

METODE

METODE ZA PREPOZNAVANJE TERASIRANOSTI POVRŠJA NA PRIMERU VIPAVSKEGA GRIČEVJA

AVTORJA

Lenart Štaut

Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti, Geografski inštitut Antona Melika,
Novi trg 2, SI – 1000 Ljubljana
lenart.staut@zrc-sazu.si, <https://orcid.org/0000-0003-0095-3920>

dr. Maja Topole

Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti, Geografski inštitut Antona Melika,
Novi trg 2, SI – 1000 Ljubljana
maja.topole@zrc-sazu.si, <https://orcid.org/0000-0003-1007-2289>

DOI: <https://doi.org/10.3986/GV96204>

UDK: 911.53+631.613:502.13(091)(497.473)

COBISS: 1.01

IZVLEČEK

Metode za prepoznavanje terasiranosti površja na primeru Vipavskega gričevja

Terasirana območja so pozornost različnih strokovnjakov vzbudila razmeroma pozno. Prvi njihov vpis na Unescov seznam je bil izveden leta 1979, zanimanje zanje pa se je krepilo na prehodu iz 20. v 21. stoletje, posebej po ustanovitvi Mednarodnega združenja terasiranih pokrajin (International Terraced Landscapes Alliance – ITLA). Eden ključnih problemov je evidentiranje teras. V prispevku primerjamo starejšo metodo, ki temelji na ročnem evidentiranju na podlagi topografskih zemljevidov in ortofoto posnetkov, ter novejšo metodo, temelječo na laserskem skeniranju površja. Ta omogoča vpogled pod rastlinski pokrov in samodejno digitalizacijo kulturnih teras, s čimer dobimo bistveno boljše podatke o terasiranosti območij. Rezultate smo povezali tudi z analizo tipov rabe zemljišč in preučili, pri katerih tipih so razlike med obema metodama največje.

KLJUČNE BESEDE

geografija, kulturna dediščina, raba zemljišč, kulturne terase, primerjava identifikacijskih metod, LiDAR, sredozemsko gričevje, Slovenija

ABSTRACT

Methods for identifying terraced areas on the example of the Vipava Hills

Terraced areas have come to the attention of various experts relatively late. First inscribed on the UNESCO list in 1979, interest in terraced landscapes increased at the turn of the 20th century, especially after the establishment of the International Terraced Landscapes Alliance (ITLA). One of the key problems is the recording of terraces. This paper compares the older method, based on manual recording from topographic maps and orthophotos, with the new method based on laser scanning of the surface. This method, however, allows to see under the vegetation cover and to automatically digitise agricultural terraces, thus providing significantly better information on the terracing of the areas. We have also linked the results to an analysis of land-use types and explained which types show the biggest differences between the two methods.

KEY WORDS

geography, cultural heritage, land use, cultural terraces, comparison of identification methods, Laser Terrain Scanning – LiDAR, Mediterranean low hills, Slovenia

Uredništvo je prispevek prejelo 19. decembra 2024.

1 Uvod

Kulturne terase so izstopajoča pokrajinska prvina, ki se pojavlja povsod po svetu (Tarolli, Preti in Romano 2014). Teraso so nastale v večstoletnem, celo tisočletnem razvoju, ko je človek nadgrajeval svoje znanje, se prilagajal naravnim razmeram in izboljševal svoje možnosti za preživetje. S terasiranjem si je lajšal pridelavo, omogočil njeno intenziviranje, zmanjšal vodno in vetrno erozijo, povečal in zadržal talno vlažnost, hkrati pa širil svojo lastnino. Med starejše terasirane pokrajine, že iz obdobja pred antiko, spadajo tudi tiste v zaledju Sredozemskega morja. Od tam so se terase širile v notranjost celine, tudi v notranjost Slovenije (Kladnik, Komac in Zorn 2016; Topole 2016; Pipan, Šmid Hribar in Topole 2017).

Unesco je izjemno vrednost terasiranih pokrajin prepoznal dokaj pozno. Potrebo po zavarovanju teh svojstvenih kmetijskih, ekoloških in družbenih sistemov je sprevidel šele ob koncu sedemdesetih let 20. stoletja. Prvo terasirano pokrajino je na svoj seznam vpisal leta 1979, do danes pa je nanj uvrščenih 8 po funkciji različnih, ne le kmetijskih terasiranih pokrajin: po tri v Evropi in Aziji ter dve v Afriki (UNESCO 2024). Na Unescov seznam so uvrščene še številne druge terasirane pokrajine, a v teh primerih je bila terasiranost le eden od številnih razlogov za vpis (Kladnik, Šmid Hribar in Geršič 2017). Zanimanje zanje se je v svetu krepilo na prehodu iz 20. v 21. stoletje, še posebej po ustanovitvi Mednarodnega združenja terasiranih pokrajin (*International Terraced Landscapes Alliance* – ITLA) leta 2010, ki so ga med drugimi podprli Unesco, Organizacija za prehrano in kmetijstvo (FAO) ter Mednarodna zveza za ohranitev narave (IUCN) (Topole 2020).

V Honghejski deklaraciji (*Honghe Declaration*) o varovanju in razvoju terasiranih pokrajin, sprejeti na prvi svetovni konferenci ITLA na Kitajskem leta 2010, piše, da imajo terase poleg gospodarske tudi znanstveno, kulturno, zgodovinsko, ekološko, estetsko, celo psihološko, filozofsko in versko vrednost (Kladnik 2016). Sledile so še tri svetovne konference ITLA: v Peruju leta 2014, Italiji leta 2016 in na Kanarskih otokih leta 2019 (ICLA ... 2024). V prizadevanju za prihodnost in ohranjanje teras, za ohranjanje z njimi povezanih tradicionalnih znanj ter v skrbi za okolje in prehransko varnost so povežale strokovnjake, kmetovalce, lastnike teras, znanstvenike, upravljavce in politike. Evropska unija je terasirane pokrajine vključila v načrt razvoja podeželja v obdobju 2007–2013, in sicer v akcijski načrt za širjenje ekokmetovalskih praks, povečanje biodiverzitete v kmetijstvu in obvarovanje pedološke odeje.

V Sloveniji so se za terasirane pokrajine od šestdesetih let 20. stoletja dalje zanimali različni strokovnjaki: geografi, arhitekti, krajinski arhitekti, etnologi, arheologi in celo umetniki. Terasirane pokrajine so prepoznavali kot pomembno dediščino (Ažman Momirski in Kladnik 2015; Kladnik, Kruse in Komac 2017; Ažman Momirski 2019), evidentiranje teras pa so za območje celotne države izvedli za potrebe monografije posvečene kulturnim terasam (Perko, Ciglič in Geršič 2016) in z uporabo strojnega učenja na podlagi podatkov pridobljenih za potrebe prej navedene monografije (Ciglič in sod. 2024). Primerjavo rezultatov vseh metod daljinskega zaznavanja, tudi te, ki smo jo testirali v tej raziskavi, pa so naredili Perko, Ciglič in Štaut (2026).

Namen prispevka je predstaviti različne metode določanja terasiranosti območij in na podlagi rezultatov prikazati spremembe rabe zemljišč na preučevanem območju.

Ključni raziskovalni vprašanji sta:

- Kakšna je razlika med podatki o terasiranosti površja po nekdanji in po novi metodi, temelječi na laserskem skeniranju terena oziroma LiDAR-ju?
- Kakšna je struktura rabe zemljišč na terasah v Vipavskem gričevju leta 2024, kakšna je bila leta 2002, in koliko nekdanjih teras je izgubilo svojo funkcijo (je ogozdenih oziroma v zaraščanju)?

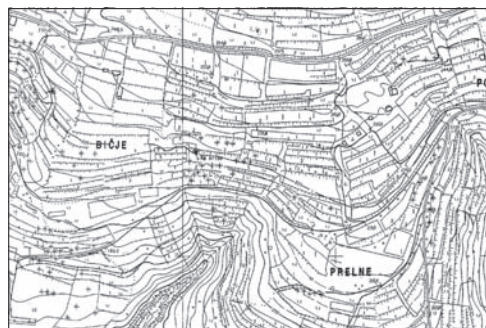
2 Metodologija

Leta 2016 je ZRC SAZU Geografski inštitut Antona Melika izdal monografijo, posvečeno terasiranim pokrajinam (Perko, Ciglič in Geršič 2016). Leto pozneje je izšla še angleška različica (Perko in sod. 2017).

Tamkajšnje evidentiranje slovenskih terasiranih zemljišč je obsežno skupinsko delo, izvedeno ob priložnosti praznovanja inštitutskega jubileja (Perko in Zorn 2016). Podatki temeljijo na zamudnem delu – kombiniranem pregledu topografskih zemljevidov in satelitskih posnetkov (primer: sliki 1a in 1b), na katerih so bila digitalizirana vidna območja teras. V prispevku to metodo imenujemo M1.

Medtem je skoraj istočasno, spomladi 2015, takratno Ministrstvo za okolje in prostor sklenilo projekt Laserskega skeniranja površja Slovenije in podatke še istega leta dalo na razpolago za nadaljnjo uporabo. LiDAR (primer: slika 1c) pomeni ključni tehnološki in vsebinski napredek, ki je med drugim omogočil vpogled pod rastlinski pokrov, s čimer lahko zaznamo tudi terasirana območja, ki jih s prejšnjimi metodami ni bilo mogoče zaznati.

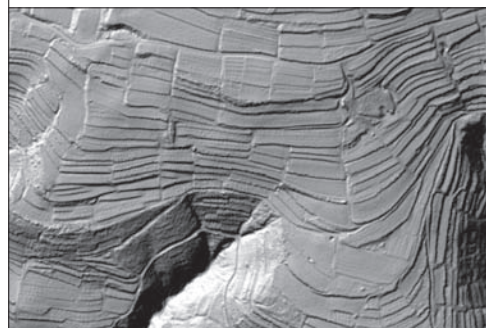
Metoda zaznavanja z lidarjem (v nadaljevanju M2) je zelo uporabna, saj omogoča samodejno zaznavanje terasiranih območij. Ima pa tudi manjše pomanjkljivosti. Izločiti moramo pozidana zemljišča,



a) topografska karta (TK) z oznakami teras in trsov



b) ortofoto posnetek terena (DOF), kjer rastlinstvo, zlasti gozd, zakriva morebitne terase



c) posnetek laserskega skeniranja terena (LiDAR 2015), kjer signal prodre skozi rastlinski pokrov in razkrije terase

Slika 1: Primerjava topografske karte, ortofoto posnetka in posnetka laserskega skeniranja površja kot podlag za evidentiranje terasiranih območij.

četudi so ta na terasah, saj so lahko zidovi objektov napačno zaznani kot brežine teras. Prav tako moramo izločiti območja okoli cestnih usekov, še posebej, če se cesta po pobočju vzpenja v serpentinah. Metoda slabše zazna tudi terase, katerih brežina je nizka, zatravljena, neizrazita ter prekrita z gozdom (slika 2).

Opozoriti moramo tudi, da zaznana območja kulturnih teras temeljijo na podatkih, ki so bili pridobljeni leta 2015. Lidarsko skeniranje po tem letu za območje Vipavskega gričevja še ni bilo ponovljeno. Možno je, da so bila nekatera zaznana območja kulturnih teras do leta 2024 uničena, ali pa urejena na novo, in jih zato v analizi rabe zemljišč nismo mogli upoštevati.

Za zaznavanje kulturnih teras na območju Vipavskega gričevja smo prvič testno uporabili novo razvito metodo. Temelji na zaznavanju robov oziroma izrazite spremembe naklona. Na podlagi digitalnega modela višin ločljivosti 0,5 m smo izračunali naklon. Z uporabo *low pass* in *high pass* filtrov smo pridobili rastrski sloj, kjer so izstopale vse nenadne spremembe naklona na površju. Tu so vključeni brežine teras, cestni useki, prepadne stene, stavbe in podobno. Teraso so glede na literaturo (Titl 1965; Drobňjak 1990; Perko, Ciglič in Geršič 2016) sestavljene iz dveh glavnih delov – terasne ploskve in brežine. S postopkom smo do tega koraka zaznali ostre spremembe v naklonu na površju. Terasna ploskev nima izrazitih elementov, ki so vidni na digitalnem modelu višin, zato je ne moremo uporabiti za prepoznavo terasiranih območij. Brežina ima, v nasprotju s terasno ploskvijo, zaradi svoje oblike dva ostra pregiba: konveksni, zgornji del brežine in konkavni, spodnji del brežine, ki ju z določitvijo različnih vrednosti dobljenega rastrskega sloja lahko na digitalnem modelu višin ločimo od ostalega površja.

Za zaznavo smo uporabili konveksni zgornji del brežine, kar na omenjenem rastru predstavljajo pozitivne vrednosti. V pridobljenih podatkih je še vedno preveč zaznanih robov, ki niso del terasirane



MAJA TOPOLE

Slika 2: Neizrazito travnato teraso lahko metoda M2 spregleda.

območja. Z dodajanjem različnih omejitvenih slojev smo izločili zaznane robove na območjih, ki so v dejanski rabi zemljišč označena kot pozidana zemljišča, 10 m pasu okoli linije cest, železnic in rek, območja nad 1500 m nadmorske višine, in z naklonom, ki je na rastru 25 × 25 m manjši od 2°. Nadmorsko višino 1500 m smo izbrali na podlagi literature do sedaj prepoznanih območij kulturnih teras v Sloveniji (Kladnik in sod. 2016; Perko, Ciglič in Geršič 2016) in na podlagi podatkov rabe zemljišč kategorije 1100 (njiva), ki ima najvišjo nadmorsko višino okoli 1450 m. Naklon smo izbrali na podlagi literature o gradnji in lastnostih teras (Drobnjak 1990; Kladnik in sod. 2016; Perko, Ciglič in Geršič 2016), kjer je ta vrednost naklona navedena kot tista, pri kateri se terase ne pojavljajo več. Robove v erozijskih jarkih in na grebenih, ki so dimenzijsko večji od brežin teras (širina večja od nekaj metrov), smo izločili z uporabo *Topographic position index* (TPI). TPI meri relativno topografsko lego osrednje točke kot razliko med nadmorsko višino na tej točki in povprečno nadmorsko višino znotraj vnaprej določenega sosedstva (De Reu in sod. 2013).

Vsakemu izmed omejitvenih slojev smo na območjih, kjer se podatki nahajajo, pripisali vrednost 1 in jih sešteli s slojem zaznanih robov. Robove, ki se jim je vrednost spremenila, smo izločili, ostale pa smo pretvorili v vektorski zapis. Na podlagi literature o širinah terasnih ploskev (Drobnjak 1990) smo združili zaznane robove, ki so si bližje od 50 m. S tem postopkom smo zaznali kulturne terase, ki jih je nemogoče zaznati samo z uporabo ortofotov ali topografskih zemljevidov, hkrati pa so rezultati bolj objektivni, saj niso odvisni od raziskovalčeve interpretacije kulturnih teras.

Na terasiranih območjih, ki smo jih zaznali z obema metodama, smo izračunali deleže različnih tipov rabe zemljišč za leti 2002 in 2024, ugotovili kolikšen delež zaznanih območij se je spremenil ter prikazali spremembe v rabi zemljišč med letoma 2002 in 2024 za terasirana območja, zaznana po metodi M2.

3 Rezultati

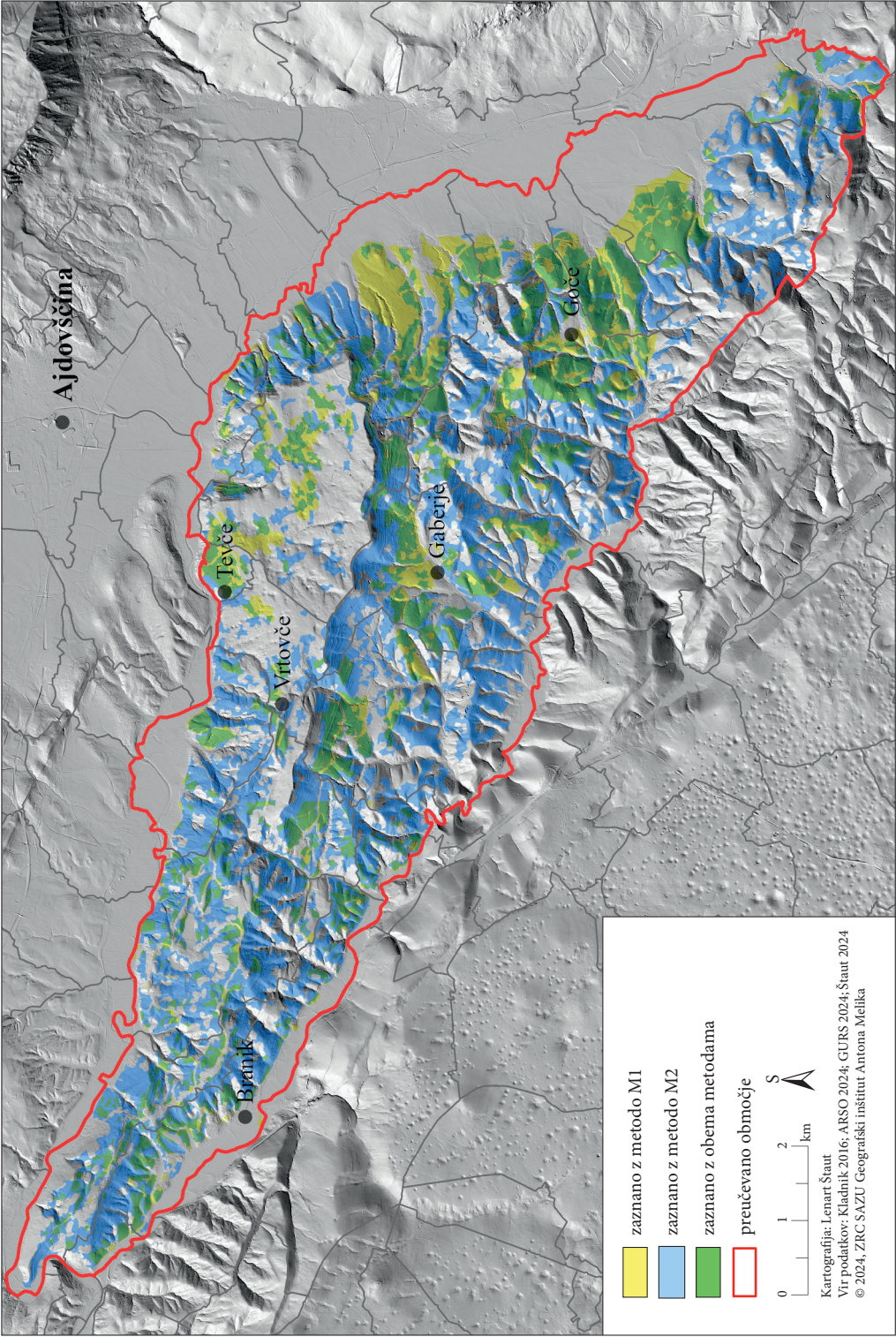
Po metodi M1 je bilo v Vipavskem gričevju zaznanih 1465,2 ha ali 21,3 % terasiranih območij, po metodi M2 pa še enkrat več, in sicer 2967,5 ha ali 43,2 % (slika 3 in preglednica 1).

Na terasah, določenih po metodi M2, ki zavzemajo 2967,5 ha ali 43,2 % Vipavskega gričevja, so tipi rabe zemljišč zastopani takole (slika 4): **njive** pokrivajo 47 ha ali 12 % od skupno 387,7 ha (zasedajo 1,6 % teras), **vinogradi** 576,4 ha ali 64 % od 902,7 ha (19,4 % teras), **sadovnjaki** 108,5 ha ali 48,4 % od 224,1 ha (3,7 % teras), **oljčniki** 23,7 ha ali 75,2 % od 31,5 ha (0,8 % teras), gozd 1574 ha ali 46,9 % od 3354,6 ha (53 % teras), **travniki** 371 ha ali 32 % od 1160,8 ha (12,5 % teras), **zaraščajoča se zemljišča** 89 ha ali 64,1 % od 138,8 ha (3 % teras) in zemljišča, ki jih označujemo kot **drugo** 175,8 ha ali 53 % od 331,6 ha. V kategorijo »drugo« spadajo posamezna drevesa in grmičje, neobdelano kmetijsko zemljišče, suho odprto zemljišče s posebnim rastlinskim pokrovom in odprto zemljišče brez rastlinskega pokrova ali z nepomembnim rastlinskim pokrovom. Kategorija »drugo« zajema 175,8 ha ali 5,9 % teras. Na terasah je kar 53 % od vseh zemljišč, označenih kot »drugo«.

1663 ha ali 56 % vseh teras je izgubilo prvotno vlogo: 53 % jih že pokriva gozd, 3 % pa se jih še zarašča.

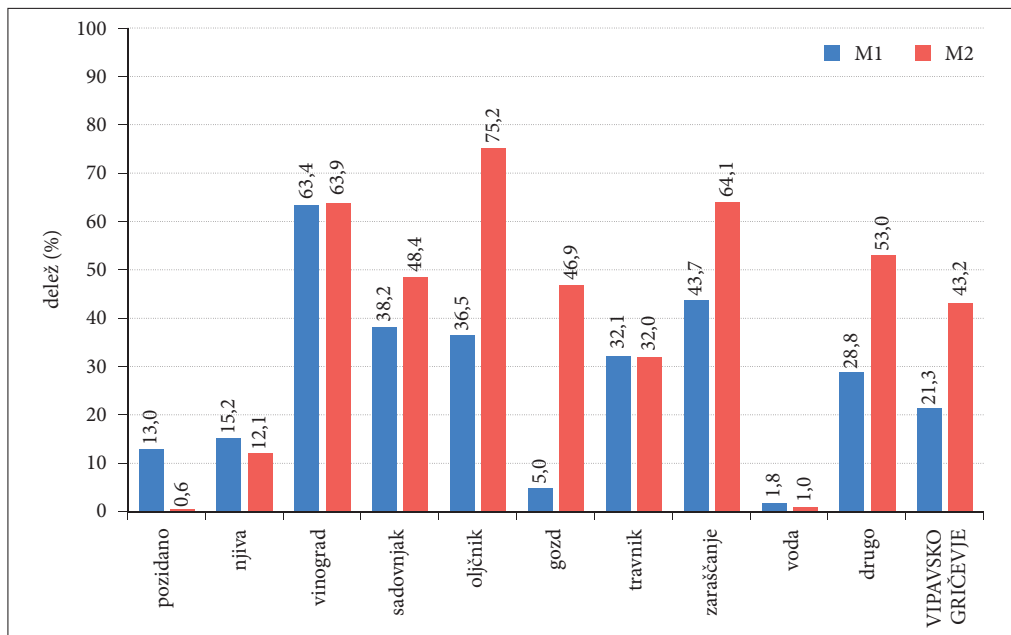
Zanimiva pa je tudi primerjava stopnje terasiranosti med območji naselij (slika 5). Povprečje po metodi M1 je, kot omenjeno, 21,3 %, po M2 pa 43,2 %. Metoda M2 kaže, da so nekatera naselja imela terasiranih več kot polovico svojih zemljišč (Gaberje in Tevče 60 %, Orehovica 57 %, Spodnja Branica in Brje 56 %, Steške in Zavino 55 %, Erzely 53 %, Manče 51 %). Po metodi M2 imajo vsa naselja občutno več terasiranih območij kot po metodi M1, izjeme so naselja Lože, Tevče, Slap in Manče z indeksi M2/M1 78, 88, 94 in 100, razmeroma majhna razlika je tudi na območjih naselij Planina, Goče in Podnanos (indeksi 133, 139, 147).

Slika 3: Primerjava terasiranih območij po metodah M1 in M2. ► str. 95

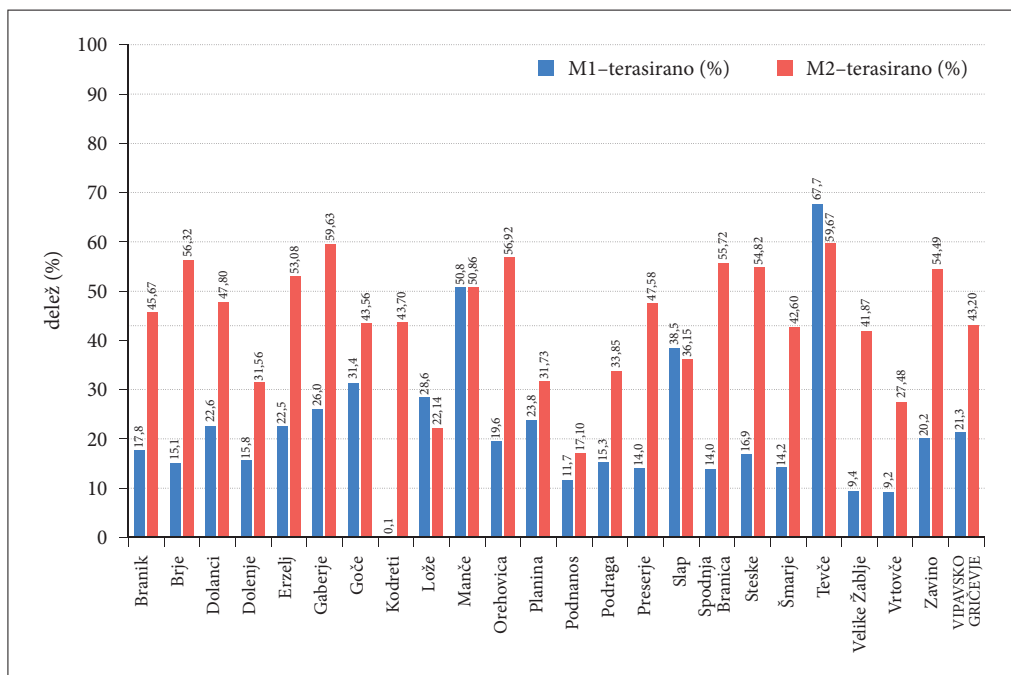


Preglednica 1: Vipavsko gričevje (VG) in njegova terasirana območja, določena z različnimi metodama.

raba zemljišč (2024)	površina (ha)	delež v VG (%)	M1				M2			
			terase (ha)	% od vseh rab na terasah VG	% teras znotraj kategorije	% neterasirano znotraj kategorije	terase (ha)	% od vseh rab na terasah VG	% teras znotraj kategorije	% neterasirano znotraj kategorije
1 pozidano	309,9	4,5	40,3	2,8	13,0	87,0	1,8	0,1	0,6	99,4
2 njiva	387,7	5,6	59,0	4,0	15,2	84,8	47,0	1,6	12,1	87,9
3 vinograd	902,7	13,1	572,7	39,1	63,4	36,6	576,4	19,4	63,9	36,1
4 sadovnjak	224,1	3,3	85,7	5,8	38,2	61,8	108,5	3,7	48,4	51,6
5 oljčnik	31,5	0,5	11,5	0,8	36,5	63,5	23,7	0,8	75,2	24,8
6 gozd	3354,6	48,8	166,7	11,4	5,0	95,0	1574,0	53,0	46,9	53,1
7 travnik	1160,8	16,9	372,7	25,4	32,1	67,9	371,0	12,5	32,0	68,0
8 zaraščanje	138,8	2,0	60,6	4,1	43,7	56,3	89,0	3,0	64,1	35,9
9 voda	27,4	0,4	0,5	0,0	1,8	98,2	0,3	0,0	1,0	99,0
10 drugo	331,6	4,8	95,4	6,5	28,8	71,2	175,8	5,9	53,0	47,0
VIPAVSKO GRIČEVJE	6869,2	100,0	1465,2	100,0	21,3	78,7	2967,5	100,0	43,2	56,8



Slika 4: Delež posameznega tipa rabe zemljišč na terasah glede na celotno območje Vipavskega gričevja – primerjava rezultatov obeh metod.

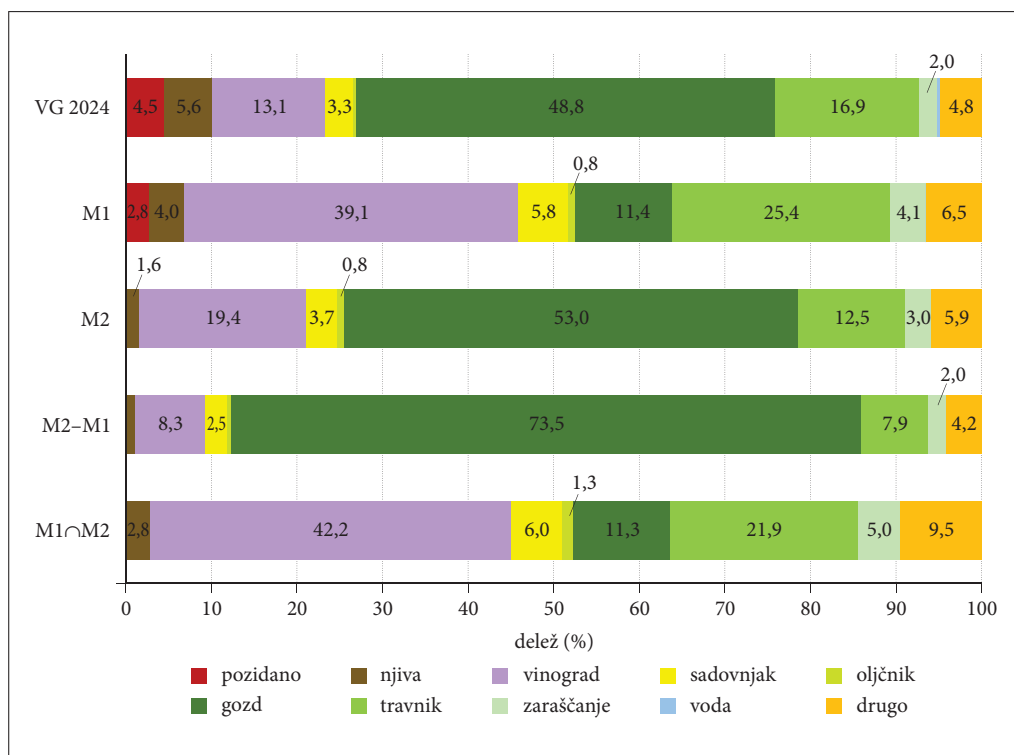


Slika 5: Delež terasiranih zemljišč po naseljih Vipavskega gričevja – primerjava rezultatov metod M1 in M2.

Največja razlika je pri naseljih zahodnega Vipavskega gričevja: Velike Žablje, Spodnja Branica, Brje, Preserje in Steske (indeksi 444, 399, 373, 339, 325), kjer je po ugotovitvah (Topole, Šmid Hribar in Kokalj 2023) zaraščanje najbolj intenzivno.

Na podlagi primerjav na sliki 6 podajamo najprej sestavo rabe zemljišč celotnega območja Vipavskega gričevja. Medtem ko je po metodi M1 kazalo, da skoraj 40 % vseh teras zasedajo vinogradi, je metoda M2 pokazala, da je ta odstotek le slabih 20 %. Največji delež, dobro polovico ali 53 % od 2967,5 ha teras, namreč že pokriva gozd. Kot rečeno, imajo območja teras, določena z lidarjem, izločena pozidana zemljišča. Območja teras, ki so določena z lidarjem, a jih metoda M1 ni zaznala, imajo pričakovano rabo zemljišč: 73,5 % jih je prekritih z gozdom, 2 % pa se jih zarašča. Tri četrtine teras zato metoda M1 ni zaznala (slika 7), poleg teh pa M1 ni evidentirala teras tudi na 8,3 % vinogradov, 7,9 % travnikov, 2,5 % sadovnjakov in 4,2 % drugih zemljišč.

Ugotavljamo, da so se med letoma 2002 in 2024 obdelovalna zemljišča na terasah najbolj zmanjšala v primeru travnikov (za 134 ha ali 27 %), vinogradov (za 161 ha ali 22 %) in njiv (za 11 ha ali 19 %). Povečanje pa beležimo predvsem v okviru kategorij drugo (petkratno povečanje oziroma za 140,4 ha), pri zaraščajočih se zemljiščih (štirikratno povečanje oziroma za 69 ha), za dvakrat (za 58,5 ha) so se razširili sadovnjaki in popolnoma na novo so na terasah oljčniki (23,5 ha) (preglednica 2).



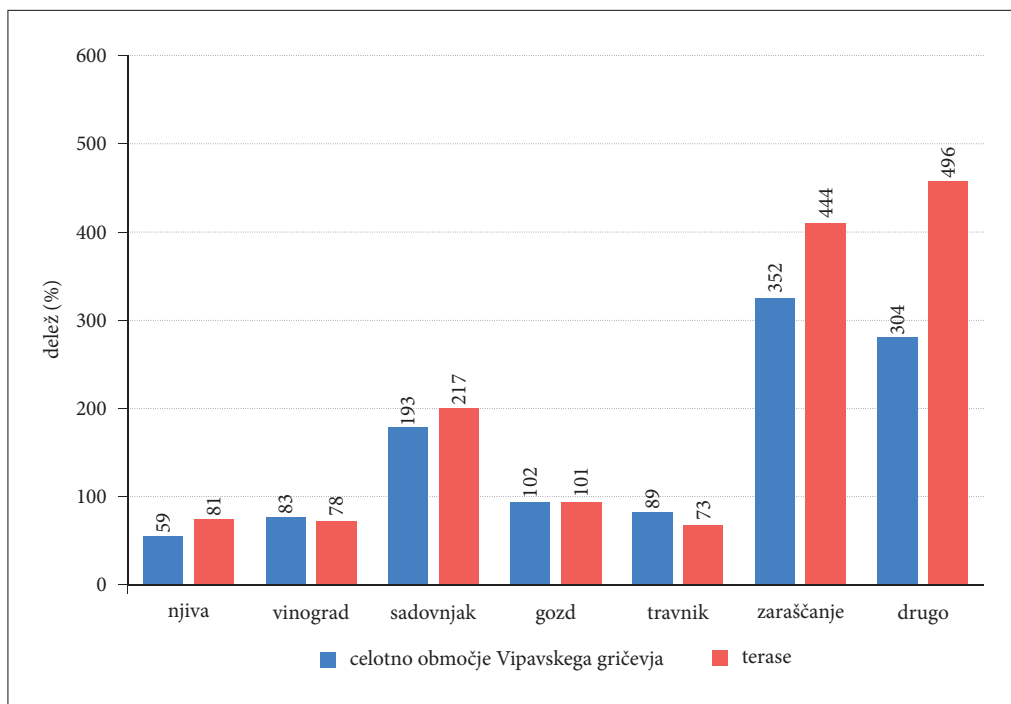
Slika 6: Struktura rabe zemljišč ob različnih zajemih (v %):

- celotno območje Vipavskega gričevja (VG 2024 – 6869,2 ha),
- območja teras, določena na podlagi topografskih zemljevidov in ortofoto posnetkov (M1 – 1465,2 ha),
- območja teras, določena z lidarjem (M2 – 2967,5 ha),
- območja teras, ki jih metoda M1 ni zaznala (M2 minus M1 – 1991,3 ha),
- območja teras, ki sta jih zaznali obe metodi (presek M1 in M2 – 976,2 ha).

LENART ŠTAUT



Slika 7: Teras, ki so preraščene z gozdom, metoda M1 ne more zaznati.



Slika 8: Indeksi rabe zemljišč 2024/2002 na celotnem območju Vipavskega gričevja in na območjih teras (metoda M2). Prikazi nekaterih indeksov niso bili smiselni, zato smo jih izpustili. Tako je v primerih: pozidanih zemljišč, ki so bila po metodi M2 izločena, oljčnikov, ki jih leta 2002 skorajda še ni bilo in vodnih zemljišč, za katere so novejši podatki bistveno natančnejši kot za leto 2002.

Preglednica 2: Spremembe rabe zemljišč na terasiranih območjih Vipavskega gričevja (VG) med letoma 2002 in 2024 (metoda M2).

raba na terasah (ha)	2024										VG 2002 skupaj	
	pozidano	njiva	vinograd	sadovnjak	oljčnik	gozd	travnik	zaraščanje	voda	drugo		
pozidano	0,0	0,4	0,3	0,9	0,0	0,1	0,9	0,1	0,0	0,3	2,9	
njiva	0,0	9,3	11,0	5,4	0,2	2,5	23,6	1,5	0,0	4,7	58,2	
vinograd	0,6	17,9	404,7	36,7	12,4	30,2	122,6	44,0	0,0	67,8	736,9	
sadovnjak	0,1	1,6	19,2	8,9	2,0	3,2	8,0	2,1	0,0	4,9	50,0	
oljčnik	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	
gozd	0,7	1,9	64,0	17,0	5,3	1397,1	23,3	13,9	0,1	35,5	1558,8	
travnik	0,4	15,3	73,6	35,8	3,3	115,3	185,3	25,4	0,1	50,3	504,9	
zaraščanje	0,0	0,1	0,6	0,5	0,2	15,6	0,6	0,6	0,0	1,8	20,0	
voda	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	
drugo	0,0	0,7	3,1	2,9	0,3	10,0	6,6	1,3	0,0	10,6	35,4	
VG 2024 skupaj												2967,5
zemljišča z novo rabo												1678,6
zemljišča z opuščeno rabo												950,9
razlika v ha 2002–2024												0,0
indeks 2024/2002												496

4 Razprava

Metodi za zaznavo kulturnih teras, ki smo ju uporabili, sta dali zelo različne rezultate o zemljiščih, ki so preoblikovana s kulturnimi terasami. Kladnik in sodelavci (2016) so za območje Vipavskega gričevja evidentirali 1465,2 ha kulturnih teras, z uporabo nove metode pa smo jih zaznali približno dvakrat toliko, 2967,5 ha. Zaradi uporabe boljših vhodnih podatkov v obliki laserskega skeniranja površja, ki v času Kladnikove raziskave še niso bili na voljo, lahko rečemo, da je metoda M2 dala dobre rezultate o razširjenosti kulturnih teras. Dodatno to trditev potrdimo s primerjanjem rabe zemljišč na zaznanih terasiranih območjih. Območja kulturnih teras, ki smo jih zaznali z uporabo metode M2, imajo devetkrat večji delež zemljišč, ki so prekrita z gozdom kot območja, zaznana z metodo M1 (preglednica 1). Možnost takšnih rezultatov so predvideli že Kladnik in sodelavci (2016). Kot glavni vzrok za problematičnost uporabljene metode so izpostavili območja, poraščena z gozdom in neizrazito terasirana območja.

Metoda M2 je zaznala več območij kulturnih teras tudi v primerjavi z raziskavo o razširjenosti kulturnih teras v Sloveniji, ki so jo izvedli Ciglič in sodelavci (2024). V tej je bilo na območju Vipavskega gričevja zaznanih 1684 ha terasiranih območij, kar je nekoliko več kot z metodo M1 in za več kot 1000 ha manj, kot smo jih zaznali z metodo M2.

Ročno digitaliziranje pojava kulturnih teras na podlagi ortofoto posnetkov je zamudno opravilo, močno odvisno od natančnosti popisovalca in njegove sposobnosti pravilne interpretacije (Kladnik in sod. 2016; Perko, Ciglič in Geršič 2016; Pipan in Kokalj 2017; Ciglič in sod. 2024). Na podobne dileme lahko pri neizrazitih terasah naletimo tudi pri uporabi laserskega skeniranja.

Kljub prednostim metode M2 pa se pri rezultatih pojavijo tudi slabosti. Nekatera terasirana območja so tik ob naseljih ali, če so stavbe postavljene dovolj razpršeno, celo znotraj njih. Zaradi omejitev, izhajajočih iz metode, smo takšna območja morali izločiti. To vpliva na končno površino zaznanih kulturnih teras po metodi M2 in na razliko v deležih posameznih tipov rabe zemljišč v primerjavi z metodo M1. Vpliv izločenosti pozidanih območij je najbolj opazen na območjih naselij Lože, Tevče, Slap in Manče. Zaradi velikih površin teras, med pozidanimi zemljišči smo jih z metodo M2 zaznali manj oziroma v Mančah prav toliko, kot jih je bilo evidentiranih po metodi M1. Dodaten razlog je tudi razmeroma majhna površina območja naselja in zaradi tega sorazmerno velik delež pozidanih zemljišč. Topole, Šmid Hribar in Kokalj (2023), so ugotovili, da imajo med vsemi naselji v Vipavskem gričevju najmanjše deleže zemljišč, zaraščenih z gozdom, prav ta naselja. To kaže, da je bila za zaznavanje terasiranih območij uspešna tudi metoda M1. Največje razlike v površinah novo zaznanih območij kulturnih teras so v naseljih Kodreti, Velike Žablje, Spodnja Branica, Brje, Preserje, Steske, Šmarje, Vrtovče in Orehovica. To so naselja, ki imajo velik del pripadajočih zemljišč prekrit z gozdom, zato teras z metodo M1 ni bilo mogoče zaznati. Naselje Kodreti je še posebej zanimivo, saj z uporabo metode M1 skorajda ni bilo identificiranih terasiranih območij, z metodo M2 pa smo ugotovili, da jih je v tem naselju kar 43,7 %. Razlog je v velikem deležu gozda (več kot 70 %), ki prekriva območje naselja.

Za analizo sprememb rabe zemljišč na terasiranih območjih Vipavskega gričevja smo uporabili podatke o terasiranih območjih, zaznanih z uporabo metode M2. To smo storili zaradi večjih zaznanih površin terasiranih območij in vključitve tistih teras, ki jih prekriva gozd. Ker so podatki laserskega skeniranja na voljo le za leto 2015, odražajo zaznane površine terasiranih območij stanje le v tistem letu. Zato je lahko prišlo do manjših napak pri tolmačenju sprememb v rabi zemljišč, saj je med letoma 2015 in 2024 lahko prišlo do uničenja nekaterih teras ali gradnje novih, ki jih nismo mogli zaznati. Spremembe rabe zemljišč na terasah, kakršne so prikazane v preglednici 2, so skladne z ugotovitvami glede zaraščanja na območju Vipavskega gričevja (Topole 2020; Topole, Šmid Hribar in Pipan 2022; Topole, Šmid Hribar in Kokalj 2023) kot tudi z ugotovitvami glede zaraščanja kmetijskih zemljišč v Sloveniji (Glavan in sod. 2017). Po njihovih podatkih je območje goriške statistične regije med dvanajstimi slovenskimi statističnimi regijami četrto po deležu zemljišč, ki se zaraščajo (1,55 % regije) in drugo po deležu kmetijskih zemljišč v zaraščanju (6,95 % kmetijskih zemljišč).

Podobno, kot smo ugotovili v naši raziskavi, je tudi v Sloveniji. Največ opuščanja travnikov je na strmih območjih Slovenije. Zaradi hitrega odtoka vode je tam tudi večja sušnost, dodatni vzroki pa so: vršna lega, oddaljenost od naselij in slaba dostopnost območja. Ker se terase pojavljajo le tam, kjer je dovolj velik naklon, lahko rečemo, da ta trditev drži tudi za območje Vipavskega gričevja. V preučevanem obdobju se je močno povečala površina oljčnikov. Leta 2002 je bilo na območju celotnega Vipavskega gričevja le 0,4 ha oljčnikov (od tega nič na terasiranih območjih), leta 2024 pa že 31,6 ha (od tega 23,7 ha na terasiranih območjih). Največ novih oljčnikov na terasiranih območjih gre na račun opuščanja vinogradov (dobrih 50 %), sledijo oljčniki, ki so nastali s krčenjem gozdnih zemljišč (22 %). Eden od razlogov je poleg spodbujanja revitalizacije opuščenih kmetijskih zemljišč (Uredba ... 2023) lahko tudi spreminjanje podnebja. Med letoma 1961 in 1990 je območje Vipavskega gričevja v celoti spadalo v podnebni tip zalednega submediteranskega podnebja (Ogrin 1996), po novejših podatkih pa med letoma 1991 in 2020 približno polovica že spada v tip obalnega zmerno sredozemskega podnebja (Ogrin in sod. 2023).

Topole, Šmid Hribar in Kokalj (2023) navajajo, da se zaraščajo višje ležeča, izrazito nagnjena območja. Naša raziskava je potrdila, da so bila ta v večji meri terasirana. V preučevanem 22-letnem obdobju je do največje spremembe prišlo pri zemljiščih z vinogradi. Opuščenih je bilo 160,6 ha vinogradov na območjih kulturnih teras. Razlogov je več. Topole, Šmid Hribar in Kokalj (2023) navajajo, da je na območju Vipavskega gričevja med letoma 2002 in 2020 prišlo do intenzifikacije vinogradništva. Vinogradi na strmih pobočjih, oddaljenih od naselij, so bili opuščeni, nadomestili pa so jih vinogradi na manj nagnjenem površju, dostopni z mehanizacijo. To trditev lahko potrdimo tudi na podlagi rezultatov naše raziskave. Površina vinogradov na terasah se je zmanjšala, a je bila vsaj delno nadomeščena z novimi vinogradi zunaj terasiranih območij (slika 8). Podobno kot z vinogradi se dogaja tudi s travniškimi zemljišči. V preučevanem obdobju se je površina travnikov na kulturnih terasah zmanjšala za 133,8 ha (preglednica 2). Na podlagi literature o značilnostih opuščanja kmetijskih zemljišč na območju Vipavskega gričevja (Perko, Ciglič in Geršič 2016; Topole 2016; Topole, Šmid Hribar in Kokalj 2023) in podatkov o rabi zemljišč (MKGP 2024) lahko trdimo, da se večina teh zemljišč zdaj zarašča ali je že zarasla z gozdom.

5 Sklep

Na območju Vipavskega gričevja smo z uporabo nove metode daljinskega zaznavanja teras identificirali približno dvakrat več terasiranih območij, kot jih je bilo zaznanih s predhodnimi metodami. Večina novo zaznanih območij kulturnih teras leži pod gozdom, saj jih tam s prejšnjimi metodami ni bilo mogoče zaznati. Pričakovano je do največjih razlik prišlo na območjih naselij z velikim deležem gozdnih zemljišč. V nekaterih naseljih smo zaznali tudi do štirikrat več terasiranih območij (Brje), v enem (Kodreti) pa smo na novo identificirali prav vse terase na območju naselja. Na celotnem območju Vipavskega gričevja in na območjih kulturnih teras smo preučili spremembe v rabi zemljišč med letoma 2002 in 2024. Ugotovili smo, da so se območja kulturnih teras zarasla bolj kot ostala območja. Največjo spremembo smo zabeležili na območjih vinogradov, ki so večinoma prešli v gozd ali zemljišča v zaraščanju. Z izgubo obdelovalnih zemljišč na terasah se zmanjšuje biotska pestrost, hkrati pa se z zaraščanjem izgubljata tudi značilna podoba kulturne pokrajine ter kulturna dediščina v obliki terasiranih območij. Kmetijska raba na obstoječih kulturnih terasah se bo morala prilagoditi podnebnim spremembam, predvsem z ureditvijo namakanja in izbiro rastlin, ki bolje prenašajo toplejše podnebje. Deloma se to že izvaja s širjenjem oljčnikov. Seveda vse terase niso primerne za ohranjanje ali obnovo. Smiselno bi bilo izvesti vrednotenje terasiranih območij z vidika kmetijstva, posebej vinogradništva, sadjarstva in oljkarstva, ter za ohranjanje in oživljanje predlagati samo kmetijske, pa tudi tiste ogozdene in zaraščajoče se terase, ki pripadajo višjim bonitetnim razredom.

Zahvala: Članek je nastal v okviru raziskovalnega programa Geografije Slovenije (P6-0101), projekta Življenje in smrt kulturnih teras: zaznavanje in prostorska analiza teras z računalniškimi metodami (L6-60160) in programa Mladi raziskovalec (MR-56874), ki jih financira Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije.

6 Viri in literatura

- Ažman Momirski, L. 2019: Slovenian terraced landscapes. *World Terraced Landscapes: History, Environment, Quality of Life. Environmental History* 9. Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-96815-5_4
- Ažman Momirski, L., Kladnik, D. 2015: The terraced landscape in the Brkini Hills. *Acta geographica Slovenica* 55-1. DOI: <https://doi.org/10.3986/AGS.1627>
- Ciglič, R., Glušič, A., Štaut, L., Čehovin Zajc, L. 2024: Towards the deep learning recognition of cultivated terraces based on Lidar data: The case of Slovenia. *Moravian Geographical Reports* 32-1. DOI: <https://doi.org/10.2478/mgr-2024-0006>
- De Reu, J., Bourgeois, J., Bats, M., Zwertvaegher, A., Gelorini, V., De Smedt, P., Chu, W., Antrop, M., De Maeyer, P., Finke, P., Van Meirvenne, M., Verniers, J., Crombé, P. 2013: Application of the topographic position index to heterogeneous landscapes. *Geomorphology* 186. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.12.015>
- Drobnjak, V. 1990: Fizičnogeografski pomen kulturnih teras. *Primorje: zbornik 15. zborovanja slovenskih geografov*. Ljubljana.
- Glavan, M., Malek, A., Pintar, M., Grčman, H. 2017: Prostorska analiza kmetijskih zemljišč v zaraščanju v Sloveniji. *Acta agriculturae Slovenica* 109. DOI: <https://doi.org/10.14720/aas.2017.109.2.10>
- ITLA Proceedings. Medmrežje: <https://www.itla.si/proceedings.html> (1. 8. 2024).
- Kladnik, D. 2016: Terasirane pokrajine in Honghejska deklaracija. *Terasirane pokrajine*. Ljubljana. DOI: <https://doi.org/10.3986/9789612548896>
- Kladnik, D., Ciglič, R., Geršič, M., Komac, B., Perko, D., Zorn, M. 2016: Diversity of terraced landscapes in Slovenia. *Annales, Series historia et sociologia* 26-3. DOI: <https://doi.org/10.19233/ASHS.2016.38>
- Kladnik, D., Komac, B., Zorn, M. 2016: Terasirane pokrajine v Evropi. *Terasirane pokrajine*. Ljubljana. DOI: <https://doi.org/10.3986/9789612548896>
- Kladnik, D., Kruse, A., Komac, B. 2017: Terraced landscapes: An increasingly prominent cultural landscape type. *Acta geographica Slovenica* 57-2. DOI: <https://doi.org/10.3986/AGS.4770>
- Kladnik, D., Šmid Hribar, M., Geršič, M. 2017: Terraced landscapes as protected cultural heritage sites. *Acta geographica Slovenica* 57-2. DOI: <https://doi.org/10.3986/AGS.4628>
- MKGP 2024: Raba. Grafični podatki RABA za celo Slovenijo. Ministrstvo za kmetijstvo gozdarstvo in prehrano. Ljubljana. Medmrežje: <https://rkg.gov.si/vstop> (10. 8. 2024).
- Ogrin, D. 1996: Podnebni tipi v Sloveniji. *Geografski vestnik* 68.
- Ogrin, D., Repe, B., Štaut, L., Svetlin, D., Ogrin, M. 2023: Podnebna tipizacija Slovenije po podatkih za obdobje 1991–2020. *Dela* 59. DOI: <https://doi.org/10.4312/dela.59.5-89>
- Perko, D., Ciglič, R., Geršič, M. (ur.) 2016: *Terasirane pokrajine*. Ljubljana. DOI: <https://doi.org/10.3986/9789612548896>
- Perko, D., Ciglič, R., Geršič, M., Kladnik, D. (ur.) 2017: *Terraced Landscapes*. Ljubljana. DOI: <https://doi.org/10.3986/9789610500193>
- Perko, D., Ciglič, R., Štaut, L. 2026: Slovenia's cultivated terraces: Landscapes and landforms aspects. *Landscapes and Landforms of Slovenia*. Cham. [v pripravi]
- Perko, D., Zorn, M. 2016: Sedemdeset let raziskovanj na Geografskem inštitutu Antona Melika ZRC SAZU. *Geografski vestnik* 88-2. DOI: <https://doi.org/10.3986/GV88207>

- Pipan, P., Kokalj, Ž. 2017: Transformation of the Jerusalem hills cultural landscape with modern vineyard terraces. *Acta geographica Slovenica* 57-2. DOI: <https://doi.org/10.3986/AGS.4629>
- Pipan, P., Šmid Hribar, M., Topole, M. 2017: Mediterranean Slovenia. *Terraced Landscapes*. Ljubljana. <https://doi.org/10.3986/9789610500193>
- Tarolli, P., Preti, F., Romano, N. 2014: Terraced landscapes: From an old best practice to a potential hazard for soil degradation due to land abandonment. *Anthropocene* 6. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2014.03.002>
- Titl, J. 1965: Socialnogeografski problemi na koprskem podežlju. Koper.
- Topole, M. 2016: Merče, sredozemske planote. Terasirane pokrajine. Ljubljana. DOI: <https://doi.org/10.3986/9789612548896>
- Topole, M. 2020: Terasirana pokrajina sredozemskih planot. *Heriskop* 1-1.
- Topole, M., Šmid Hribar, M., Pipan, P. 2022: Vinogradništvo v Vipavskem gričevju. Ljubljana.
- Topole, M., Šmid Hribar, M., Kokalj, Ž. 2023: Izzivi vinogradniške pokrajine – primer Vipavskega gričevja v Sloveniji. *Geografski vestnik* 95-1. DOI: <https://doi.org/10.3986/GV95102>
- UNESCO World Heritage List. Medmrežje: <https://whc.unesco.org/en/list/?search=terraced+landscape&order=country%2520> (1. 8. 2024).
- Uredba o izvajanju ukrepa odpravljanje zaraščanja na kmetijskih zemljiščih. Uradni list Republike Slovenije 111/2023. Ljubljana.

7 Summary: Methods for identifying terraced areas on the example of the Vipava Hills

(translated by the authors)

Agricultural terraces are a prominent landscape feature essential for maintaining agricultural practices, preventing soil erosion and improving soil moisture content. These terraces are widespread throughout the world, but have a particularly rich history in the Mediterranean region, including Slovenia, where they have been the focus of geographical and other studies since the 20th century. Despite their importance, the terraces were only added to the UNESCO World Heritage List in 1979, which now includes eight such sites. The International Terraced Landscapes Alliance (ITLA), founded in 2010, has made a significant contribution to raising awareness of the diverse functions of terraces and emphasizing their economic, ecological and cultural importance.

In Slovenia, research on terraces has primarily focused on their historical significance and their changing role over time, in small case study areas.

This study focuses on the detection and analysis of terraces in the Vipava Hills, comparing traditional and LiDAR-based methods and examining land use changes between 2002 and 2024 to identify trends in agricultural land use abandonment and shifting. The first method involved analysis of topographic maps and airborne imagery, which was labour intensive but provided valuable baseline data. The second method, based on LiDAR, uses high-resolution digital elevation models to identify terraces through automatic slope analysis, and the use of other GIS tools to significantly improve the detection of terraces in vegetated and other cluttered areas. However, there are still limitations such as outdated data and problems in recognizing subtle terrace features.

The new method identified almost twice as many terraced areas compared to traditional manual mapping: 2,967.5 hectares compared to 1,465.2 hectares. This considerable difference underlines the importance of advanced GIS techniques and the use of high-resolution digital elevation models to determine the true extent of terraced landscapes, especially in areas where natural reforestation has taken place. Vegetation cover was identified as the main reason for this difference in mapped terrace area. Manual mapping is also susceptible to the subjective influence of the mapper, which is eliminated when using computer algorithms to detect terraces. Both methods were most successful in identifying terraces on vineyards, as these are usually the most recognizable on both LiDAR and orthophoto data as they are usually still in active use. The analysis of land use changes revealed significant changes over the last two decades, with a marked decrease in active agricultural use. Vineyards, which continue to be the main form of cultivation on the terraces, decreased by 22%, while grassland decreased by 27%. Forested areas increased by 18 %, reflecting a trend towards abandonment and natural succession.

This move away from agriculture reflects wider socio-economic trends in Europe, including rural depopulation and the declining profitability of traditional farming practices. Such changes threaten the conservation of terraced landscapes, which are increasingly valued for their ecological and cultural importance rather than their agricultural productivity. The role of LiDAR in revealing hidden terraces demonstrates the potential of modern technology for conservation action, although regular data updates are essential for monitoring ongoing change, as policy makers need a reliable database of terraced areas.

While LiDAR significantly improves the detection of terraces, the increasing abandonment of terraces requires targeted conservation strategies. Policy makers need to address the socio-economic challenges underlying these trends and incentivize the conservation of terraced landscapes as integral components of sustainable land use systems. Future research should focus on improving data accuracy and the use of different GIS algorithms to recognize terraces, as well as exploring the multifunctional potential of terraces to balance ecological conservation and cultural heritage.