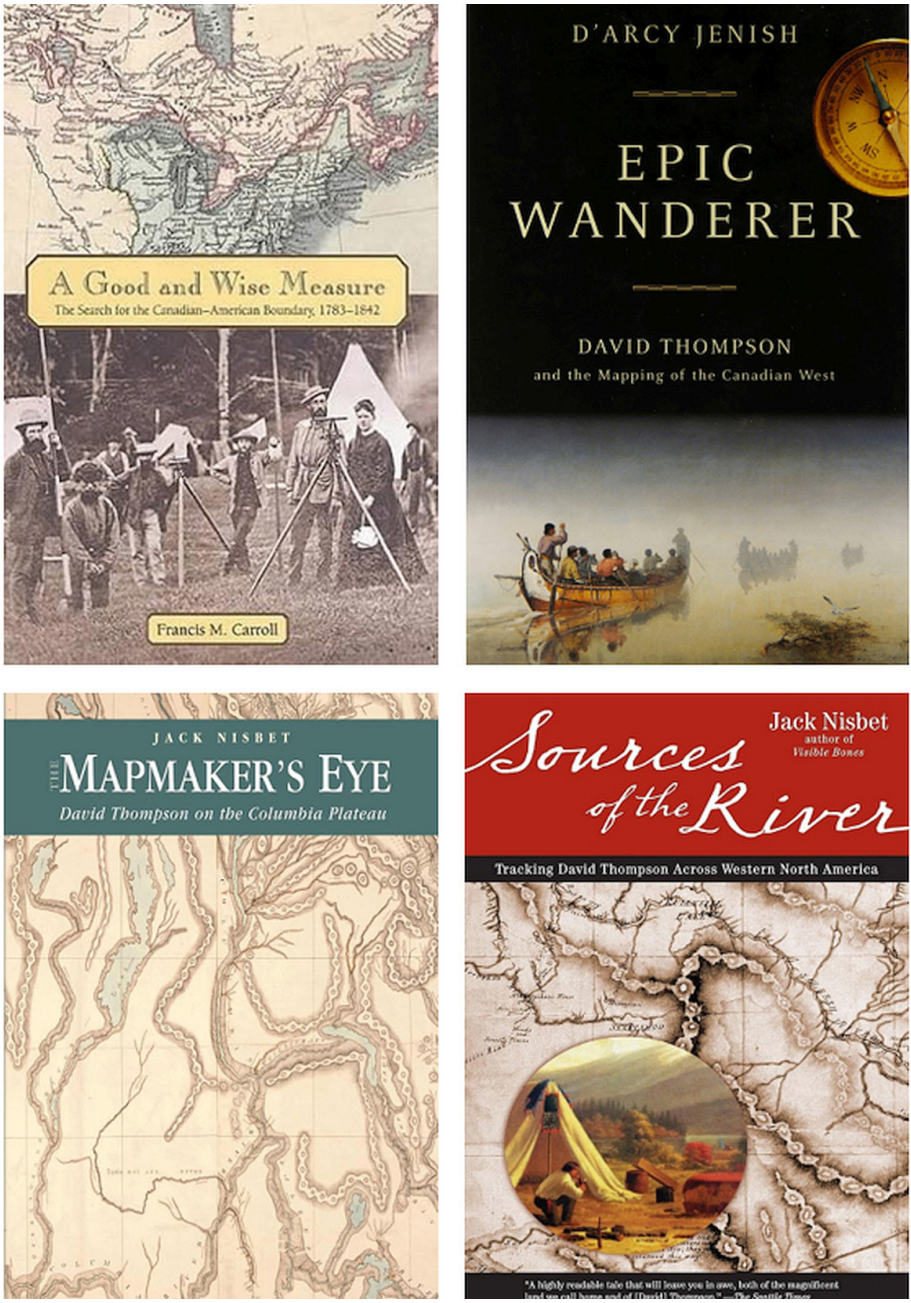
Slika 10: Na Thompsonov neoznačeni grob so leta 1927, 70 let po njegovi smrti, postavili grški steber z medeninastim sekstantom na vrhu in napisom »V spomin na največjega kanadskega geografa…«. Danes je steber brez sekstanta, ker je ta iz previdnostnih razlogov shranjen v upravi pokopališča (Find Grave, 2025a).

Leta 1957, ob stoletnici njegove smrti, sta ga kanadska vlada in pošta počastili z njegovo podobo na kanadski poštni znamki (slika 11). V provinci Alberti so po njem poimenovali avtocesto s krasnimi razgledi na kraje, ki jih je nekoč meril in raziskoval, njegovo ime nosijo številne pohodniške poti po kanadski divjini itd. Po njem se imenujejo šole, na različnih zgodovinskih krajih v Kanadi in tudi v ZDA so v spomin nanj postavljeni spomeniki, table in obeležja.



Slika 11: Ob stoletnici smrti Thompsona je kanadska pošta leta 1957 izdala spominsko znamko. Na sliki primer ročno poslikane naslovnice izdaje prvega dne znamke z žigom. Vir slike: https://postalhistorycorner.blogspot.com/2010/08/1957-david-thompson-david-thompson-1770.html.

V zadnjih desetletjih so o Thompsonovem delu in njegovih izjemnih dosežkih izšle številne knjige (npr. Carroll, 2001; D'Arcy, 2003; Nisbet, 2005 in 2007; Thompson, 2007) (slika 12). O njem in njegovem delu so posneti številni dokumentarni filmi. Skozi vse to Kanadčani postopoma spoznavajo, kako velik mož je živel med njimi in s svojimi dosežki postavljal temelje njihove države in državnosti.



Slika 12: Naslovnice nekaterih novejših knjig o Davidu Thompsonu.

8 Zaključek

Davida Thompsona je po dolgih desetletjih izvajanja geodetskih in astronomskih meritev postopoma objela tema, da v svojih poznih letih ni mogel več opazovati Sonca, Lune in zvezd na nebu, niti predstaviti javnosti svojih kartografskih dosežkov in dragocenih dokumentiranih spominov. Danes pa je kljub grenkobi predolge pozabe prav z njimi sam postal svetla geodetska in astronomska zvezda, spoštovan je kot kanadski narodni junak in njihov največji geograf.

V sodobnem času, ko imamo iz vesolja, zraka in na druge načine poslikan in premerjen vsak košček našega planeta, si težko predstavljamo pravo vrednost prispevka Davida Thompsona h geografskemu poznavanju in kartografskemu prikazovanju severnoameriške celine. Ta zapis k boljši predstavi o tem lahko prispeva le drobne delčke, veliko več informacij o zvezdnem možu Koo-Koo-Sintu, o njegovem delu in meritvah ter o njegovem divjem svetu pa lahko radovedne geodetinje in geodeti najdete med spodaj navedenimi pisnimi in spletnimi viri ter spletnimi video vsebinami (Adventures, 2025; David Thompson Country, 2025; YouTube, 2025a in 2025b).

Literatura in viri:

Adventures (2025). David Thompson's Country Hikes, https://www.10adventures.com/hikes/david-thompson-country/, pridobljeno 5. 11. 2025.

Arhivi Ontario (1814). Map of the North-West Territory of the Province of Canada by David Thompson, 1814, David Thompson Fonds, Archives of Ontario, https://archives.gov.on.ca/en/explore/online/thompson/big/big_44_thompson_map.aspx, pridobljeno 3. 11. 2025.

Carroll, F. M. (2001). A Good and Wise Measure: The Search for the Canadian-American Boundary, 1783–1842. Toronto: University of Toronto Press, 462 str., https://books.google.si/books/about/A_Good_and_Wise_Measure.html?id=1AjlS20Q5J8C, pridobljeno 3. 11. 2025.

D'Arcy, J. (2003). Epic Wanderer: David Thompson and the Mapping of the Canadian West. Lincoln: University of Nebraska Press, 309 str., https://books.google.si/books?id=B0RVfXVkFKQC, pridobljeno 3. 11. 2025.

David Thompson Country (2025). David Thompson Country – Challenge Your Inner Explorer, https://davidthompsoncountry.ca/, pridobljeno 5. 11. 2025.

Find Grave (2025a). https://www.findagrave.com/memorial/2662/david-thompson, pridobljeno 3. 11. 2025.

Find Grave (2025b). Find a grave, https://www.findagrave.com/memorial/80592019/charlotte-thompson, pridobljeno 3. 11. 2025.

Gentska pogodba (1814). Treaty of Peace and Amity between His Britannic Majesty and the United States of America, https://avalon.law.yale.edu/19th_century/ghent.asp, pridobljeno 3. 11. 2025.

Jayeva pogodba (1794). The Jay Treaty 1794 and Associated Documents, https://avalon.law.yale.edu/subject_menus/jaymenu.asp, pridobljeno 3. 11. 2025.

Kanadska enciklopedija (2025). https://www.thecanadianencyclopedia.ca/en/article/first-nations in https://www.thecanadianencyclopedia.ca/en/article/metis, pridobljeno 3. 11. 2025.

Mejna komisija (2025). International Boundary Comission, https://www.internationalboundarycommission.org/en/about/history.php, pridobljeno 3. 11. 2025.

Mejna konvencija (1818). Convention of 1818 between the United States and Great Britain, https://avalon.law.yale.edu/19th_century/conv1818.asp, pridobljeno 3. 11. 2025.

Mirovni sporazum (1783). The Definitive Treaty of Peace 1783, https://avalon.law.yale.edu/18th_century/paris.asp, pridobljeno 3. 11. 2025.

Nisbet, J. (2005). The Mapmaker's Eye: David Thompson on the Columbia Plateau. Seattle: Washington State University Press, 180 str.

Nisbet, J. (2007). Sources of the River, 2nd Edition: Tracking David Thompson Across North America. Seattle: Sasquatch Books, 304 str.

Oregonska pogodba (1846). The Oregon Treaty 1846, https://www.oregonencyclopedia.org/articles/oregon-treaty, pridobljeno 3. 11. 2025.

Roberts, H. (1784). A General Chart: Exhibiting the Discoveries Made by Captn. James Cook in This and His Two Preceding Voyages; with the Tracks of the Ships under His Command, https://exhibits.stanford.edu/ruderman/catalog/rs967qc3186, pridobljeno 3. 11. 2025.

Thompson, D. (2007). Columbia Journals, Bicentennial Edition, Barbara Belyea (ur.). Montreal: McGill-Quenn's Univerity Press, 362 str.

Triglav, J. (2006a). Z velikim meridianskim lokom na vrh sveta. Življenje in tehnika, 57 (10), 20–37, https://www.researchgate.net/publication/266316944_Z_velikim_meridianskim_lokom_na_vrh_sveta, pridobljeno 3. 11. 2025.

Triglav, J. (2006b). Lewis and Clark Bicentennial – Part I – Two Hundred Years of the Historic Trail Through the American Northwest. GeoInformatics, 9 (7), 12–17, https://www.researchgate.net/publication/266316967_Lewis_and_Clark_Bicentennial_-_Part_I_Two_Hundred_Years_of_the_Historic_Trail_Through_the_American_Northwest, pridobljeno 3. 11. 2025.

Triglav, J. (2006c). Lewis and Clark Bicentennial – Part II – Two Hundred Years of the Historic Trail Through the American Northwest. GeoInformatics, 9 (8), 52–57, https://www.researchgate.net/publication/266316984_Lewis_and_Clark_Bicentennial_-_Part_II_Two_Hundred_Years_of_the_Historic_Trail_Through_the_American_Northwest, pridobljeno 3. 11. 2025.

Triglav, J. (2009). Meter – mera za vse ljudi in vse čase. Življenje in tehnika, 60 (12), 18–24, https://www.researchgate.net/publication/264862311_Meter_-_mera_za_vse_ljudi_in_vse_case, pridobljeno 3. 11. 2025.

Triglav, J. (2020). James Cook, svetovni pomorščak in 'kraljevi merilec'. Življenje in tehnika, 71 (7), 26–35.

Tyrrell, J. B. (1916). David Thompson's Narrative of His Explorations in Western America, 1784–1812. Toronto: The Champlain Society, https://www.canadiana.ca/view/oocihm.9_92052/5, pridobljeno 3. 11. 2025.

YouTube (2025a). David Thompson Highway Scenic Drive, https://youtu.be/Ar8BwvV6Ev8, pridobljeno 5. 11. 2025.

YouTube (2025b). Uncharted Territory: David Thompson on the Columbia Plateau, https://youtu.be/EccSnNgQP7c, pridobljeno 5. 11. 2025.

dr. Joc Triglav, univ. dipl. inž. geod.
Murska Sobota

Trigonometrična točka I. reda št. 215 – Žigartov vrh

Trigonometric point of the first order No. 215 – Žigartov vrh

Katja Oven

1 UVOD

Trigonometrična točka I. reda 215 Žigartov vrh je poznana kot ena izmed prvih triangulacijskih točk v triangulacijski mreži I. reda z začetka 19. stoletja in tudi kot severno oglišče izhodne stranice triangulacijske mariborske bazne mreže. O slednji smo pisali že v samostojni monografiji iz zbirke Geodetski utrinki (Oven et al., 2024) in kasneje v strokovnem članku s podrobnejšim opisom njenega nastanka in razvoja skozi čas, skupaj z njeno bazno mrežo (Oven, 2025).

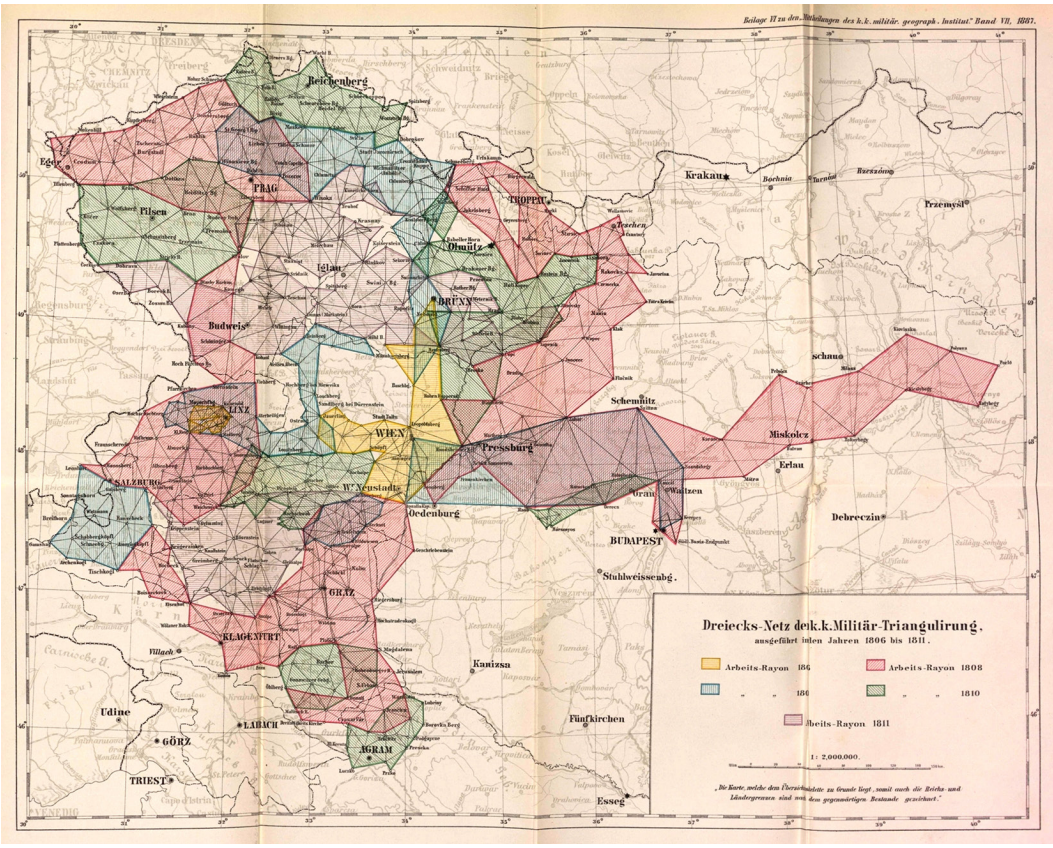
Tokratni prispevek v ospredje postavlja geodetsko točko 215 Žigartov vrh, za katero je bila raziskava zgodovinskih in tudi aktualnih pisnih virov izvedena v okviru aplikativnega raziskovalnega projekta L2-50090 z naslovom *Geodetska znamenja kot materialni pričevalci razvoja geodetskih mrež na Slovenskem*, ki ga financirata Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije in Geodetska uprava Republike Slovenije.

2 VKLJUČENOST TOČKE 215 ŽIGARTOV VRH V TEMELJNIH GEODETSKIH MREŽAH

Na začetku 19. stoletja se je na naših tleh izvajala prva vojaška triangulacija, v katero so bile vključene geodetske točke triangulacijske mreže najvišjega – I. reda (ÖVV, 1949). Kot je razvidno iz arhivskih gradiv (Hartl, 1888), je bila geodetska točka 215 Žigartov vrh (tedaj imenovana Bacher) že leta 1810 vključena v izmero triangulacijske mreže I. reda. To grafično prikazuje slika 1.

Točka 215 Žigartov vrh je bila kasneje, v zadnjih desetletjih 19. stoletja, vključena v trigonometrično mrežo I. reda oziroma mrežo MGI, poimenovano po tedanjem Vojaško-geografskem inštitutu (nem. *MilitärGeographisches Institut*). Inštitut je tedaj izvajal dolgotrajno obnovo mreže I. reda v celotni tedanji državi (Delčev et al., 2014). To je sovpadalo z obdobjem evropskih stopinjskih merjenj, ki je trajalo od 1860. do 1910. Med letoma 1937 in 1940 je bila točka 215 Žigartov vrh vključena v ponovno izmero bazne mreže mariborske triangulacijske baze (Adamik, 1949), v obdobju po drugi svetovni vojni pa v ponovno posodobljeno trigonometrično mrežo I. reda ter nato pretvorjeno v astronomsko-geodetsko mrežo, s kratico AGM. Tako pri posodobitvi kot pri pretvorbi trigonometrične mreže I. reda pa točka 215 Žigartov vrh ni bila izbrana za Laplaceovo točko (Peterca in Čolović, 1987). Kasneje, v obdobju elektronskih razdaljemerov, je bilo med letoma 1975 in 1981 zaradi ocene natančnosti stranic AGM izmerjenih 49 dolžin stranic trikotnikov te mreže, med njimi tudi izhodna

stranica bazne mreže mariborske triangulacijske baze 215 Žigartov vrh – 214 Donačka gora (Jenko, 1983). V sodobnem času tehnologije GNSS je bila leta 1994 točka 215 Žigartov vrh vključena v prvo GPS-izmero EUREF (angl. *European Reference Frame*), in sicer zaradi vzpostavitve slovenskega državnega koordinatnega sistema (Delčev et al., 2014). Kasneje, leta 2016, je bila izvedena nova državna EUREF GNSS-izmera, v katero pa zaradi dotrajanosti in slabega fizičnega stanja točka 215 Žigartov vrh ni bila vključena (Medved, 2016).

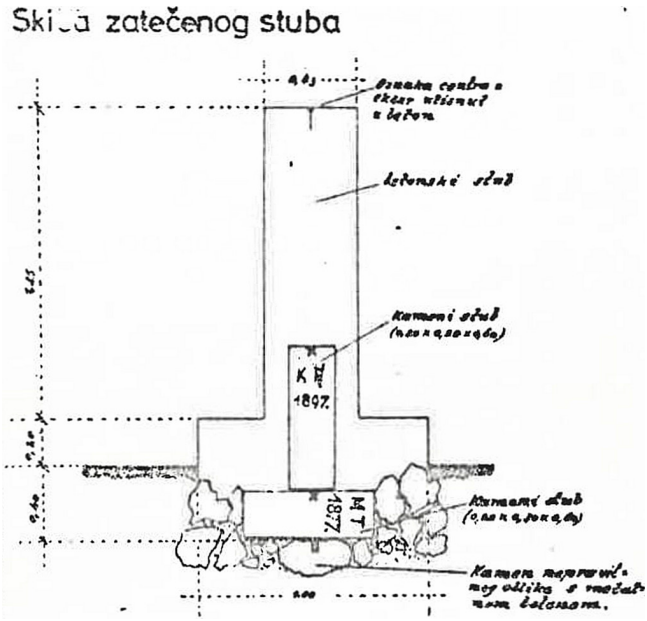


Slika 1: Trikotniška mreža vojaške triangulacije, izvedena med letoma 1806 in 1811, na pregledni karti 1 : 2 000 000. Položaj trigonometrične točke 215 Žigartov vrh (glej Bacher) je razviden v spodnji levi četrtini severovzhodno od Ljubljane (glej Laibach) (vir: Hartl, 1888).

3 STABILIZACIJA IN VIDEZ TOČKE 215 ŽIGARTOV VRH

V obdobju svojega dvestoletnega obstoja in vključenosti v najvišji, I. red različnih temeljnih geodetskih mrež se je stabilizacija točke 215 Žigartov vrh spreminjala. Oprijemljivi podatki o videzu točke iz 20. stoletja so v arhivu Geodetske uprave Republike Slovenije. Iz arhivske dokumentacije je razvidno, da je v maju 1964 tedanji Vojaškogeografski inštitut iz Beograda na novo stabiliziral in postavil zidani stolp za opazovanje v obliki štiristranske prisekane piramide, ki je v višino meril 23,5 metra.

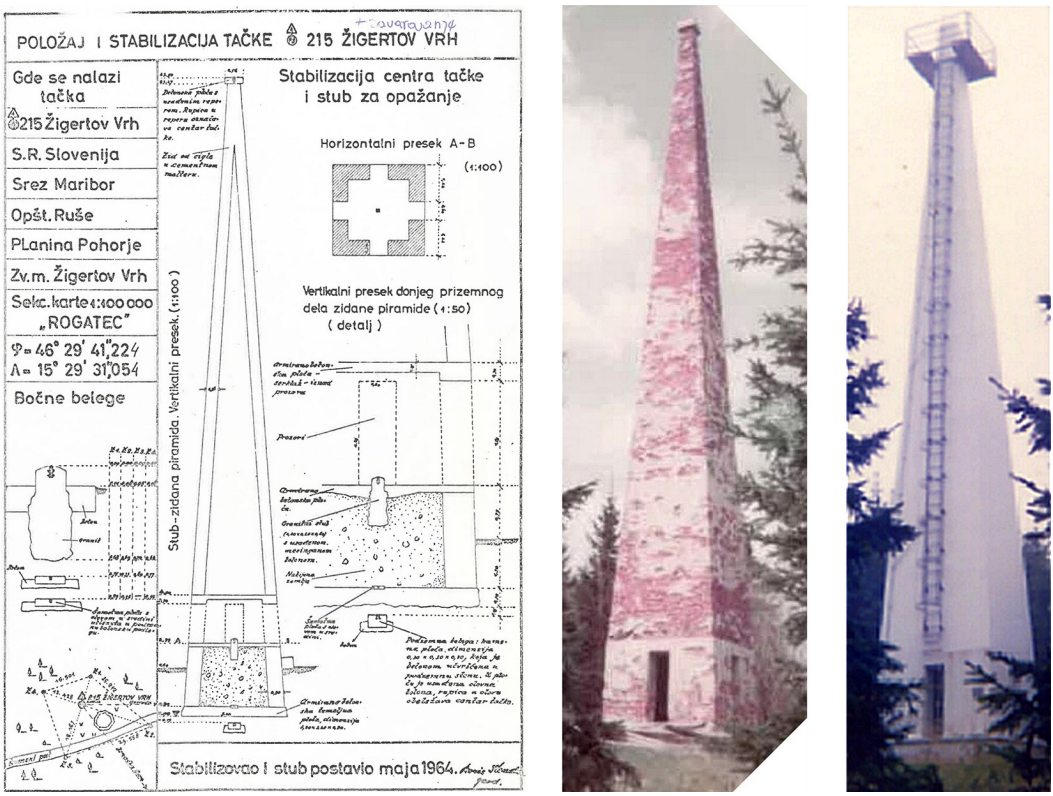
Poleg tega je omenjena originalna stabilizacija iz 19. stoletja. Za obnovo je poskrbel isti inštitut, in sicer leta 1953. Podzemni centri so tedaj ostali nedotaknjeni, spremenili so le nadzemno stabilizacijo. Na tedanji steber iz leta 1897 z oznako K. V. (lahko tudi K. K., arhivsko pisno gradivo je nerazločno) so vlili betonski steber. Zaradi slabe kakovosti arhivskega dokumenta so njegove dimenzije nečitljive. Iz skice (slika 2) je razvidno, da se je neposredno pod stebrom iz leta 1897 nahajal podzemni center (z oznako M. T in K. K.) ter pod njim še en podzemni center iz kamna. Ker so bila vsa ta zavarovanja stabilizirana neposredno eno nad drugim, nanje pa je bil postavljen betonski steber brez vmesnega prostora, se je med rušenjem nadzemnega betonskega stebra leta 1964 celoten sistem sesul.



Slika 2: Prikaz stabilizacije trigonometrične točke I. reda 215 Z0 Žigartov vrh, izvedene leta 1953 (vir: GURS).

Stolp, ki so ga zgradili leta 1964, je bil narejen iz opeke in cementne malte. Na vrhu je imel zidano stojišče z lesenim ogrodjem. Višino stolpa je pogojevala vizura proti geodetski točki bazne mreže, trigonometrični točki I. reda št. 385 Grmada, saj se ta zaradi gorskega grebena Sedovec, ki je od Žigartovega vrha oddaljen 3,6 kilometra, ne bi videla. Tedaj je bila s tal brez obsežnejše poseke vidna le geodetska točka bazne mreže, trigonometrična točka I. reda 214 Donačka gora, ker je bil v tej smeri že posekan večji gozdni kompleks.

Točko 215 Žigartov vrh je sestavljalo večje število referenčnih točk. Na vrhu zgrajenega stolpa je bil vzidan čep, ki je označeval referenčno točko Z0, njej pripadajoča točka Z9 ob vznožju stebra pa je bila stabilizirana v obliki stebrička iz granita in betona, predvidoma v dimenzijah 0,3 × 0,3 × 0,6 metra. Imela je štiri bočna zavarovanja (B1, B2, B3, B4) in več podzemnih centrov. Načrt stabilizacije in njen videz sta prikazana na sliki 3. Arhivsko gradivo nam razkriva tudi zanimivost, da je bila prvi podzemni center kamnita plošča dimenzij 0,3 × 0,3 × 0,2 metra, ki je bila zabetonirana v podzemno skalo. V ploščo je bil vstavljen žebljiček, luknjica v njem pa je predstavlja glavno točko.

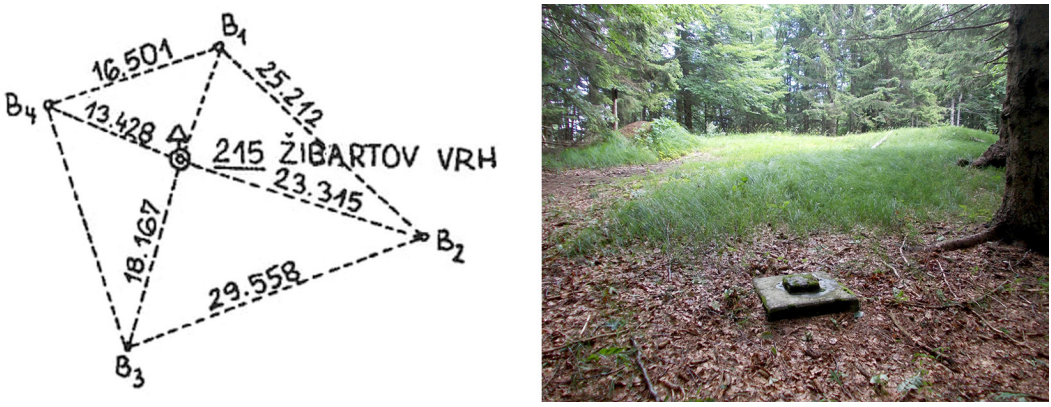


Slika 3: Prikaz načrtov stabilizacije točke 215 Žigartov vrh iz leta 1964 (levo): vertikalni prerez nadzemne in podzemne stabilizacije stebra v merilu 1 : 100, vertikalni prerez vznožja piramide – detajli v merilu 1 : 50, horizontalni presek stebra v merilu 1 : 100, skica stabilizacije bočnih zavarovanj in topografska skica položaja stolpa in bočnih zavarovanj; prikaz videza stolpa pred sanacijo neznanega datuma (sredina); prikaz videza stolpa iz leta 1982 po njegovi sanaciji (desno) (vir: GURS).

Zaradi dotrajanosti in nevarnosti zrušitve, kot prikazuje slika 4, je bil razgledni stolp leta 2019 odstranjen.

Slika 4: Pogled proti vrhu stolpa na točko Z0 (levo), 2. 5. 2009, na temeljno ploščo v notranjosti stolpa na točko Z9 (sredina), 7. 4. 2011, in na vznožje stolpa (desno), 15. 12. 2016 (vir: GURS).

Kot omenjeno, so bila hkrati z gradnjo stolpa leta 1964 postavljena štiri bočna zavarovanja, ki pa obstajajo še danes. Kot je že prikazano na sliki 2, so bočna zavarovanja stabilizirana z granitnimi kamni dimenzij 0,20 × 0,20 × 0,65 metra z vdelanimi reperji. Luknjice, izvrtane v reperjih, označujejo referenčne točke bočnih zavarovanj. Imajo tudi podzemna zavarovanja iz šamotne plošče, vzidane v beton in s svincem v sredini, dimenzij 0,20 × 0,20 × 0,05 metra. Referenčne točke so označene z luknjicami v svincu. Vse podzemne oznake, tako glavne točke kot bočnih zavarovanj, so prekrite z več listi terpapirja (strešne lepenke) in kosom deske. Slika 5 prikazuje njihov videz v okolici jase na Žigartovem vrhu in njihov položaj glede na glavno točko 215.



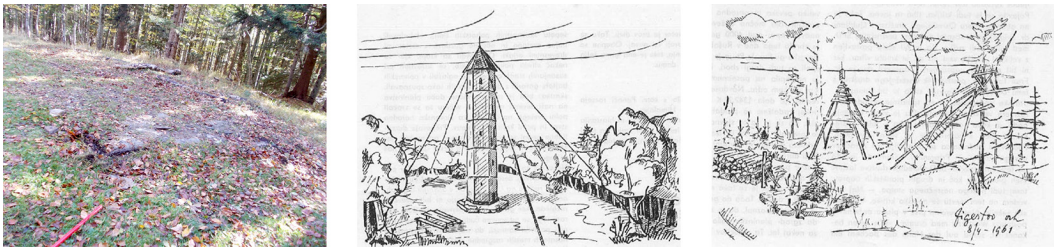
Slika 5: Položaji bočnih zavarovanj B1, B2, B3 in B4 glede na točko 215 Žigartov vrh s pripadajočimi frontami (levo), bočno zavarovanje B3 s pogledom proti jasi na Žigartovem vrhu (desno), 13. 7. 2023 (vir: GURS, foto: R. Škafar, GURS).

Geodetska uprava Republike Slovenije je v oktobru 2023 opravila ponoven terenski ogled na jasi Žigartovega vrha, ob čemer je izvedla tudi izkop na lokaciji glavne točke 215 (slika 6). Na globini približno 80 centimetrov je bil odkrit temelj z vklesano letnico 1897, obdan z veliko odpadne zdrobljene opeke.

Slika 6: Fotografiji izkopa na lokaciji glavne točke Z9 z vidnim temeljem z letnico 1897, ki je približno 0,5 metra zamaknjen od točke Z9 (foto: R. Škafar, GURS, 26. 10. 2023).

4 LESENI STOLP NA ŽIGARTOVEM VRHU

Na Žigartovem vrhu je poleg vseh štirih še prisotnih bočnih zavarovanj (B1, B2, B3 in B4) še vedno viden tudi betonski šesterokotni temelj nekdanjega lesenega razglednega stolpa iz leta 1903, ki je bil visok 37 metrov in s tem v ponos slovenskim planincem (slika 7, sredina). Tudi na starih topografskih skicah točke 215 Žigartov vrh poleg lokacije njene glavne točke in bočnih zavarovanj zasledimo upodobitev šesterokotnega temelja nekdanjega lesenega stolpa. V prispevku Planinskega vestnika iz leta 1967 z naslovom *Razgledni stolp na Žigertovem vrhu* poleg podrobnega opisa gradnje lesenega stolpa in njegovega uničenja zasledimo tudi skico lesenega stolpa, ki jo je izdelal avtor prispevka (Šumljak, 1967). Poleg skice lesenega stolpa pa v prispevku zasledimo tudi skico jase Žigartovega vrha iz leta 1961, torej še pred novo stabilizacijo točke 215 Žigartov vrh leta 1964 (slika 7, desno). Na skici je prikazan steber točke 215, najverjetneje iz leta 1953, z opazovalno piramido. Ob njem sta vidna tudi ležeča podrta opazovalna piramida in šesterokotni temelj nekdanjega lesenega stolpa.



Slika 7: Ostalina betonskega šesterokotnega temelja nekdanjega lesenega stolpa iz leta 1903 (levo), foto: R. Škafar, GURS, 26. 10. 2023; skica lesenega Žigartovega stolpa (sredina) in skica točke 215 Žigartov vrh in šesterokotni temelj lesenega stolpa (desno) (vir: Šumljak, 1967).

5 ZAKLJUČEK

V letu 2024 je bila na območno enoto Maribor Zavoda za kulturno dediščino posredovana pobuda za vpis točke 215 Žigartov vrh v register kulturne dediščine, skupaj s še preostalimi geodetskimi točkami mariborske triangulacijske baze mreže. Pobudo smo v okviru projektov za izvedbo aktivnosti za vpis pomembnih geodetskih znamenj in njihovo promocijo, ki jih je financirala Geodetska uprava Republike Slovenije, izdelali na Geodetskem inštitutu Slovenije. V pobudi smo na podlagi raziskav arhivskih in sodobnih virov utemeljili izjemen pomen in vlogo točke 215 Žigartov vrh, kot tudi ostalih točk mariborske triangulacijske bazne mreže, za geodezijo.

Glede na velik pomen točke bi bilo primerno, da bi ji na jasi Žigartovega vrha postavili obeležje, ki bo ne le našim zanamcem geodetom, temveč tudi mimoidočim pohodnikom služilo kot spomin na izjemno delo geodetov od začetka 19. stoletja pa vse do začetka 21. stoletja. V sodobnem času ima primerljiv pomen geodetska točka kombinirane geodetske mreže 0. reda na bližnjem Arehu.

Glede na to, da imajo tudi planinci bogato zgodovino, povezano z Žigartovim vrhom in tudi Arehom, bi se bilo smiselno povezati z njimi in v skupnem dialogu pripraviti spominsko obeležje za našo geodetsko točko. Čeprav stabilizacije točke ni več, pa materialne ostaline podzemnih centrov točke 215 Žigartov vrh še vedno obstajajo, kot tudi njena bočna zavarovanja in njene koordinate v državnem koordinatnem sistemu.

Literatura in viri:

Adamik, E. (1949). Osvrt na radove trigonometrijske mreže I. reda na području Jugoslavije. Geodetski list, 3 (8–12), 207–244.

Delčev, S., Timar, G., Kuhar, M. (2014). O nastanku koordinatnega sistema D48. Geodetski vestnik, 58 (4), 681–694. DOI: https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2014.04.681-694

Hartl, H. (1888). Materialien zur Geschichte der Astronomisch-Trigonometrischen Vermessung der Österreichisch-Ungarischen Monarchie. Založnik ni na voljo. TIB. Leibniz-informationszentrum. Technik und Naturwissenschaften Universitätsbibliothek (TIB), 280 str. https://www.tib.eu/de/, pridobljeno 20. 10. 2025.

Jenko, M. (1983). Ocena natančnosti stranic astrogeodetske mreže, izmerjenih v Sloveniji v letih 1975–1981. Geodetski vestnik, 27 (2–3), 85–102.

Medved, K. (2016). GNSS-kampanja »EUREF Slovenija 2016«. Geodetski vestnik, 60 (4), 752–758, https://www.geodetski-vestnik.com/arhiv/60/4/gv60-4_medved.pdf, pridobljeno 20. 10. 2025.

Oven, K. (2025). Mariborska triangulacijska baza z bazno mrežo skozi čas. Geodetski vestnik, 69 (1), 75–85, https://geodetski-vestnik.com/arhiv/69/1/75_Oven.pdf, pridobljeno 20. 10. 2025.

Oven, K., Triglav Čekada, M., Radovan, D., Medved, K., Škafar, R., Berk, S., Kuhar, M., Stopar, B. (2024). Mariborska triangulacijska baza iz leta 1860. Geodetski utrinki, https://gis.si/wp-content/uploads/2024/10/Geodetske-tocke-Maribor-slo-splet.pdf, pridobljeno 20. 10. 2025.

ÖVV (1949). Die Entwicklung und Organisation des Vermessungswesens in Österreich. I. Teil. Die Entwicklung bis zum ersten Weltkrieg. Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen, Sonderheft 9. Wien: Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Gruppe Vermessungswesen.

Peterca, M., Čolović, G. (1987). Geodetska služba JNA. Beograd: Vojnoizdavački i novinski centar, 287 str.

Šumljak, I. (1967). Razgledni stolp na Žigertovem vrhu. Planinski vestnik, 67 (3), 99–103, https://www.planinskivestnik.com/files/File/PV_1967_03.pdf, pridobljeno 20. 10. 2025.

mag. Katja Oven, univ. dipl. inž. geod.
Geodetski inštitut Slovenije
Jamova cesta 2, SI-1000 Ljubljana
e-naslov: katja.oven@gis.si

NOVICE IZ STROKE NEWS FROM THE FIELD

REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA NARAVNE VIRE IN PROSTOR
GEODETSKA UPRAVA REPUBLIKE SLOVENIJE

NOVICE GEODETSKE UPRAVE REPUBLIKE SLOVENIJE

PREDSTAVNIKI GEODETSKE UPRAVE NA ZNANSTVENI SKUPŠČINI MEDNARODNEGA ZDRUŽENJA ZA GEODEZIJO

Med 1. in 5. septembrom 2025 je v kongresnem centru Palacongressi v Riminiju (Italija) potekala konferenca mednarodnega združenja za geodezijo IAG (angl. *International Association of Geodesy*) na temo »Geodezija za spreminjajoče se okolje«, na kateri se je zbralo več kot 680 udeležencev iz kakšnih 70 držav. Slovensko geodetsko upravo je zastopal dr. Klemen Medved, direktor Urada za geodezijo, ki je kot uradni delegat sodeloval na zasedanju sveta IAG in aktivno prispeval k znanstvenemu programu konference.

Na seji sveta IAG so obravnavali status ključnih geodetskih spremenljivk (EGV), predlog ustanovitve stalnega sekretariata IAG, strategije širitve članstva ter priprave na generalno skupščino IUGG 2027 v Incheonu. V znanstvenem delu je dr. Medved v okviru sekcije G03-2: Terrestrial Gravimetry predstavil prispevek »Modeliranje vertikalnih gravitacijskih gradientov z geodetskimi in geološkimi podatki«, pripravljen v sodelovanju z dr. Božom Kolerjem (UL FGG) in dr. Olegom Odalovićem (UB FCE). Predstavitev je bila dobro sprejeta in je spodbudila razpravo o uporabi metodologije v praksi.

Program konference je pokrival referenčne koordinatne sisteme, gravitacijsko polje, rotacijo in geodinamiko ter pozicioniranje in aplikacije, s poudarkom na satelitski gravimetriji, GNSS tehnologijah, opazovanju podnebnih sprememb in uporabi umetne inteligence v geodeziji. Udeležba GURS je prispevala k okrepitvi mednarodnega sodelovanja, usklajevanju standardov ter krepitvi vloge Slovenije v globalni geodetski skupnosti.

NAMERAVANI PODPIS MEMORANDUMA O SOGLASJU MED GEODETSKIMA UPRAVAMA SLOVENIJE IN INDIJE O SODELOVANJU

Vlada Republike Slovenije je na 166. redni seji 4. septembra 2025 obravnavala in podprla informacijo o nameravanem podpisu memoranduma o soglasju med geodetskima upravama Republike Slovenije in Indije o sodelovanju na področju geodezije, kartografije in infrastrukture prostorskih podatkov, vključno z digitalizacijo. Namen memoranduma je vzpostaviti okvir za izmenjavo izkušenj, informacij in dokumentacije ter izvedbo spletnih seminarjev, konferenc, delavnic in usposabljanj za strokovnjake obeh držav. Besedilo sporazuma je nastalo na pobudo indijske strani, v imenu slovenske geodetske uprave pa ga bo podpisal njen generalni direktor Tomaž Petek.

UPORABA BREZPILOTNIH LETALNIKOV V GEOMATIKI

Od 10. do 12. septembra 2025 je v Espooju na Finskem potekala konferenca UAV-G 2025 (angl. *Uncrewed Aerial Vehicles in Geomatics*) o uporabi brezpilotnih letalnikov v geomatiki, ki so se je udeležili

tudi predstavniki slovenske geodetske uprave. Tridnevni program je bil razdeljen po tematskih sklopih – od uporabe brezpilotnikov v gozdarstvu in kmetijstvu, avtonomne vožnje v gozdu ter hiperspektralnih senzorjev do urbane zračne mobilnosti in uporabe brezpilotnikov v notranjih prostorih.

Drugi dan je bil namenjen izzivom uporabe brezpilotnikov v grajenem okolju, predvsem pri pregledih zahtevnih in nedostopnih infrastrukturnih objektov ter oceni tveganj v urbanih območjih. Zaključni dan je bil posvečen umetni inteligenci, metodam računalniškega vida, strojnemu učenju in daljinskemu zaznavanju v vodnem okolju. Udeleženci so poudarili velik napredek na področju avtonomne navigacije in senzorike, hkrati pa izpostavili, da pomanjkljivo urejena zakonodaja v številnih državah še vedno pomembno omejuje operativno uporabo in izrabo podatkov brezpilotnih sistemov.

Več o konferenci in programu na povezavi: UAV-g 2025 - UAV-g 2025.

PLANET ON THE ROAD – BERLIN

Na Geodetski upravi izvajamo prve korake za nakup satelitskih posnetkov, ki bodo dnevno pokrivali površino celotne države in imeli zelo visoko prostorsko ločljivost (od 3 do 5 metrov). Posnetki bi bili na voljo celotni civilni javni upravi RS in bi zagotavljali prostorsko podlago za analize na številnih tematskih področjih. Na podlagi satelitskih posnetkov po svetu že spremljajo stanje na kmetijskih površinah in v gozdovih, uporabljeni so v monitoringu pozidanih površin, odlični so za definiranje območja naravnih nesreč, kot so požari, suše in poplave.

Podatke, ki ustrezajo preučenim in zastavljenim karakteristikam, zagotavlja podjetje Planet. Zato se je predstavnica Geodetske uprave dr. Andreja Švab Lenarčič s predstavnico Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani udeležila enodnevnega dogodka Planet on the road – Berlin, ki je potekal 24. septembra 2025 v Berlinu. Dogodek je bil poln učenja, mreženja in navdiha.

Več o podjetju in njegovih izdelkih si lahko preberete na njihovi spletni strani: https://www.planet.com/.

NOVELA ZAKONA O KATASTRU NEPREMIČNIN PRINAŠA JASNEJŠO UREDITEV IN BOLJŠE EVIDENTIRANJE NEPREMIČNIN

Državni zbor je 25. septembra 2025 sprejel spremembe in dopolnitve Zakona o katastru nepremičnin (ZKN-A), s katerimi Ministrstvo za naravne vire in prostor odgovarja na izzive, zaznane v treh letih izvajanja zakona. Cilj novele je povečati učinkovitost in vsebinsko jasnost določb ter odpraviti ovire, ki otežujejo evidentiranje podatkov o nepremičninah.

Novela med drugim odpravlja administrativne ovire (na primer hkratni izbris stavbe in vpis nadomestne gradnje, poenostavitve pri posebnih podatkih o lastnikih), optimizira postopke v inženirskem delu (dostop geodetskih podjetij do informacijskega sistema katastra, samostojno pridobivanje listin) in jasneje ureja pravila bonitiranja zemljišč ter spremljajočih evidenc. Nadgrajuje se elektronska povezanost med katastrom in zemljiško knjigo, uvajajo se izjemni režimi za sodne elaborate, ureditev se usklajuje s prostorsko zakonodajo. S spremenjeno oziroma dopolnjeno ureditvijo ZKN-A bo kataster nepremičnin ohranil in okrepil funkcijo uradne temeljne evidence o nepremičninah, katere namen je prikaz dejanskega stanja nepremičnine kot celote, podatki o njej pa so sistemsko in enotno vpisani za vse/vsako nepremičnino.

VELIKO ZANIMANJE ZA DELO IN STORITVE GEODETSKE UPRAVE NA FESTIVALU ZA TRETJE ŽIVLJENJSKO OBDOBJE

Na Festivalu za tretje življenjsko obdobje (F3ŽO) v Cankarjevem domu je Geodetska uprava predstavila portal eProstor, aplikacijo Javni vpogled v podatke o nepremičninah ter publikacijo *Kako izvedeti več o moji nepremičnini*, ki je med obiskovalci vzbudila veliko zanimanja. Izvedeno je bilo tudi predavanje Kaj vemo o naših nepremičninah? (Simona Smrtnik in mag. Marko Suhadolc), na katerem so udeleženci dobili odgovore na vprašanja o javnih evidencah in množičnem vrednotenju. Stojnico so obiskali tudi predsednik vlade dr. Robert Golob, minister za naravne vire in prostor Jože Novak ter nekdanji predsednik republike Milan Kučan, obiskovalci pa so lahko preizkusili info točko – foto kotiček, ki po festivalu deluje na sedežu GURS v Ljubljani.

GEODETSKA UPRAVA JE PREJELA PLAKETO CIVILNE OBRAMBE NA SLOVESNOSTI NA BRDU PRI KRANJU

Na osrednji proslavi ob dnevu civilne obrambe, ki je 29. septembra potekala na Brdu pri Kranju pod sloganom »Civilna obramba krepi odpornost«, je Geodetska uprava prejela plaketo civilne obrambe za prispevek k razvoju, delovanju in opravljanju nalog civilne obrambe Republike Slovenije. Slavnostni program sta zaznamovala nagovor ministra za obrambo mag. Boruta Sajovica in predsednika vlade dr. Roberta Goloba, ki je poudaril pomen dobro organiziranega sistema za varno prihodnost naslednjih generacij.

Priznanje Geodetski upravi potrjuje ključni pomen zanesljivih prostorskih podatkov pri zaščiti in reševanju, načrtovanju odziva na izredne dogodke in krepitvi odpornosti države. GURS prispeva z ažurnimi evidencami (kataster, naslovi, stavbe, infrastruktura), podporo pri odločanju ob naravnih nesrečah (dostopi, evakuacijske poti, analize vplivov) ter razvojem digitalnih orodij, kot je eProstor, ki omogočajo hiter in varen vpogled v podatke službam civilne zaščite in drugim pristojnim institucijam.

Slika 1: Plaketa civilne obrambe za prispevek k razvoju, delovanju in opravljanju nalog civilne obrambe Republike Slovenije.

GEODETSKA UPRAVA SE JE USPEŠNO PREDSTAVILA NA KARIERNEM SEJMU

Geodetska uprava se je na kariernem sejmu v Ljubljani predstavila kot sodobno delovno okolje za strokovnjake s področij geodezije, GIS-a, kartografije, informatike in podatkovne analitike. Obiskovalcem smo na stojnici predstavili ključna področja, na katerih deluje slovenska geodetska uprava: kataster nepremičnin, množično vrednotenje nepremičnin, prostorsko podatkovno infrastrukturo in kartografijo. Obiskovalce je zanimala pot od surovih podatkov do uporabnih storitev, kakovost in interoperabilnost prostorskih podatkov ter priložnosti za profesionalni razvoj v javni upravi.

Predstavili smo tipične poklicne vloge, načine vključevanja novih sodelavcev (mentorstvo, učenje na projektih) in vstopne priložnosti za študente ter mlade strokovnjake. Obiskovalcem smo za nadaljnje

korake ponudili pregled prostih delovnih mest na portalu ter kratek obrazec za iskalce priložnosti, preko katerega jih lahko obveščamo o ustreznih razpisih. Povratne informacije s sejma bomo uporabili pri prihodnjih zaposlitvenih nastopih in oblikovanju jasnih opisov delovnih mest.

KONFERENCA INTERGEO 2025

Od 7. do 9. oktobra 2025 je v Frankfurtu potekala konferenca INTERGEO, vodilni svetovni sejem za geodezijo, geoinformacije in upravljanje zemljišč. INTERGEO je osrednja platforma za razprave o rešitvah za globalne izzive, kot so podnebne spremembe, urbanizacija in upravljanje virov, ter združuje najnovejše trende na področjih geoinformacij, geodetskih meritev, GIS-a, daljinskega zaznavanja, brezpilotnih sistemov, pametnih mest in trajnostnega urbanega razvoja.

Frankfurt je bil tri dni središče svetovne geoprostorske skupnosti: več kot 18.500 obiskovalcev iz 119 držav, 530 razstavljavcev in preko 1200 udeležencev konference je pokazalo, da se panoga hitro razvija in povezuje. Teme so vključevale geo-umetno inteligenco, digitalne dvojčke, opazovanje Zemlje, mobilno kartiranje, 3D mestne modele ter varovanje kritične infrastrukture. Geodetska uprava je z udeležbo sledila razvoju tehnologij, ki bodo vplivale na razvoj prostorskih podatkov in javnih storitev, ter iskala rešitve za še bolj pametno in trajnostno upravljanje prostora v Sloveniji.

Več vsebin na spletni strani Intergeo: https://dvw.de/intergeo/de.

GURS NA 2. ZBORU GEODETOV SRBIJE IN REPUBLIKE SRBSKE: GEOSLOVENIJA KOT ZGLED POVEZOVANJA PODATKOV

Od 13. do 15. oktobra 2025 je v etnološki vasi Stanišići pri Bijeljini potekal 2. zbor geodetov Srbije in Republike Srpske, eden največjih regijskih strokovnih dogodkov s področja geodezije, ki je pritegnil kakšnih sedemsto udeležencev. Slovensko geodetsko upravo je zastopal Matjaž Grilc, ki je v plenarnem delu predstavil predavanje »GeoSlovenija – moč povezovanja v novi eri geoprostornih podatkov«. Poudaril je prehod od klasične prostorske infrastrukture, temelječe na standardizaciji po vzoru INSPIRE, k sodobnemu modelu horizontalnega povezovanja resorjev in gradnji nacionalnega podatkovnega prostora SLO4D.

GeoSlovenija je bila predstavljena kot skupnost in podatkovni ekosistem, ki povezuje institucije in končne uporabnike ter zagotavlja prostor zaupanja in konkretne operativne rešitve. Poseben poudarek je bil na konceptu posredovanja ažurnih rastrskih podatkov na podlagi komercialnih satelitskih posnetkov PlanetScope, ki bodo omogočili stalno spremljanje sprememb v prostoru, od črnih gradenj do degradacije okolja. Ob robu konference so potekali pogovori z vodstvi geodetskih uprav Srbije in Republike Srbske o digitalizaciji, interoperabilnosti in usklajenem razvoju nacionalnih sistemov prostorskih podatkov.

TEHNIČNO SREČANJE IN SREČANJE STALNIH PREDSTAVNIKOV EUROGEOGRAPHICS

Na sedežu organizacije EuroGeographics v Bruslju je 15. in 16. oktobra 2025 potekalo redno tehnično srečanje predstavnikov evropskih geodetskih uprav, ki pripravljajo nacionalne podatke za vseevropske zbirke, ter srečanje stalnih predstavnikov EuroGeographics. Geodetsko upravo RS je na obeh srečanjih zastopala Marjana Duhovnik, vodja sektorja za topografski sistem in stalna predstavnica GURS pri EuroGeographicsu.

GURS redno vzdržuje podatke za tri zbirke: EuroRegionalMap (ERM), EuroGlobalMap (EGM) in EuroBoundaryMap (EBM), pri čemer se EGM pripravlja z generalizacijo iz ERM. Na srečanju so predstavili

časovni načrt obnove zbirk v letu 2026, obravnavali tehnične izzive standardizacije in validacije podatkov ter usmeritve za nadaljevanje projekta Open Maps for Europe 2 (OME2), v katerem je Slovenija vključena v prvi krog držav. Poseben poudarek je bil na spremembi strategije članarin, ki bo od leta 2027 vezana na BDP držav članic. Na srečanju se je še enkrat pokazalo, da ima GURS prepoznavno vlogo pri oblikovanju vseevropskih referenčnih podatkov in interoperabilnih rešitev.

POLLETNO POROČILO O SLOVENSKEM TRGU NEPREMIČNIN ZA LETO 2025

Geodetska uprava je na spletnih straneh objavila Poročilo o slovenskem nepremičninskem trgu za prvo polletje 2025. Po treh letih stalnega upadanja prometa je v prvem polletju prišlo do obrata: število transakcij z rabljenimi stanovanji v večstanovanjskih stavbah se je v primerjavi z drugim polletjem 2024 povečalo za približno 30 %, s stanovanjskimi hišami pa za približno 20 %. Povečal se je tudi promet z zazidljivimi zemljišči, čeprav nekoliko manj izrazito. Hkrati se je nadaljevala rast cen stanovanjskih nepremičnin in zemljišč za gradnjo.

Srednja cena rabljenega stanovanja na ravni države je prvič presegla 3000 EUR/m², v Ljubljani pa dosegla skoraj 4900 EUR/m². Rast cen podpirajo padci fiksnih obrestnih mer za stanovanjske kredite, visoka zaposlenost, rast plač ter omejena ponudba zazidljivih zemljišč in dolgotrajni postopki umeščanja novih projektov v prostor. Poročilo, dostopno na portalu Prostor (zavihek Trg nepremičnin – Poročila), podrobneje analizira trende po regijah in tipih nepremičnin ter izpostavlja, da brez večjih gospodarskih ali političnih pretresov v bližnji prihodnosti ni pričakovati večjih preobratov v gibanju cen.

Poročilo je dostopno na portalu Prostor, na spletni strani Trg nepremičnin, v zavihku Poročila.

VAIKARDD – SLOVENIJA Z GRADNJO GEOPROSTORSKEGA DIGITALNEGA DVOJČKA VSTOPA V DIGITALNI PROSTOR

Ministrstvo za naravne vire in prostor (Geodetska uprava RS in Direktorat za prostor in graditev) je začelo izvajati strateški projekt VAIKARDD – Vstopimo v digitalni prostor. Projekt nadgrajuje dosežke **E-prostor in SLO4D** ter postavlja temelje za vzpostavitev geoprostorskega digitalnega dvojčka Slovenije in sodobnega podatkovnega ekosistema. Skupna vrednost projekta znaša 9,39 milijona EUR, od tega Evropski sklad za regionalni razvoj prispeva 5,35 milijona EUR v okviru Programa evropske kohezijske politike 2021–2027, preostanek sofinancira Republika Slovenija.

Projekt je skladen z Evropskim digitalnim desetletjem, Strategijo digitalne Slovenije 2030, Nacionalnim programom za umetno inteligenco in Strategijo digitalnih javnih storitev. Cilji vključujejo digitalizacijo javnih storitev in enostaven dostop do prostorskih podatkov, vzpostavitev varne digitalne infrastrukture, razvoj geoprostorskega digitalnega dvojčka z napredno 3D vizualizacijo in analitiko, uporabo umetne inteligence ter zagotavljanje kakovostnih 4D podatkov za različne uporabnike. V praksi bo VAIKARDD omogočil lažje spremljanje sprememb v prostoru, boljše načrtovanje in odzivanje na naravne nesreče, napredne vizualizacije scenarijev razvoja ter večjo preglednost odločanja pri urejanju prostora in nepremičnin.

Slika 2: Slovenija z VAIKARDD-om dokazuje, da digitalni prehod ni cilj sam po sebi, temveč orodje za boljšo kakovost življenja, konkurenčno gospodarstvo in učinkovitejšo javno upravo.

GEODETSKA UPRAVA NA KONFERENCI UPRAVLJANJE Z VODAMI V DIGITALNI DOBI: PRILOŽNOSTI IN IZZIVI

Na mednarodni konferenci »Upravljanje z vodami v digitalni dobi: priložnosti in izzivi«, ki je 4. in 5. novembra potekala v Portorožu, sta slovensko geodetsko upravo zastopala mag. Erna Flogie in mag. Matej Sotlar. V ospredju njunih nastopov je bila vloga kakovostnih in povezanih prostorskih podatkov pri varnem, trajnostnem in odzivnem upravljanju voda ter prostora.

Mag. Erna Flogie je predstavila projekt »Zeleni slovenski lokacijski okvir SLO4D« kot most med podatki o vodi, prostoru in naravi ter poudarila pomen 3D topografije, poševnega aerofotografiranja in satelitskih posnetkov visoke ločljivosti za zaznavanje sprememb in modeliranje tveganj. Mag. Matej Sotlar je prikazal napredek projekta Geo Slovenija z vidika uporabniških potreb in tehnične arhitekture – od standardizacije in katalogov metapodatkov do skupnih gradnikov za integracije in help deska. Skupni imenovalec obeh predstavitev je bil poudarek na tem, da so povezani podatki in dogovorjeni standardi nujni za učinkovito odzivanje ob poplavah in sušah, pregledno načrtovanje infrastrukture ter večjo pravno varnost pri upravljanju nepremičnin.

GEODETSKA UPRAVA NA KONFERENCI JUTRI

Na Brdu pri Kranju je 7. novembra potekala druga konferenca Ministrstva za javno upravo z naslovom »JUTRI – Javna uprava, trendi, razvojne priložnosti in izzivi«. Geodetska uprava je na konferenci predstavila projekt Geo Slovenija, skupnost, ki povezuje upravljavce in uporabnike prostorskih informacij z različnih področij (nepremičnine, prostor, okolje, vode, narava) ter skrbi za interoperabilnost, standarde, usposabljanja in promocijo rabe prostorskih podatkov. Na predstavitvenem prostoru smo prikazali, kako Geo Slovenija olajša iskanje zanesljivih prostorskih podatkov, podpira odločanje in povezuje državne ter lokalne sisteme v enotno uporabniško izkušnjo.

PREDSTAVITEV REZULTATOV PROJEKTA ODPRTI ZEMLJEVIDI ZA EVROPO 2 (OME2)

EuroGeographics je 12. novembra 2025 v Bruslju pripravil predstavitev rezultatov projekta Open Maps for Europe 2 (OME2). V uvodnem nastopu je generalni direktor Geodetske uprave Tomaž Petek, ki trenutno predseduje upravnemu odboru EuroGeographics, poudaril, da prava vrednost projekta izhaja iz tega, da so podatki usklajeni in uporabni na ravni celotne Evrope. EuroGeographics z združevanjem nacionalnih podatkov in kolektivno akcijo ustvarja interoperabilne vseevropske podatkovne nize, pripravljene za podporo evropskim politikam.

Projekt OME2, ki ga sofinancira EU, nadgrajuje pet obstoječih zbirk, vključno s pilotnim odprtim katastrskim zemljevidom, in podpira cilje Evropske strategije za podatke. Na dogodku so predstavili primere uporabe, med drugim analize čezmejne dostopnosti na podlagi cestnega omrežja, ki so jih predstavili pri Eurostatu. Zaznati je bilo veliko zanimanje uporabnikov – portal Open Maps for Europe uporablja več kot 21.000 uporabnikov, OME2 nabor podatkov visoke vrednosti pa več sto specializiranih uporabnikov. Za nadaljevanje aktivnosti je bil vzpostavljen konzorcij EuroGeographics in nacionalnih institucij iz Nemčije, Francije in Nizozemske, kar zagotavlja dolgoročno vzdržnost in razvoj storitev.

UNIVERZA V LJUBLJANI | FGG Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

NOVICE FAKULTETE ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO UNIVERZE V LJUBLJANI (UL FGG)

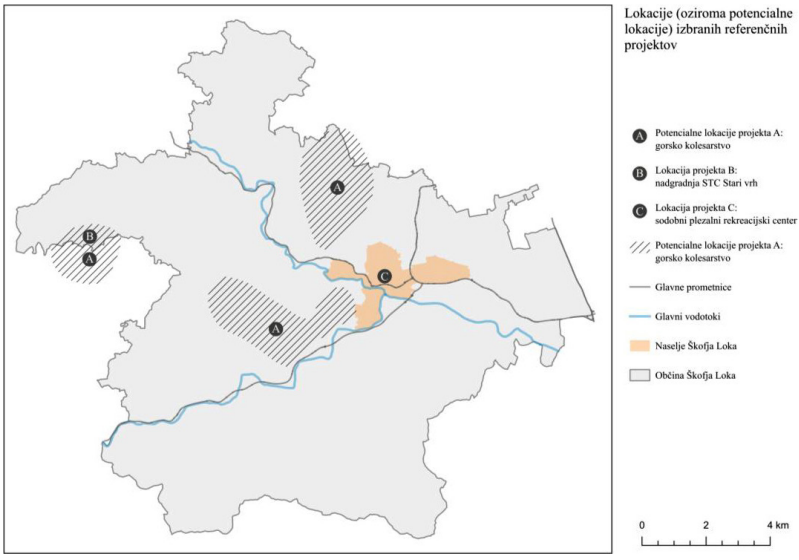
Odbor za Prešernove nagrade na UL FGG vsako leto v septembru pregleda in oceni raziskovalne naloge študentov, oddane v skladu s Pravilnikom o nagradah in priznanjih UL FGG ter Pravilnikom o podeljevanju Prešernovih nagrad študentom Univerze v Ljubljani. Za obdobje september 2024–avgust 2025 je odbor prejel pet nalog študentov druge stopnje UL FGG. Dve nalogi pokrivata področje geodezije in geoinformatike, ena pa področje prostorskega načrtovanja. Vse tri prejmejo fakultetno Prešernovo nagrado. V nadaljevanju so predstavljeni kratki povzetki raziskovalnih nalog.

Prešernova nagrajenka: **Katjuša Potočnik**

Naslov naloge: **Izvedljivost razvoja turizma v prostoru na primeru občine Škofja Loka**

Mentorstvo: mentor **doc. dr. Gregor Čok**, somentor **asist. dr. Gašper Mrak**

Naloga preučuje razvojne turistične dokumente in njihovo uresničevanje v prostoru. Razvojne strategije na državni, regionalni in lokalni ravni določajo cilje in usmeritve, njihova dejanska izvedba pa je odvisna od prostorskih aktov, zakonodaje, lastništva zemljišč ter poslovnih interesov. Avtorica z medsebojno primerjavo dokumentov preverja njihovo vsebinsko, strukturno in terminološko usklajenost. Na primeru



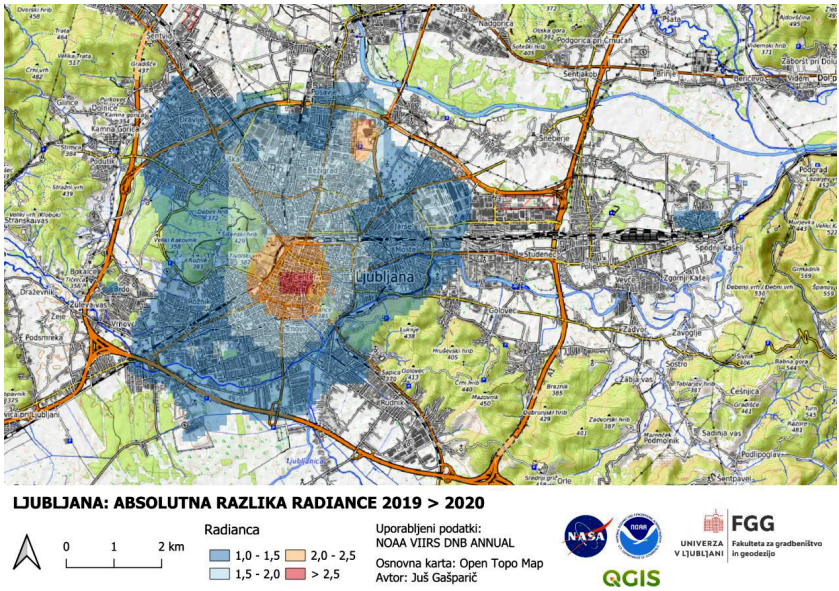
občine Škofja Loka ocenjuje izvedljivost strateških usmeritev v okviru občinskega prostorskega načrta in drugih izvedbenih pogojev. Na podlagi analize prostorske izvedljivosti izbranih projektov oblikuje dva metodološka predloga za ocenjevanje izvedljivosti projektov turističnih strategij, tako obstoječih kot novih. Metodologiji naj bi v prihodnje služili kot orodje za preverjanje, ali so strateški projekti prostorsko uresničljivi, ter kot podpora pri pripravi novih strategij. Namen naloge je povečati možnosti realizacije projektov v praksi in s tem okrepiti verodostojnost turističnih strategij pri njihovem uresničevanju v fizičnem prostoru.

Prešernov nagrajenec: **Juš Gašparič**

Naslov naloge: **Prikaz svetlobnega onesnaženja Slovenije s kartami pojavnosti**

Mentorstvo: mentor **doc. dr. Dušan Petrovič**, somentorica **asist. dr. Ana Potočnik Buhvald**

Raziskovalna naloga obravnava svetlobno onesnaženje v Sloveniji, ki postaja vse pomembnejši okoljski izziv. Avtor analizira kompozite satelitskih posnetkov NOAA VIIRS DNB, pri katerih vrednosti radiance izražajo stopnjo nočne osvetljenosti. Rezultati so prikazani s časovnimi vrstami in kartami pojavnosti, glajenimi z IDW interpolacijo in metodo KDE. Raziskava zajema obdobje 2013–2022 na večjih urbanih območjih, med njimi Ljubljano, Maribor, Trst s Koprom, Celje, Novo mesto in Kranj, pri čemer posebno pozornost namenja vplivu pandemije covid-19. V Ljubljani primerja stanje pred, med in po pandemiji ter ugotavlja, da je začasni upad radiance v letu 2020 hitro nadomestila ponovna rast. Za leto 2022 prikaže statistike radiance, ki ponujajo vpogled v prostorsko porazdelitev svetlobnega onesnaženja na ravni države. Rezultati razkrivajo rahlo, a stalno naraščanje onesnaženja, kar je skladno z globalnimi trendi. Naloga prispeva k razumevanju dolgoročnih sprememb v slovenskih mestih, potrjuje občutljivost nočne osvetljenosti za družbeno-gospodarske spremembe ter poudarja širjenje svetlobnega onesnaženja iz urbanih središč v zaledje in manjša naselja. S tem pomembno dopolnjuje dosedanje raziskave in ustvarja podlago za prihodnje ukrepe.

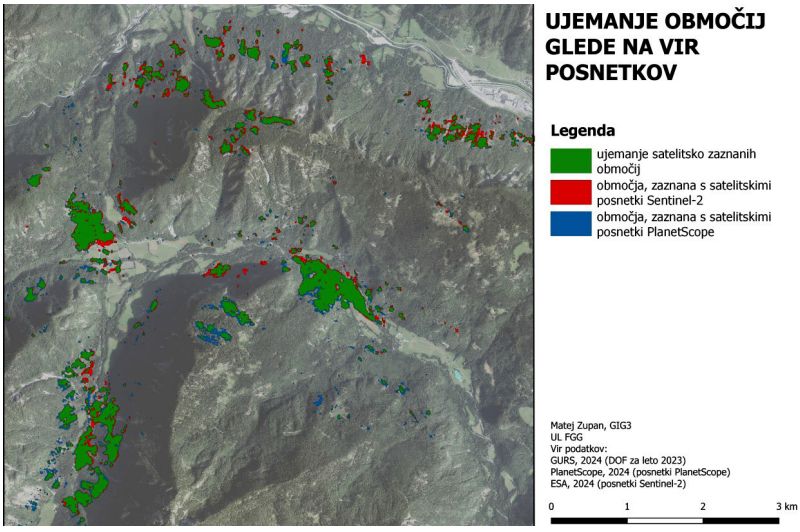


Prešernov nagrajenec: **Matej Zupan**

Naslov naloge: **Analiza posledic vetroloma v Zgornjesavski dolini z uporabo satelitskih posnetkov**

Mentorstvo: mentor **prof. dr. Krištof Oštir**, somentorica **asist. dr. Ana Potočnik Buhvald**

Naloga obravnava pomen gozdov kot ključnega naravnega vira, ki zagotavlja ekološke, gospodarske in socialne funkcije, ter izpostavlja njihovo ranljivost zaradi podnebnih sprememb in pogostejših vremenskih ujm. Med najbolj destruktivnimi so vetrolomi, ki lahko v kratkem času poškodujejo velika območja gozdov, povzročijo izgubo lesne biomase in povečajo tveganje za izbruhe podlubnikov. Smrekovi gozdovi v Sloveniji so zaradi plitvega koreninskega sistema in homogenih sestojev posebej občutljivi, sanacija poškodb na težko dostopnih območjih pa je zahtevna in nevarna. Zato se kot učinkovita rešitev izkaže uporaba podatkov daljinskega zaznavanja, ki omogočajo hiter, varen in stroškovno učinkovit pregled škode. Raziskava se osredotoča na julij 2023, ko je močan veter prizadel doline Krma, Kot in Radovna ter povzročil obsežne poškodbe. Avtor je uporabil veččasovne optične posnetke Sentinel-2 in PlanetScope za zaznavanje sprememb ter določitev površin poškodovanih gozdov. Rezultate je preveril z visokoločljivim ortofotom, na podlagi podatkov o gozdnih sestojih pa ocenil količino poškodovanega lesa, kar je potrdil z dejanskimi podatki sanitarne sečnje. Ugotovitve potrjujejo, da je daljinsko zaznavanje zanesljivo orodje za hitro oceno škode po vetrolomih ter pomembna podpora pri načrtovanju sanacije in trajnostnem gospodarjenju z gozdovi.



Klemen Kozmus Trajkovski,
predsednik Odbora za Prešernove nagrade UL FGG 2024/25

NOVICE INŽENIRSKE ZBORNICE SLOVENIJE

NAGRADA MATJAŽU GRILCU ZA INŽENIRSKO ODLIČNOST

V ponedeljek, 17. novembra 2025, je pooblaščeni inženir Matjaž Grilc dobil nagrado za inženirsko odličnost, najvišje priznanje Inženirske zbornice Slovenije. Nagrado podeljujejo posameznikom, ki s svojim delom bistveno prispevajo k razvoju in ugledu inženirske stroke. Matjaž Grilc jo je prejel, ker je izjemna in prepoznavna osebnost slovenske geodetske stroke in ker je s strokovnostjo in vizijo zaznamoval razvoj geodezije, razvoj prostorskih evidenc doma in v tujini. S svojo aktivnostjo in energijo še vedno povezuje stroko, gospodarstvo in javne institucije.

Matjaž je inženir, ki združuje vrhunsko strokovnost, idejo in organizacijsko vizijo (ki ju tudi uresniči) na področju geodezije. Njegova predanost stroki in širjenju znanja pušča mlajšim generacijam inženirjev in družbi kot celoti trajno dediščino.

Izpostavljam tudi, da je bil Matjaž soustanovitelj in dolgoletni funkcionar ključnih stanovskih organizacij: bil je predsednik izvršnega odbora Zveze geodetov Slovenije, urednik Geodetskega vestnika, ustanovni član Gospodarskega interesnega združenja geodetskih izvajalcev in prvi predsednik Matične sekcije geodetov Inženirske zbornice Slovenije.

Matjaž je prvi pooblaščeni inženir geodezije, ki je dobil nagrado za inženirsko odličnost, in tako ostaja pomemben del tradicije zbornice. Med preteklimi nagrajenci najdemo Marjana Pipenbaherja, dr. Vojkana Jovičića in dr. Viktorja Marklja.

Nagrada je bila slavnostno podeljena na Dnevu zbornice, ki je bil letos organiziran v Slovenski filharmoniji. Pomen zbornice in vlogo pooblaščenih inženirjev sta s svojo prisotnostjo potrdila minister za naravne vire in prostor Jože Novak ter minister za javno upravo mag. Franc Props. Prireditve so se udeležili tudi generalna direktorica Gospodarske zbornice Slovenije Vesna Nahtigal, direktor Geodetske uprave RS Tomaž Petek, predsednik Zbornice za arhitekturo in prostor Jernej Prijon ter številni predstavniki gospodarstva in javne uprave.

Prisotne so bile tudi delegacije stanovskih zbornic iz sosednjih držav: predsednica hrvaške zbornice gradbenih inženirjev in predsednica Evropskega sveta inženirskih zbornic Nina Dražin Lovrec, predsednik makedonske zbornice arhitektov in inženirjev Dejan Metikoš, predsednik inženirske zbornice Srbije Veljko Bojović, predsednik reda inženirjev Gorice Alberto Pich in predsednik reda inženirjev Trsta Giovani Basilisco.

Poleg nagrade za inženirsko odličnost je priznanje za zaslužnega člana zbornice dobil pooblaščeni inženir Gorazd Humar, strokovnjak za gradbeno inženirsko dediščino ter avtor številnih publikacij o mostovih. Zbornica je ob tej priložnosti pozdravila tudi več kot 80 novih pooblaščenih inženirjev, ki so se v preteklem letu vpisali v imenik in tako še okrepili skupnost, ki šteje kar 7041 članov.

Slika 1: Matjaž Grilc, govor.

Slika 2: Matjaž Grilc, priznanje.

Slika 3: sprejem mladih inženirjev v IZS

Slika 4: (iz leve proti desni) Matej Plešnar, mag Franc Props, Matjaž Grilc, Jože Novak, mag. Črtomir Remec.

Matej Plešnar, inž. geod.
Predsednik MS Geo IZS

Vir fotografij: IZS

NOVICE IZ GEODETSKIH DRUŠTEV NEWS FROM PROFESSIONAL SOCIETIES

53. Geodetski dan v Čatežu ob Savi: Geodezija in energetika – skupaj v prostoru

V Termah Čatež je 15. in 16. oktobra 2025 potekal 53. Geodetski dan, osrednji letni strokovni dogodek slovenske geodetske stroke. Organizatorji – Zveza geodetov Slovenije in Dolenjsko geodetsko društvo v sodelovanju z UL FGG, Geodetsko upravo RS, Geodetskim inštitutom Slovenije, Inženirsko zbornico Slovenije ter Združenjem geodetskih izvajalcev GIZ-GI – so tudi letos pripravili bogat strokovni program, ki je v Čatež ob Savi privabil več kot 400 udeležencev iz akademskega, javnega in zasebnega sektorja. Osrednja tema dogodka je bila povezava med geodezijo in energetiko, področjema, ki v zadnjih letih še posebej tesno soustvarjata prostorski razvoj in podpirata prehod v trajnostne energetske rešitve.

Dogodek se je začel z uvodnimi nagovori mag. Tonija Levičnika, predsednika Zveze geodetov Slovenije, ministra za okolje, podnebje in energijo mag. Bojana Kumra, generalnega direktorja GURS Tomaža Petka, župana občine Brežice Ivana Molana in predsednika Dolenjskega geodetskega društva dr. Primoža Mavsarja. Svoja razmišljanja so usmerili predvsem v strateško vlogo geodetske stroke pri umeščanju energetskih objektov, obvladovanju prostorskih podatkov ter zagotavljanju kakovostnih podlag za sprejemanje odločitev, ki vplivajo na razvoj države.

Slika 1: Slavnostni govorniki kot poslušalci.

Slika 2: Video nagovor ministra mag. Bojana Kumra.

Plenarni del srečanja, ki ga je povezovala prof. dr. Anka Lisec, je postregel z mednarodno zasedbo vabljenih predavateljev. Dr. Fabio Remondino (Fondazione Bruno Kessler, Italija) je predstavil vlogo najnovejših geoinformacijskih tehnologij in umetne inteligence v sistemih odločanja, prof. dr. Paul Becker (BKG, Nemčija) je prikazal korake in izzive pri razvoju digitalnega dvojčka Nemčije, Maja Pupačić iz Državne geodetske uprave Hrvaške pa je predstavila večletni program katastrskih izmer, ki ga Hrvaška izvaja na nacionalni ravni. Plenarna predavanja so nakazala ključni poudarek letošnjega dogodka: preplet hitro

razvijajočih se tehnologij in potreb energetskega sektorja, ki vse bolj sloni na kakovostnih prostorskih podatkih.

Slika 3: Maja Pupačić, Državna geodetske uprava Hrvaške.

Slika 4: Delegacija Državne geodetske uprave Hrvaške.

Slika 5: Dr. Paul Becker (BKG, Nemčija).

Slika 6: Dr. Fabio Remondino (Fondazione Bruno Kessler, Italija).

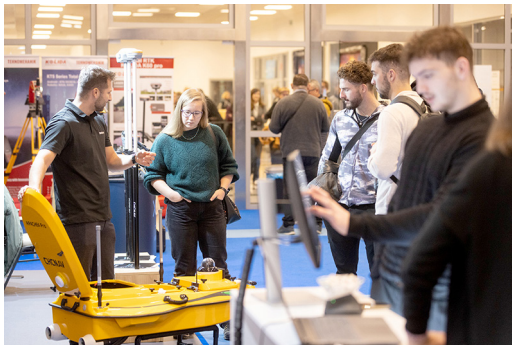
V prvem sklopu predavanj, ki ga je vodil doc. dr. Jernej Tekavec, so se predavatelji posvetili umeščanju energetske infrastrukture v prostor, vlogi geodezije v državnih prostorskih načrtih ter razvoju energetskih digitalnih dvojčkov. Posebna pozornost je bila namenjena izzivom, ki jih prinaša vzpostavljanje nacionalnih geoprostorskih digitalnih dvojčkov. Popoldanski sklop, ki ga je moderiral Uroš Alič, je bil namenjen evidentiranju energetske infrastrukture. Predstavitve so obravnavale nove geodetske pristope, pravne vidike evidentiranja služnosti ter praktične izkušnje javnih služb in energetskih podjetij.

Drugi dan srečanja se je začel s sekcijo o monitoringu energetske infrastrukture pod vodstvom doc. dr. Aleša Marjetića. Predavatelji so prikazali rabo LiDAR podatkov in umetne inteligence pri ocenjevanju vegetacije ob elektroenergetskih omrežjih, rezultate tehničnega opazovanja hidroenergetskih objektov, meritve žerjavnih prog in možnosti uporabe visokoločljivostnih satelitskih posnetkov v javni upravi. Nadaljevanje dogodka je prineslo še sekcijo o aktualnih novostih v geodetski stroki in upravi, ki jo je vodila doc. dr. Mihaela Triglav Čekada. Predstavitve so vključevale tematike osebnih podatkov v katastrskih postopkih, posebnih okoliščin pri množičnem vrednotenju, ekonomskih vidikov geodetskih storitev, zakonodajnih sprememb ter zgodovinskega pregleda petih desetletij cikličnega aerofotografiranja v Sloveniji.

Pomemben del Geodetskega dneva je bila razstava, na kateri so se predstavila številna podjetja s področja geodezije in geoinformatike. Udeleženci so se lahko seznanili z najnovejšimi instrumenti, metodami

zajema podatkov, fotogrametričnimi in laserskimi tehnologijami ter programskimi rešitvami. Nekatera podjetja so pripravila tudi svoje strokovne predstavitve v mali dvorani, kar je dodatno obogatilo program. Prisotnost razstavljavcev je bila tudi letos izjemno dragocena, saj je omogočila neposreden vpogled v tehnološki razvoj in praktične aplikacije v gospodarstvu.

Slika 7: Predstavitve v mali dvorani.



Slika 8: Pestro dogajanje pri razstavljavcih.

V večernem delu prvega dne je potekala tradicionalna slavnostna akademija, posvečena 14. evropskemu dnevu geodetov in geoinformatikov. Podeljena so bila priznanja Zveze geodetov Slovenije zaslužnim članom, ki s svojim delom soustvarjajo napredek stroke. Dogodek pa je bil tudi priložnost za druženje, izmenjavo izkušenj in krepitev strokovnih vezi, kar je eden ključnih namenov Geodetskega dneva.

Dogodek se je drugi dan zaključil s pogostitvijo in neformalnim druženjem. Organizatorji so se ob tej priložnosti zahvalili vsem predavateljem, razstavljavcem, sponzorjem in udeležencem, ki so prispevali k uspešni izvedbi dogodka. 53. Geodetski dan je ponovno potrdil, da je povezovanje znanja, tehnologij in izkušenj ključnega pomena za prihodnost geodetske stroke – še posebej v obdobju energetskih izzivov in prostorskega preoblikovanja, ki zahtevata celosten, interdisciplinaren pristop.

Fotografije in prispevki avtorjev so objavljeni na spletni strani www.geodetskidan.si.

Avtor: dr. Primož Mavsar, predsednik DGD

Fotografije:: Boštjan Pucelj

Slavnostna akademija ob 53. Geodetskem dnevu

Slavnostna akademija Zveze geodetov Slovenije, ki je potekala 15. oktobra 2025 v Termah Čatež v okviru 53. Geodetskega dneva, je tudi letos združila domače in tuje predstavnike geodetske stroke, akademske sfere, gospodarstva in državne uprave, ki s skupnim znanjem in prizadevanji prispevajo k razvoju prostora. V okviru letošnjega dogodka, posvečenega temi *Geodezija in energetika: Skupaj v prostoru*, je akademija hkrati zaznamovala 14. evropski dan geodetov in geoinformatikov, ki poudarja pomen stroke pri soustvarjanju prostora prihodnosti.

Slavnostni večer se je začel ob zvokih *Zdravljice* v izvedbi Okteta Jurij Dalmatin, najstarejše vokalne skupine iz Boštanja pri Sevnici, ki neprekinjeno deluje že več kot šest desetletij. Njihova izvedba slovenske himne je uvedla udeležence v slovesni začetek dogodka, posvečenega počastitvi dosežkov in posameznikov, ki so s svojim znanjem in delom pustili pomemben pečat v razvoju geodetske stroke.

Slika 1: Oktet Jurij Dalmatin.

Uvodnemu glasbenemu delu sta sledila nagovora, ki sta navzoče spomnila na vlogo geodetske stroke pri povezovanju znanja, tehnologij in ljudi. Navzoče je najprej v imenu ministra Ministrstva za naravne vire in prostor Jožeta Novaka nagovoril Tomaž Petek, generalni direktor Geodetske uprave Republike Slovenije, saj je bil minister zaradi objektivnih okoliščin odsoten. Zbrane je nato nagovoril še mag. Toni Levičnik, predsednik Zveze geodetov Slovenije, ki je poudaril, da geodezija prostoru daje obliko, energetika pa mu vdihuje življenje – in prav njuno sodelovanje ustvarja temelje za trajnostno in pametno prihodnost. »Prostor brez načrta je le praznina. Energija brez usmeritve je le potencial. Ko združimo oboje – prostor, ki ga razumemo, in energijo, ki jo usmerimo – ustvarimo prihodnost, ki ni le mogoča, temveč trajna,« je sklenil.

Slika 2: Nagovor generalnega direktorja Geodetske uprave Republike Slovenije Tomaža Petka v imenu ministra Ministrstva za naravne vire in prostor Jožeta Novaka.

Slika 3: Nagovor predsednika Zveze geodetov Slovenije mag. Tonija Levičnika.

Osrednji del večera je bil namenjen podelitvi priznanj, s katerimi Zveza geodetov Slovenije izkazuje zahvalo in spoštovanje tistim, ki s svojim znanjem, predanostjo in dolgoletnim delom bogatijo stroko in

prispevajo k njenemu ugledu. Priznanja sta podelila predsednik Zveze mag. Toni Levičnik in generalna sekretarka Marina Lovrić, ki sta se prejemnikom ob tej priložnosti zahvalila za njihov prispevek k razvoju geodetske stroke ter spodbujanju strokovnega sodelovanja in prenosa znanja na mlajše generacije.

Priznanja za pomemben prispevek k razvoju geodetske stroke so prejeli Anton Kupic, Franc Ravnihar, Gvido Pehar, Andreja Osolnik, Rastko Logar, Vojteh Holc in Iztok Lampelj. Nagrajenci so s svojim dolgoletnim delom pomembno prispevali k napredku geodetske službe, razvoju evidenc, izboljšanju postopkov ter krepitvi sodelovanja med stroko, državo in uporabniki. Njihovo delo povezujejo predanost, odgovornost in spoštovanje do poklica, zato so podeljena priznanja iskren poklon celotne geodetske skupnosti.

Slika 4: Prejemnik priznanja Zveze geodetov Slovenije Anton Kupic s predsednikom ZGS mag. Tonijem Levičnikom in generalno sekretarko Marino Lovrić.

Slika 5: Prejemnik priznanja Zveze geodetov Slovenije Franc Ravnihar s predsednikom ZGS mag. Tonijem Levičnikom in generalno sekretarko Marino Lovrić.

Slika 6: Prejemnik priznanja Zveze geodetov Slovenije Gvido Pehar s predsednikom ZGS mag. Tonijem Levičnikom in generalno sekretarko Marino Lovrić.

Slika 7: Prejemnica priznanja Zveze geodetov Slovenije Andreja Osolnik s predsednikom ZGS mag. Tonijem Levičnikom in generalno sekretarko Marino Lovrić.

Slika 8: Prejemnik priznanja Zveze geodetov Slovenije Vojteh Holc s predsednikom ZGS mag. Tonijem Levičnikom in generalno sekretarko Marino Lovrić.

Sledila je podelitev plaket za življenjsko delo, najvišjega priznanja Zveze geodetov Slovenije, ki ga prejmejo posamezniki za izjemen prispevek k razvoju in prepoznavnosti stroke. Letos sta ju prejela Miran Brumec in Tone Kogovšek. Brumec je s svojim dolgoletnim strokovnim in pedagoškim delom pustil močan pečat na področju zemljiškega katastra in prostorske informatike, Kogovšek pa kot pobudnik digitalne preobrazbe zemljiškega katastra ter avtor programskega paketa INKAT, ki je pomembno zaznamoval proces digitalizacije geodetskih podatkov v Sloveniji.

Slika 9: Prejemnik plakete Zveze geodetov Slovenije za življenjsko delo Miran Brumec s predsednikom ZGS mag. Tonijem Levičnikom in generalno sekretarko Marino Lovrić.

Slika 10: Prejemnik plakete Zveze geodetov Slovenije za življenjsko delo Tone Kogovšek s predsednikom ZGS mag. Tonijem Levičnikom in generalno sekretarko Marino Lovrić.

Slavnostni večer se je nadaljeval v sproščenem vzdušju, ob pogovorih, glasbi in plesu, kjer ni manjkalo dobre volje, iskrenih nasmehov in prijateljskih besed.

Slika 11: Prejemniki priznanj ter predstavniki Zveze geodetov Slovenije (od leve proti desni): mag. Toni Levičnik (predsednik ZGS), Miran Brumec, Andreja Osolnik, Gvido Pehar, Tone Kogovšek, Franc Ravnihar, Anton Kupic, Vojteh Holc in Marina Lovrić (generalna sekretarka ZGS).

Zapisala: Marina Lovrić in mag. Toni Levičnik

Fotografije: Boštjan Pucelj

Zveza geodetov Slovenije
LJUBLJANSKO GEODETSKO DRUŠTVO

31. srečanje geodetov na Krimu

Tudi letos smo se člani Ljubljanskega geodetskega društva tradicionalno podali na Krim, kjer je 4. oktobra potekalo že 31. srečanje geodetov. Čeprav se sicer srečujemo prvo soboto v juniju, je bilo tokrat nekoliko drugače – zadnjo besedo je imela narava. Zaradi medvedke z mladičem, ki se je poleti potepala po območju Rakitne, smo srečanje prestavili na prvo soboto v oktobru, ko so se razmere umirile in je Krim spet postal varen za naše druženje.

Slika 1: Dobrodošlica za udeležence pod vrhom Krima.

Slika 2: Prvi kolesarji na cilju.

Zbralo se nas je 59 udeležencev, ki smo se na Krim podali po različnih poteh – nekateri peš po krajši ali daljši trasi, drugi pa v tekmovalnem duhu. Tekmovalni del srečanja je bil namenjen kolesarjenju in teku, vendar teka letos ni bilo – nihče se ga ni udeležil. Zato so vse športne časti pripadle kolesarjem, med katerimi je sodelovalo devet tekmovalcev. Najhitrejši je bil Lenart Dolgan, ki je z odločnim tempom osvojil prvo mesto in si prislužil priznanje za zmagovalca letošnjega srečanja.

Udeležence smo ob prihodu na plato pred kočo na Krimu pričakali s prijetnim sprejemom. Po naporni poti je vsakdo lahko izbral svojo osvežitev – šilce za pogumne, pivo za žejne ali topel čaj za tiste, ki jih je jesenski dan ohladil. Sledil je zaslužen topel obrok v koči, kjer smo se okrepčali, poklepetali in se nasmejali.

Slika 3: Druženje na cilju.

Slika 4: Podelitev priznanj.

Po kosilu je sledila podelitev priznanj najboljšim ter nagovor predsednice Ljubljanskega geodetskega društva, ki je prisotne pozdravila, pohvalila organizatorje in poudarila pomen ohranjanja tradicije tovrstnih srečanj, ki krepijo tako strokovne kot tudi prijateljske vezi med geodeti.

V prijetnem vzdušju smo druženje zaključili z obljubo, da se naslednje leto ponovno srečamo – v upanju, da tokrat v juniju in brez medvedje družbe.

Slika 5: Spominska kolajna za udeležence.

Vabljeni!

Zapisal: Borut Kermolj, Ljubljansko geodetsko društvo

Fotografije: Miha Muck, Ljubljansko geodetsko društvo

Velike zgodbe Jadrana – Pelješac

Ko smo v preteklem letu z jubilejnim, 20. pohodom sklenili svojo transverzalno pot po vrhovih jadranskih otokov, so se med člani začele vrstiti pobude za nadaljevanje tovrstnega druženja. Izvršni odbor je zato začrtal in občni zbor društva potrdil predlog nove serije naše tradicionalne jesenske aktivnosti. Zadnji konec tedna v septembru tega leta se nas je tako 51 udeležencev odpravilo na prvega od načrtovanih pohodov pod imenom: *Velike zgodbe Jadrana* (Jadranska transverzala 3, s podnaslovom: *Pohodi med inženirskimi podvigi*).

Za prvi cilj smo si izbrali polotok Pelješac z mostom, pod načrte katerega se je podpisal priznani slovenski gradbeni inženir Marjan Pipenbaher. Pelješki most je novejši pomemben infrastrukturni objekt sosednje države, ki povezuje hrvaško celino s polotokom Pelješac in preko katerega prometni tok obide odsek jadranske obale, ki pripada Bosni in Hercegovini (BiH). Most dolžine 2404 metrov in višine 55 metrov sestavlja 13 razponov, od katerih je pet glavnih dolžine 285 metrov, šest centralno postavljenih armiranobetonskih stebrov, visokih 33 metrov, in dva pasova, skupaj z odstavnim pasom, ki služi tudi za vzdrževanje. Predstavitev gradnje, vzdrževanja in sistema spremljajočih cest je na razgledišču pred mostom slikovito dopolnil poklicni potapljač s svojimi spomini na zahtevna dela. Zanimiva predstavitev in lep razgled sta nas zadržala dlje od predvidenega časa.

Sliki 1 in 2: Skupinska fotografija udeležencev na razgledišču pred mostom in pogled na most s Pelješca.

Zaporedje zamud in manjših napak pri organizaciji prevoza sta nam, ob opisanem podaljšanem zanimanju za predstavitev gradnje mostu, v prvem dnevu dopustila le še ogled pelješke vasice Žuljana, kjer smo se izborno okrepčali v eni od tamkajšnjih konob. Potem smo po neprijetno dolgem čakanju na meji pred večerjo raziskali še obmorsko mesto Neum v BiH, ki pa se kot kraj obeh nočitev, prav zaradi zamudnih mejnih formalnosti, ni posebej izkazal.

Sliki 3 in 4: Soline smo si ogledali od blizu in z utrdb nad Stonom.

V sobotnem jutru smo se odpeljali na predstavitev stonskih solin, ki delujejo že od antike in so ene najstarejših še delujočih solin na svetu. Ta nekdanji temelj bogastva in razcveta mesta Dubrovnik je varoval sistem utrdb in zapornih zidov okrog mesta Ston. Vojaški objekti na pobočju hriba Podzvizd veljajo za najdaljši ohranjeni obrambni zid v Evropi, pogosto imenovan kar »Evropski Kitajski zid«.

Sliki 5 in 6: Ko so se vrata zaprla, pač ni bilo izbire, in četica je odkorakala po obzidju.

Sprehodili smo se po tem drugem najdaljšem ohranjenem obzidju na svetu v smeri Ston–Mali Ston in še pravočasno ujeli naročeni ladijski prevoz do gojišč drugega tamkajšnjega »zaklada« – znanih stonskih ostrig v zalivu pred Malim Stonom. Po nazorni predstavitvi nekdanjih in le malo drugačnih sodobnih metod gojenja smo to specialiteto (in še nekatere druge dobrote) tudi okusili ob veselem druženju na

predstavitvenem splavu. Nekateri so neradi in le zaradi obljube o skorajšnji pokušini še drugačnih dobrot trudoma zapustili to prijetno (in živahno) morsko okolje.

Sliki 7 in 8: Predstavitev tradicionalnih metod gojenja školjk je vključevala tudi karaoke v režiji članic društva.

Po kratkem raziskovanju naravnih ter grajenih značilnosti polotoka z avtobusom in sprehodu skozi stari predor Dingač smo zavili še na drugo degustacijo tega dne. Tradicionalno močna vina in pripravljeni prigrizki so nam večini priklicali nejevero do skorajšnje večerje v hotelu, a smo spet dokazali geodetsko trdoživost in zmogli vse napore.

V nedeljo smo že obrnili proti domu, a spotoma raziskali še rodovitno delto reke Neretve. Po jutranji kavi smo si v bližnjih nasadih nabrali mandarin in se čudili rodovitnosti drevesc, potem pa zapluli še po kanalih delte z značilnimi rečnimi čolni, trupicami, na neretvansko kosilo ob glasbi. Veselo vzdušje in plesne korake je prekinila pravilna odločitev za hiter odhod in že prej prikazana tekmovalnost med čolni se je tudi na povratku izkazala za dobro izbiro, saj smo v avtobus pritekli ob prvih debelih kapljah in v pišu prihajajočega neurja. Dež nas je spremljal še globoko v Liko, ko smo zadovoljni že nizali ideje za bodoče podvige.

Sliki 9 in 10: Skozi predor Dingač smo poiskali razgled na južne otoke in seveda spotoma preverili posebno lego vinogradov znanega lokalnega vina.

Sliki 11 in 12: Geodetska natančnost se je izkazala tako v sadovnjaku kot pri plovbi.

Ker imajo hrabri srečo, nas je tudi tokrat vreme izdatno nagradilo. Med dvema obsežnima nevihtnima pasovoma, ki sta na obali povzročila obilo preglavic pred našim prihodom in že ob odhodu, smo se razvajali v treh sonca polnih dneh in si obljubili: »Ob letu osorej!«.

Tekst: Milan Brajnik, Ljubljansko geodetsko društvo

Fotografije: Miha Muck in Milan Brajnik, Ljubljansko geodetsko društvo

Tradicionalni izlet upokojenih članov Ljubljanskega geodetskega društva v letu 2025

Kot vsako leto v tem jesenskem času smo se tudi letos, 9. oktobra 2025, zbrali upokojeni člani LGD, željni udeležbe na načrtovanem izletu. Naše izhodiščno mesto je že nekaj let parkirišče Dolgi most. Tokrat nas je pot vodila v Novo Gorico in Goriška brda. Organizatorja izleta sta bila Stane Drenšek in Miloš Šušteršič, zbralo pa se nas je kar petinštirideset.

Po opravljenih formalnostih smo krenili na pot proti Primorski oziroma na Goriško. Ob odhodu iz Ljubljane smo se dogovorili, da se ustavimo na kavi na Petrolovi črpalki v Postojni. Dobrih dvajset minut je bilo časa, da smo spili kavo, se pozdravili in tudi poklepetali. Letos je bila naša skupina nekoliko pomlajena, kar ni bilo slabo, pridružilo pa se nam je tudi nekaj na novo upokojenih članov.

Ko smo iz Postojne krenili proti Novi Gorici, je bil naš prvi cilj obisk Trga Evrope in obnovljene železniške postaje Nova Gorica. Po prihodu na cilj je vsak udeleženec prejel za malico velik krof – sladko dobroto, ki nas običajno spremlja na izletih. Imeli smo kar uro in petnajst minut prostega časa, da smo si ogledali vse, kar je bilo vredno ogleda. Nova Gorica in Gorica sta leta 2004 skupaj uredili Trg Evrope na državni meji med Slovenijo in Italijo, pred železniško postajo, s čimer sta zaznamovali vstop Slovenije v Evropsko unijo. Na trgu smo lahko z eno nogo stali v Sloveniji, z drugo pa v Italiji – poseben občutek, ki ga daje odprta meja in možnost, da se brez ovir sprehajamo med obema državama. Trg Evrope je danes simbol somestja dveh Goric, pa tudi simbol evropskega združevanja in preseganja nekdanjih razmejitev ter državnih meja.

Slika 1: Trg Evrope.

Slika 2: Železniška postaja Nova Gorica.

Novogoriška železniška postaja je monumentalna stavba, zgrajena v secesijskem slogu leta 1906, sočasno z bohinjsko železniško progo. Takrat je služila kot severni goriški kolodvor in je danes najstarejša zgradba v mladem mestu Nova Gorica. Stavba je bila močno dotrajana, a so jo med pripravami na evropsko prestolnico kulture v celoti prenovili. Danes postaja ni več namenjena zgolj železniškemu prometu, temveč deluje kot večnamenski javni objekt. V njej je urejena zanimiva razstava o gradnji in razvoju

Nove Gorice ter življenju ob nekoč strogo varovani meji. Med postankom smo si razstavo ogledali in spili kavo v prijetno urejenem bifeju.

Po našem programu je bil naslednji cilj obisk Vinske kleti Brda. Avtobus je zapeljal skozi Novo Gorico in Solkan na Osimsko cesto. Ta je bila zgrajena po podpisu Osimskih sporazumov leta 1975 in je znova povezala Brda z matično Slovenijo. Pred tem so po drugi svetovni vojni Brda zaradi nove meje z Italijo ostala prometno odrezana od Nove Gorice. Nova cesta, odprta v začetku osemdesetih let, poteka od Solkana proti Kojskemu in Dobrovemu ter je postala simbol ponovne povezanosti in gospodarskega oživljanja Brd. Olajšala je dostop prebivalcev do mesta in omogočila razvoj sodobnega vinogradništva, sadjarstva in turizma. Gričevnata pokrajina Brda – dežela sonca, vinogradov in sadnih dreves, ki jo domačini radi imenujejo kar slovenska Toskana. Njeni razgibani griči, prepleteni s kamnitimi vasmi, skrivajo zgodbo o trdem delu, vztrajnosti in navezanosti na zemljo.

Kmalu smo se pripeljali do kleti in sprejela nas je res prijazna in vseveda vodnica. Veliko nam je povedala o zgodovini Brd in o današnjem času. Naj se na kratko ozremo v zgodovino. V srednjem veku so Brda spadala pod goriške grofe, pozneje pod Habsburžane, zato so bila več stoletij del Goriške grofije. Večina zemlje je bila v rokah plemstva in cerkve, kmetje pa so bili koloni – odvisni obdelovalci tuje zemlje. Del pridelka so morali oddajati zemljiškim gospodom kot dajatev ali tlako. Ta kolonatski oziroma polovičarski sistem, imenovan mezzadria, je v Brdih vztrajal še daleč v 20. stoletje, ko so kmetje obdelovali vinograde in oljčnike v zameno za polovico pridelka. Leta 1922 je osemintrideset kolonov ustanovilo prvo zadrugo v Brdih, od zemljiškega gospoda so kupili 230 hektarov zemlje. Šele po letu 1945 so agrarne reforme in nove družbene razmere prinesle prelom: kmetje so postopoma postali lastniki zemlje, začelo se je zadružništvo. Leta 1957 je bila v Dobrovem ustanovljena Vinska klet Goriška brda, ki je združila vinogradnike in dala temelje sodobnemu razvoju briškega vinogradništva. Zadruga je postala simbol skupnega dela in povezovanja, vrednot, ki so Brdom prinesle uspeh doma in v svetu.

Danes so Brda sinonim za vrhunska vina, sadje in gostoljubnost. Klet Brda povezuje več kot štiristo vinogradniških družin in je največji pridelovalec in izvoznik slovenskih vin. Briška vina osvajajo najvišja priznanja na mednarodnih tekmovanjih, briške breskve in češnje pa so zaščitni znak pokrajine.

Slika 3: Pogled na udeležence v kleti s hrastovimi sodi jajčaste oblike.

Med drugim smo slišali, da Brda kljub sodobnemu utripu ohranjajo svojo dušo: kamnite vasi, cerkvice na gričih, razgledi na furlansko nižino in domača beseda pričajo o globoki povezanosti ljudi z njihovo zemljo. Brda danes niso več dežela kolonov, temveč samozavestna skupnost pridnih kmetov, vinarjev in sadjarjev, ki s spoštovanjem do tradicije in pogumom za novosti gradijo prihodnost te čudovite pokrajine.

Po izčrpni predstavitvi Brd smo se iz vinske kleti, kjer zorijo vrhunska vina, preselili v posebno zgradbo, namenjeno pokušini vin in prodaji. Ob pokušini smo dobili tudi prigrizek, kar nam je omogočilo, da smo v celoti okusili paleto njihovih vin. Poskusili smo vina vseh njihovih blagovnih znamk: Bagueri, Krasno, Quercus, Penine, Kakovostna in Arhivska vina. Očarani nad bogatimi okusi smo se še ustavili v trgovini in morda bomo s steklenico vina doma delili z družino in prijatelji delček očarljivih Brd.

Bil je že čas za malico oziroma pozno kosilo in odpeljali smo se na hrib Sabotin, ki ga mnogi imenujejo kar pričevalec zgodovine iz prve svetovne vojne. Izpred koče na Sabotinu smo uživali ob prekrasnih pogledih na Julijce, obe Gorici, Kras, morje, Furlansko nižino in na reko Sočo. Nekateri so se podali v strelske rove in jarke. Sledilo je okrepčilo s primorsko joto in domačo klobaso.

Slika 4: Pogled na reko Sočo s Sabotina.

Slika 5: Strelski jarek na Sabotinu.

Dan je že mnogo krajši in počasi smo se poslovili od Sabotina in se zapeljali proti Brdom in po stari cesti do Soške doline mimo Nove Gorice skozi Kromberk in po Vipavski dolini do vasi Budanje. Organizator je napovedal presenečenje, v tamkajšnji gostilni Anja smo bili postreženi še s slaščico – domačim jabolčnim zavitkom.

Bila je že noč, pričelo je deževati in odpravili smo se proti domu. Hvaležni organizatorjema in prijaznemu šoferju, da smo preživeli en res krasen izletniški dan. Hvala vsem in se vidimo naslednje leto.

Besedilo: Milena Prosen

Fotografije: udeleženci izleta

Športni izlet v dolino Glinščice

Primorsko geodetsko društvo je septembra izvedlo kolesarsko turo in pohod po dolini Glinščice.

Zbrali smo se v vasi Draga in počakali zamejska vodiča, ki sta nam predstavila kolesarski izlet ter pohod. Pohodniki so opravili osemkilometrski spust v dolino Glinščice, krenili so po kolesarski poti in se nato spustili do razgledne točke, od koder se odpre lep pogled navzgor na dolino Glinščice in navzdol do Trsta in Tržaškega zaliva. V bližini je nekoč stal Muhov grad, pot pa se še spušča do planinskega doma Rifugio Mario Premuda. Prečkali so potok in se po drugi strani mimo ostankov rimskega akvadukta in pod cerkvico Marije na Pečinah povzpeli do 38 metrov visokega slapa Supet. Od tu pa naprej do zaselka Botač in strmo navzgor do kolesarske steze in izhodišča.

Kolesarji pa smo se spustili po kolesarski stezi, po kateri je bila nekoč speljana železniška proga, vse do predela Pončane v središču Trsta. Železniška proga z imenom »Železnica Trst–Hrpelje«, znana kot *Il treno della Val Rosandra* oziroma *Ferrovia Trieste–Erpelle*, v nemščini *Triest–Herpelje Bahn*, je nastala v času Avstro-Ogrske kot strateška in gospodarska povezava med Trstom in Istro. Zgradili so jo med letoma 1885 in 1887, da bi se izognili odvisnosti od zasebne družbe Südbahn, ki je imela monopol nad prometom proti Trstu, ter da bi zagotovili varnejšo oskrbo ob morebitni vojaški nevarnosti. Trasa je bila dolga skoraj 20 kilometrov in je potekala skozi zahtevno kraško pokrajino – čez številne viadukte, skozi predore in po pobočjih z nakloni do 3,3 %. Proga je povezovala postajo Trieste Campo Marzio (takrat Sant'Andrea) z vasjo Hrpelje – Kozina, kjer se je priključila na istrsko železnico.

Naša prva postaja je bila Draga in postaja Sant'Elia. Ob vznožju kraških pobočij in bregu reke Glinščice leži majhna vasica Draga, ki ima danes malo prebivalcev. Včasih so ji rekli tudi Draga Sant'Elia – po cerkvici sv. Elije, ki stoji tik čez mejo na slovenski strani.

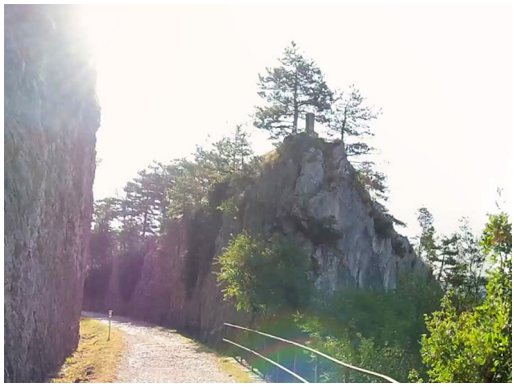
Med odkrivanjem nekdanje proge nas je spremljal vonj po borovcih, svežina morskega vetriča, v daljavi pa sinje nebo, ki se je zlivalo z Jadranom. Pot je slikovita, saj jo krasijo stari železniški mostovi, predorčki in ponuja številne panoramske razglede.

Vodič nam je predstavil posamezne viadukte in njihovo arhitekturno vrednost. Viadukti so dolgi do 190 metrov, največji loki imajo razpon celih 12 metrov. Nekateri viadukti zaznamujejo tudi mejo med posameznimi katastrskimi občinami.

Sledil je najdaljši, kar 224,02 metra dolg predor, ki mu pravijo *Chiusa* (Ključ). Predor je osvetljen, predvsem zaradi varnosti, svetloba pa v njem ustvari prijeten in nekoliko skrivnosten ambient. Lahko si ga predstavljamo kot majhno simulacijo prehoda iz preteklosti v sedanjost: nekoč, ko so tod po starih tirih vozili vlaki, se je zdelo, kot da drvijo v prihodnost. Danes pa nas ista pot vodi skozi skrbno ohranjeno industrijsko dediščino, ki jo doživljamo povsem drugače – s kolesi ali peš.

Nato smo se ustavili pred nekdanjo postajo Boršt – uradno imenovano *Sant'Antonio in Bosco*, kasneje pa poitalijančeno v *Sant'Antonio-Moccò*. To je bila največja vmesna postaja na progi.

V zgornjem delu poti se odpira Dolina Glinščice – globoka kraška soteska, kjer si reka že tisočletja reže pot skozi apnenčaste stene. Tukaj se stikata dve podnebji: zgoraj čutimo vpliv celinskega zraka, spodaj pa že diši po Sredozemlju. To prepletanje prinaša neverjetno pestrost življenja – v dolini uspeva več kot tisoč rastlinskih vrst, od gorskih cvetlic do sredozemskih zelišč. Reka Glinščica izvira na slovenski strani, a svoje najbolj slikovite trenutke pokaže prav tu – pri slapu Supet, visokem skoraj 30 metrov, kjer se voda v pršcu razbije ob kamnine. Nad slapom se soteska zoži v dramatičen kanjon, ki je v preteklosti pomenil naravno obrambno linijo.



Dolino obiskujejo pohodniki, kolesarji, plezalci in jamarji, saj je pod površjem prepletena z jamskimi sistemi in skrivnostnimi odprtinami.

Na pečini visoko nad dolino stoji cerkvica Marije na Pečah (*Santa Maria in Siaris*). Po legendi naj bi jo postavil Karel Veliki, prvi zapisi pa segajo v 14. stoletje, ko so romarji in spokorniki bosi hodili iz Trsta sem. Obnovljena je bila leta 1647, kasneje zapuščena in v zadnjih desetletjih ponovno oživljena. Občasno tu potekajo romanja, ki povezujejo ljudi, naravo in stoletno tradicijo. Cerkvica, stisnjena v kamniti rob, je tiha priča zgodovine in moči vere.

Ob vrnitvi na izhodišče smo na skali nad usekom videli mejni kamen. Od tu dalje je vse, kar je na desni strani nekdanje železniške proge, že v Sloveniji, medtem ko sama proga poteka po Italiji. Meja je bila speljana v povojnem obdobju, ko sta Italija in Jugoslavija določili nove državne meje. Pod traso smo opazili lesene ostanke nekdanjih postojank. Na teh mestih so takratni miličniki stražili ob meji in nadzorovali prehod vlaka, ki je potoval tik ob državni črti. Ti ostanki so danes tihi pričevalci napetih časov in življenja ob meji.

Železnico so leta 1966 zaprli, saj vlak v povojnem obdobju ni mogel več nadaljevati poti do Kozine in se je ustavil v Dragi. Z uvedbo avtobusnih prevozov in povezav je železnica postopoma izgubila potnike, zato ni bilo več smiselno ohranjati njene infrastrukture. Nekdanjo železnico so preuredili v kolesarsko stezo, odprli so jo leta 2010, danes pa je del evropske kolesarske mreže EuroVelo 8.

Druženje smo nato nadaljevali v gostilni Mario na izhodišču, kjer so nas razvajali s pripravljenimi dobrotami.

avtorja teksta Marko Breščak in Mojca Krivec

avtorja fotografij Lea Piškur (1) in Marko Breščak (2-5), Google StreetView (6)

DRUŠTVO GEODETOV SEVEROVZHODNE SLOVENIJE

Športno srečanje v Klubu 300

Ljubljansko geodetsko društvo je v sredo, 19. novembra 2025, organiziralo geodetski turnir v bovlanju. V razpisu je nanj povabilo vsa geodetska društva in geodetska podjetja. Določili so pravila (ki veljajo že od prvega srečanja v letu 2012), v skladu s katerimi mora biti ekipa petčlanska in mešana, saj mora imeti najmanj eno članico. Predstavnik društva, ki je bilo lanski zmagovalec, je poskrbel, da je bil na prizorišču tudi prehodni pokal tega tekmovanja.

Na povabilo se je odzvalo deset ekip. Posebej bi poudaril, da je tokrat društvo študentov poslalo kar dve ekipi. Vsi sodelujoči smo vzeli »tekmovanje« predvsem kot druženje, čeprav ni manjkalo tekmovalnega naboja. Pri tem ne smem pozabiti, da smo vsakega tekmovalca, ki je dosegel »strike« – torej je počistil ploščo z enim metom – nagradili z bučnim aplavzom. Vedeti moramo, da nismo profesionalci in da se z bovlingom ukvarjamo rekreacijsko ter v dobri veri druženja in koristno uporabljenega prostega časa.

Ker pa mora vsako tekmovanje na koncu imeti lestvico boljših ali slabših, smo na koncu podelil prehodni pokal. Po dveurnem metanju težkih ali malo manj težkih krogel so bili razglašeni rezultati. Zmagala je ekipa Društva geodetov SVS v postavi: Rastko, Iztok, Brane, Helena in Jože. Kot glavni rezultat se je upoštevala najboljša zaključena igra.

Prvi trije:

1. mesto: Društvo geodetov SVS 1– dosežen rezultat 772 kegljev;
2. mesto: ekipa Alenka (v postavi Jaka, Sebastijan, Gorazd, Ferid in Alenka) – dosežen rezultat 672 kegljev;
3. mesto: Društvo geodetov SVS 2 (v postavi Boris, Maja, Polona, Mihael in Miroslav) – dosežen rezultat 639 kegljev.

Med posamezniki so bili prvi trije:

1. mesto: Rastko (najboljši rezultat) – 192 kegljev;
2. mesto: Sebastijan – 189 kegljev;
3. mesto: Boris – 178 kegljev.

Še rezultati po ekipah na način počiščenih plošč:

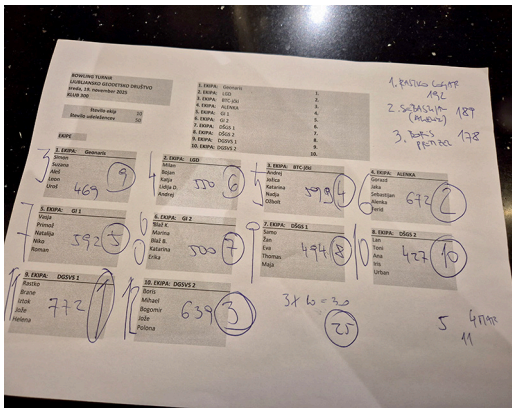
1. mesto: DG SVS 1 38 (strikes)/50 (spares)
2. mesto: DG SVS 2 – 29/38
3. mesto: BTC-jcki – 25/33
4. mesto: DS GS1 – 13/27

Samo te štiri ekipe so v dveh urah odigrale tri polne kroge.

Še informacija o skupno podrtih kegljih ekip, ki so izpeljale tri kroge:

1. mesto: ekipa DG SVS 1 – 2205 kegljev;
2. mesto: ekipa DG SVS2 – 1818 kegljev;
3. mesto: ekipa BTC-jcki – 1712 kegljev;
4. mesto: ekipa SG GS1 – 1347 kegljev.

Po razglasitvi rezultatov in podelitvi prehodnega pokala nas je Ljubljansko geodetsko društvo počastilo z malico, za kar se v imenu vseh ekip najlepše zahvaljujem. Prav tako pa s tega mesta vabim vsa ostala društva, geodetska podjetja in geodetske uprave, da se nam v prihodnjem letu pridružijo v Ljubljani na naslednjem srečanju in bovalnju. Vmes pa pridno trenirajte ter se družite in predvsem zabavajte, kar je bistveno.



Več fotografij z dogodka je na ogled na spletni strani Ljubljanskega geodetskega društva.

Prispevek pripravil: Jože Dajnko

Fotografije: Jože Dajnko

IN MEMORIAM

IZR. PROF. DR. ALBIN RAKAR

1946–2025

V začetku poletja smo se na kranjskem pokopališču tiho poslovili od spoštovanega profesorja dr. Albina Rakarja, dolgoletnega člana Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani in predstojnika Inštituta za komunalno gospodarstvo.

Profesor je bil rojen leta 1946 v Breginju v občini Kobarid. Osnovno šolo je obiskoval v Breginju in Kobaridu, gradbeno tehniško šolo pa v Ljubljani. Na UL FGG je diplomiral leta 1971, magistriral leta 1976 in doktoriral 1980. Na UL FGG je služboval od leta 1971, najprej kot asistent, od leta 1980 kot docent in od leta 1986 kot izredni profesor. S tem nazivom se je 1. oktobra 2012 tudi upokojil.

V svoji akademski karieri je profesor Rakar poudarjal pedagoško poslanstvo univerze. Verjel je, da univerza ni le prostor znanja, temveč tudi vzgoje v intelektualno poštenost in odgovornost do družbe.

Kot pedagog je izvajal pouk na dodiplomskem in podiplomskem študiju pri predmetih s področja komunalnega gospodarstva na UL FGG ter na Oddelku za krajinsko arhitekturo na UL BF. Kot gost je predaval tudi na Ekonomski fakulteti in Fakulteti za arhitekturo v Beogradu, na Univerzi Karla Marxa v Leipzigu ter na Tehniški fakulteti v Berlinu. Bil je mentor 90 diplomantom, štirim magistrandom in dvema doktorandoma. Izdal je univerzitetni učbenik za predmet Komunalno gospodarstvo ter petnajst enot študijskih gradiv za predmete s področja stanovanjskega gospodarstva, gradbene zakonodaje, urejanja prostora in komunalne infrastrukture.

Njegova predavanja so bila jasna. V nekaj besedah je znal strniti zapletene misli, odpreti nove horizonte razumevanja ter študente voditi k samostojnemu razmišljanju. Z njimi je znal študente ne le poučiti, temveč tudi spodbuditi k odgovornemu in kritičnemu razmišljanju. Strogo je terjal doslednost, a prav v tej strogosti so generacije študentov prepoznale njegovo predanost pedagoškemu poslanstvu in stroki. Tudi zaradi njegovih odličnih predavanj so številni diplomanti UL FGG gradili kariero na področjih komunalnega gospodarstva in urejanja prostora.

Raziskovalno in strokovno delo je profesor Rakar usmerjal predvsem v preučevanje urbanskih stroškov, ekonomskih in organizacijskih vidikov izgradnje in obratovanja komunalnih oskrbovalnih sistemov, instrumentov zemljiške politike ter privatizacije komunalnih dejavnosti. S tega področja ima po COBISS-klasifikaciji objavljenih 90 enot, od tega 27 z znanstvenim atributom, 37 opravljenih raziskav in 21 elaboratov študij in predštudij.

Profesor Rakar je bil mož načelnosti. Svojega prepričanja in tez v štiridesetih letih delovanja ni spreminjal in prilagajal potrebam dnevne politike na državni in lokalni ravni. Pri raziskovalnem delu se ni nikoli zadovoljil s površinskimi razlagami, temveč je vedno segal v globino in iskal bistvo.

Pomemben pečat je pustil tudi kot predstojnik Inštituta za komunalno gospodarstvo in komunalne študijske smeri v obdobju 1976–2001 ter predstojnik podiplomskega študija komunalne smeri. Svojo vlogo je z veseljem in uspešno opravljal kot oseba, ki je poudarjala kakovost poučevanja, učinkovito koordinirala projekte ter motivirala in usmerjala sodelavce.

Za svoje delo je dobil fakultetno priznanje ter priznanje Evropskega združenja za prometne znanosti, Zveza geodetov Slovenije ga je imenovala za zaslužnega člana.

Generacije študentov in sodelavcev ga bomo ohranile v spominu kot odličnega znanstvenika in predanega pedagoga. Njegova načelnost in jasna beseda bosta ostali trajen zgled vsem, ki smo ga poznali in imeli čast delati z njim.

Izr. prof. dr. Maruška Šubic Kovač

IN MEMORIAM

FRANC HOLC

1924–2025

Konec junija se je od nas za vedno poslovil Franc Holc, moj oče, naš nekdanji sodelavec in kolega ter dolgoletni načelnik občinske geodetske uprave v Gornji Radgoni.

Rodil se je novembra 1924 v Okoslavcih pri Vidmu ob Ščavnici, kjer je končal osnovno šolo. Nadaljevanje šolanja na klasični gimnaziji v Mariboru je prekinila vojna, ko je bil kot 18-letni fant prisilno mobiliziran v nemško vojsko. Vojna in vojska sta ga zaznamovali za vse življenje, saj je v teh letih kot nemški vojak, ruski ujetnik in jugoslovanski partizan doživel veliko grozot in, kot je sam napisal v svoji knjigi *Neresni vojak Les*, videl velik nesmisel vojne. Je pa prav zaradi vojne prišel do poklica, ki ga je opravljal vse življenje z veseljem in zavzetostjo, saj je kot artilerijski računar ugotovil, da ima smisel in veselje za trigonometrična računanja.

Po vojni je končal gimnazijo in se vpisal na Oddelek za geodezijo FGG, kjer je leta 1957 diplomiral. Že med študijem je sodeloval pri različnih geodetskih delih, na primer pri stabilizaciji in izmeri trigonometrične mreže po vsej Sloveniji, novi izmeri v Prekmurju ipd. Po diplomi se je zaposlil na geodetski upravi občine Gornja Radgona, kjer je delal in jo kasneje tudi vodil vse do upokojitve leta 1994.

Franček, kot so ga poznali kolegi, je bil pravi »katastralec« v najboljšem pomenu te besede. Pri delu je bil natančen in pošten, s svojim pristopom do strank, strokovnostjo in potrpežljivostjo je brez konfliktov izvedel izjemno veliko katastrskih meritev in rešil marsikateri mejni spor. Za današnje razmere je skorajda nepojmljiva raznolikost dela, ki ga je opravljal kot takratni občinski geodet. Strankam je parcelo zamejičil, izmeril, včasih opravil tudi geodetski posnetek in ogled za potrebe lokacijske dokumentacije,

nato v pisarni opravil izračune površin in kartiranje, pripravil odločbo in vrisal ter vpisal novo parcelo v evidence, vse to v nekaj dneh. Ob tem jim je svetoval in predlagal najustreznejšo lokacijo objekta, ki ga je kasneje tudi zakoličil. Nekatere stranke so še leta po njegovi upokojitvi spraševale po njem in naročale pozdrave in zahvalo za njegove nasvete in pomoč. Svoje strokovno znanje in praktične izkušnje je rad delil z mlajšimi sodelavci, ki smo se od njega naučili izvedbe katastrskih in tudi drugih postopkov v praksi.

Bil je velik zagovornik novih izmer in koordinatnega katastra in če je bilo le mogoče, so se vse katastrske meritve navezale na geodetsko mrežo. V ta namen je poskrbel, da je geodetska uprava nabavila prvi elektrooptični razdaljemer in osebni računalnik ter ploter z ustrezno programsko opremo. Vsi, ki smo kasneje opravljali obnove mej in druge storitve na podlagi njegovih elaboratov, smo mu bili hvaležni za bogato opremljene skice in podatke, ki smo jim lahko popolnoma zaupali.

Med njegovim vodenjem geodetske uprave sta bili izvedeni novi izmeri naselij Gornja Radgona in Radenci in nekoliko kasneje še izmere blizu dvajsetih komasacijskih območij. Pri vseh je aktivno sodeloval, tako pri izvedbi izmer in uveljavitvah podatkov kot tudi kot član komasacijskih komisij.

Razen katastrskih meritev je dolga leta, kot edini ustrezno strokovno izobražen geodetski strokovnjak na občinski geodetski upravi, opravljal tudi dela s področja inženirske geodezije. Med večjimi deli s tega področja so izdelave geodetskih posnetkov in zakoličbe hotelov in bazenskega kompleksa v Radencih, mejnega mostu čez Muro, športnega centra in šole v Gornji Radgoni ter še veliko industrijskih objektov, blokov in hiš, cest in komunalnih vodov.

Ker je imel zelo rad predvsem terensko delo, je tudi po upokojitvi še nekaj let opravljal katastrske meritve kot samostojni podjetnik. Po letu 2000 pa so ga leta, prehod na nov način dela ter predvsem skrb in pomoč bolni ženi prisilili, da je delo geodeta opustil. Vseeno mi je še na marsikaterem od obiskov pri njem rekel: »Kako lepo vreme in vidljivost je danes, primerno za teren, tudi za triangulacijo.«

Dolga leta je bil član takratnega Društva geodetov Maribor, poleg tega je aktivno sodeloval pri organizaciji enega izmed prvih Geodetskih dni. Do konca službovanja je obiskal večino naslednjih Geodetskih dni, kjer so ga seveda najbolj zanimale novosti v povezavi s katastrom in srečanja ter izmenjave mnenj in izkušenj s kolegi.

Po upokojitvi je še velikokrat rad obiskal nekdanje sodelavce na »njegovi« geodetski upravi in z zanimanjem poslušal ter se čudil spremembam, ki so se pričele vrstiti po njegovem odhodu. Še konec lanskega leta smo ga vsi nekdanji sodelavci obiskali doma, kjer nas je pogostil in z nami nazdravil ob praznovanju svoje stoletnice.

Njegovo delo na območju sedanje geodetske pisarne Gornja Radgona bo še dolga leta in desetletja ostalo v arhivih in v uporabi ob izvajanju različnih geodetskih postopkov. Geodeti se ga bomo vedno spominjali po predanosti delu ter potrpežljivem in prijaznem odnosu do strank, sodelavcev in kolegov.

Vojteh Holc

SEZNAM DIPLOM IN MAGISTERIJEV NA ODDELKU ZA GEODEZIJO UL FGG

OD 1. 8. 2025 DO 31. 10. 2025

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE STOPNJE

TEHNIČNO UPRAVLJANJE NEPREMIČNIN

Tinkara Bibič	Izdelava karte naravnih znamenitosti in aktivnosti obiskovalcev na območju Šumberka
Mentor:	doc. dr. Dušan Petrovič
Somentor:	pred. dr. Aleš Golja
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=172731

Žana Glušac	Postopki kartografske generalizacije pri izdelavi topografskih kart
Mentor:	doc. dr. Dušan Petrovič
Somentor:	Primož Kete
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173018

Jan Mlakar	Izravnava podobnostne transformacije v trirazsežnem prostoru
Mentor:	prof. dr. Bojan Stopar
Somentor:	doc. dr. Oskar Sterle
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173424

Milorad Nikolić	Koordinatna osnova projekta drugega tira železniške proge Divača–Koper
Mentor:	doc. dr. Oskar Sterle
Somentorica:	izr. prof. dr. Polona Pavlovčič Prešeren
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173011

Nika Potočnik	Predlog prostorskega razvoja naselja Krkavče
Mentorica:	izr. prof. dr. Alma Zavodnik Lamovšek
Somentor:	asist. dr. Gašper Mrak
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173630

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE STOPNJE

GEODEZIJA IN GEOINFORMATIKA

Eva Bertok — Analiza višine stavb sloja Copernicus Urban Atlas
Mentor: prof. dr. Krištof Oštir
Somentorica: asist. Tanja Grabrijan
URL: https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173621

Iris Brumnik — Vrednotenje kakovosti določitve geodetske koordinatne osnove z različnimi postopki izmere
Mentorica: izr. prof. dr. Polona Pavlovčič Prešeren
Somentor: doc. dr. Aleš Marjetič
URL: https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173019

Urban Mihelič — Uporaba cenovno ugodne merske opreme GNSS v geodetski izmeri
Mentor: prof. dr. Bojan Stopar
Somentorja: asist. dr. Veton Hamza, doc. dr. Oskar Sterle
URL: https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173012

Mihaela Miladinoska — Analiza časovnih vrst koordinat GNSS
Mentor: doc. dr. Oskar Sterle
Somentor: prof. dr. Bojan Stopar
URL: https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=174040

Toni Rebec — Pomorska karta športnega pristanišča Portorož in vadbenega centra UL FPP
Mentor: doc. dr. Dušan Petrovič
Somentorica: Vesna Dežman Kete
URL: https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173015

Žan Resnik — Kontrola geodetske mreže Tobačna in njena nadgradnja
Mentor: izr. prof. dr. Tomaž Ambrožič
Somentor: asist. dr. Gašper Štebe
URL: https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=172030

Ana Starc — Uporaba merilnega vozička pri regulaciji tira na togi podlagi
Mentor: doc. dr. Tilen Urbančič
URL: https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=172036

Pino Štern	Izdelava karte pokopališča iz podatkov letalnika
Mentor:	doc. dr. Klemen Kozmus Trajkovski
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173010

Lan Šulin	Metoda Precise Point Positioning (PPP) določitve položaja v GNSS
Mentor:	prof. dr. Bojan Stopar
Somentor:	doc. dr. Oskar Sterle
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=174038

Gašper Trobiš	Identifikacija in analiza obstoječih orodij za prikaz in interakcijo s prostorskimi podatki v navidezni resničnosti
Mentor:	prof. dr. Krištof Oštir
Somentor:	doc. dr. Jernej Tekavec
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173625

Zak Umer	Izdelava spletne aplikacije za kataster grobov
Mentor:	doc. dr. Jernej Tekavec
Somentor:	doc. dr. Klemen Kregar
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=171311

Samo Vetrih	Določitev koordinat stebrov FGG v D96-17
Mentor:	izr. prof. dr. Tomaž Ambrožič
Somentorja:	doc. dr. Aleš Marjetič, doc. dr. Oskar Sterle
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=172033

MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM DRUGE STOPNJE

GEODEZIJA IN GEOINFORMATIKA

Aleš Božijak	Analiza scenarijev množične katastrske preureditve nepozidanih stavbnih zemljišč
Mentorica:	prof. dr. Anka Lisec
Somentorja:	asist. dr. Peter Golob, viš. pred. dr. Mojca Foški
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173520

Nika Brulc	Aerofotogrametrični zajem in upodobitev gradu Otočec
Mentor:	doc. dr. Klemen Kozmus Trajkovski
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173421

Maja Filač Ocena vpliva motenj na kakovost GNSS-signalov in uspešnost pozicioniranja
Mentorica: izr. prof. dr. Polona Pavlovčič Prešeren
Somentor: doc. dr. Oskar Sterle
URL: https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173167

Marta Gelebeshova Uporaba globokega učenja za analizo zelo visoko ločljivih posnetkov v ArcGis Pro na območju Slovenije
Mentor: prof. dr. Krištof Oštir
Somentorica: asist. dr. Ana Potočnik Buhvald
URL: https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173522

Selvedina Hušidić Stanje topografskih kart v Sloveniji in izbranih državah
Mentor: doc. dr. Dušan Petrovič
Somentor: Primož Kete
URL: https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=175482

Simon Jeraj Primerjava terestričnih in ročnih laserskih skenerjev pri skeniranju predora Legi kamen
Mentor: doc. dr. Klemen Kregar
Somentor: izr. prof. dr. Tomaž Ambrožič
URL: https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=171308

Matjaž Krebs Uporaba tlorisnih odtisov stavb za segmentacijo in atributiranje poligonske 3D mreže
Mentor: doc. dr. Dejan Grigillo
Somentorica: Katja Šušteršič
URL: https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=175484

Lara Novak Analiza novosti zakonskih določil na področju nove izmere
Mentorica: prof. dr. Anka Lisec
Somentor: asist. dr. Peter Golob
URL: https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173423

Žiga Obrstar Fotogrametrična izmera z letalnikom v katastrskih postopkih urejanja in preurejanja parcelnih meja
Mentor: doc. dr. Dejan Grigillo
Somentorica: prof. dr. Anka Lisec
URL: https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173523

Žiga Ranzinger	Izdelava geodetskega načrta med terenskim merjenjem
Mentor:	doc. dr. Klemen Kregar
Somentor:	asist. dr. Gašper Štebe
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173425

Sara Šopar	Uporaba radarske interferometrije pri spremljanju posedanja tal
Mentor:	prof. dr. Krištof Oštir
Somentorica:	asist. Tanja Grabrijan
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173165

Rok Vodopivec	Določitev pogorelih območij požara na Krasu
Mentor:	prof. dr. Krištof Oštir
Somentorica:	asist. dr. Ana Potočnik Buhvald
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=173160

MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM DRUGE STOPNJE

PROSTORSKO NAČRTOVANJE

Maruša Škerl	Preverjanje aktualnih konceptov notranjega razvoja mesta Ljubljane
Mentorica:	doc. dr. Gregor Čok
Somentorica:	viš. pred. dr. Mojca Foški
URL:	https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=174328

Čas kot zvezda se utrne,
stare vse poti zagrne,
nove, z upi tlakovane,
vir so sreče nasmejane.

Vesele praznike in srečno novo leto!

2026

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


zveza geodetov slovenije
Naj bo v novem letu vaš korak odmeven,
vaša beseda pogumna,
vaše življenje iskrivo
in polno toplih trenutkov.
Vesele praznike in srečno novo leto 2026
vam želi Zveza geodetov Slovenije


S toplino Božič naj vas greje, naj vez družinsko utrdi!
A novo leto naj zaseje vse, česar si srce želi!
Ljubezen, zdravje in veselje življenje bogato naj vam obrodi, a vse začrtane naj cilje v uspeh usoda spremeni. Lepe praznike in vse dobro v novem letu vam želi Društvo geodetov Severovzhodne Slovenije.
Srečen Božič in Novo leto 2026.
Društvo geodetov SVS

«Ko natančno merimo prostor okoli nas, lažje najdemo smer tudi v času pred nami.»

Spoštovani,

v decembrskem času, ko se leto počasi zaključi in začrtamo nove poti, vam iz srca želimo mirne, radostne in tople božične praznike.

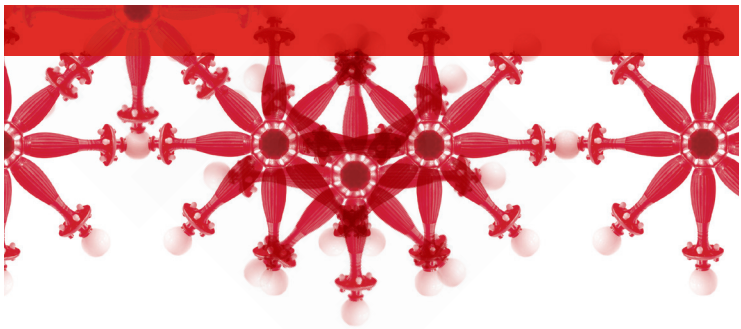
Naj bo leto 2026 bogato z uspehi, jasnimi cilji in zanesljivimi vektorji sodelovanja.

Naj se vam vsak korak natančno izide, vsak projekt najde svojo pravo koordinato, vsak dan pa prinese kaj novega, navdihujočega in dobrega.

Vse dobro v novem letu!

Celjsko geodetsko društvo


DOLENJSKO
GEODETSKO
DRUŠTVO
Vesel
Božič
IN VSE DOBRO V LETU
2026



Izobraževanje je temelj, na katerem gradimo prihodnost.

Na UL FGG to prihodnost soustvarjamo z napredkom na področju gradbeništva, geodezije in okoljskega inženirstva.

Naj vam leto 2026 odpre nova obzorja in prinese drzne inovacije, ki bodo trajale.
Želimo vam mirne praznike ter navdihujoče in uspešno leto 2026.

Education is the foundation on which we build our future.

At UL FGG, we help shape this future through advances in civil, geodetic, and environmental engineering.

May 2026 open new horizons, and bring bold, lasting innovation.
Wishing you peaceful holidays and an inspiring, successful 2026.

FGG | UNIVERZA V LJUBLJANI
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

Naj bo leto 2026 polno veselja, uspehov in novih spoznanj!

Vsem študentom, geodetskim strokovnjakom, organom in organizacijam želimo srečno, ustvarjalno in izobraževanja polno novo leto.

Društvo študentov geodezije Slovenije


Pelješac, oktober 2025 (foto Miha M.)
LJUBLJANSKO
GEODETSKO DRUŠTVO
Želimo vesele praznike, osebno zadovoljstvo,
dobro zdravje in veliko stanovskega druženja
tudi v 2026!

GEODETSKI VESTNIK 2025

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 novosti državne geodetske uprave, novosti 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.