



KVANTITATIVNI POSTOPEK IDENTIFIKACIJE GRBINASTIH TRAVNIKOV NA OBMOČJU TRIGLAVSKEGA NARODNEGA PARKA

*Izvirni znanstveni članek
COBISS 1.01
DOI: 10.4312/dela.58.27-48*

Izvleček

Na območju Triglavskega narodnega parka zasledimo poseben tip travnikov – grbinaste travnike. Zaradi človekove dejavnosti imajo grbinasti travniki ne le naravovarstveno, ampak tudi kulturno vrednost. Zato je od leta 2004 v Programu razvoja podeželja (PRP) vzpostavljen sistemski ukrep za ohranjanje grbinastih travnikov. Kmetje so za njihovo vzdrževanje upravičeni do izravnalnih plačil, a je ta podpora nizka, med manj poznanimi in zelo slabo uveljavljenimi. Uradni prostorski sloj grbinastih travnikov je, kljub terenski preveritvi in nadgradnji v letu 2021, necelovit in deloma pomanjkljiv. Namen članka je prikaz nove metode oziroma razvoja kvantitativnega postopka identifikacije grbinastih travnikov na območju Triglavskega narodnega parka. Omejitev postopka je, da ni neposredno uporaben za zaznavanje grbinastih travnikov brez naknadnega terenskega ali digitalnega pregleda. Z njegovo uporabo smo predstavili možnost učinkovite nadgradnje obstoječega uradnega prostorskega sloja grbinastih travnikov.

Ključne besede: grbinasta tla, digitalni model višin, indeks topografske odprtosti, LiDAR, podatkovni sloj grbinastih travnikov, Julijske Alpe

- ⋮ *Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo, Aškerčeva 2,
- ⋮ SI-1000 Ljubljana, Slovenija
- ⋮ e-pošta: saso.stefanovski@ff.uni-lj.si, barbara.lampic@ff.uni-lj.si
- ⋮ ORCID: 0000-0002-7822-451X (S. Stefanovski), 0000-0002-3802-1793 (B. Lampič)

QUANTITATIVE METHOD FOR THE IDENTIFICATION OF HUMMOCKY MEADOWS IN THE TRIGLAV NATIONAL PARK

Abstract

In the Triglav National Park there is a special type of meadows, the hummocky meadows. Due to human activities, hummocky meadows have not only a nature conservation value, but also a cultural value. For this reason, within the Rural Development Programme (RDP), a systematic measure for the conservation of hummocky meadows has been introduced since 2004. The official data layer of hummocky meadows is incomplete and partially deficient, although it was reviewed and updated in the field in 2021. The aim of this paper is to present the development of a quantitative procedure for the identification of hummocky meadows in Triglav National Park. The limitation of the method is that it is not directly applicable for the detection of hummocky meadows without subsequent field survey or digital inspection. With this method we have shown the possibility to efficiently build on the existing official data layer of hummocky meadows.

Keywords: hummocky terrain, digital elevation model, topographic openness index, LiDAR, hummocky meadows data layer, Julian Alps

1 UVOD

V alpskem in predalpskem prostoru najdemo tip travnikov, kjer se izmenjujejo izbokline in vmesne kotanje. Imenujemo jih grbinasti travniki. Prvih sodobnih proučevanj so bili deležni okrog leta 1940, ko se je zanje začel zanimati geograf Albrecht Penck (Cvetek, 1971). V Sloveniji se je prepoznavanje grbinastih travnikov kot posebnega tipa travnikov ravno tako začelo relativno pozno. Prva jih je opisala Piskernikova (1960/61), celovitejšo raziskavo pa je izvedel Cvetek (1971), ki je analiziral obstoječo literaturo in opisal pojavnost ter različne genetske mehanizme grbinastih travnikov.

Gre za obliko travnikov, ki jo je človek marsikje preoblikoval. Grbinasto površje (slika 1) otežuje obdelovanje, zato so ga že v preteklosti pa tudi danes izravnavali, kar je olajšalo uporabo kmetijske mehanizacije pri košnji. Izravnavanje grbinastih travnikov pa je sporno, saj se s tem uniči oziroma poslabšuje stanje kulturne in naravne dediščine (Ambrožič, 2006). Problem predstavlja tudi neraba oziroma zaraščanje travnikov. Da bi preprečili ali vsaj omejili izravnavanje in zaraščanje grbinastih travnikov, se že od leta 2004 v Sloveniji izvaja sistemski ukrep finančne podpore kmetom za izvajanje prilagojenih kmetijskih praks, ki prispevajo k dolgoročnemu ohranjanju grbin. Zahteve se v različnih programskih obdobjih nekoliko spreminjajo, a namen

Slika 1: Primer dobro vidnih, izrazitih grbin – grbinasti travniki na planini Vogar (foto: B. Lampič, 2019).



ukrepa je ohranjanje grbinastih travnikov, tipične krajine, naravnih posebnosti in habitatov za mnoge rastlinske in živalske vrste (Strateški načrt ..., 2022).

V novem programskem obdobju (2023–2027) je prišlo do bistvene spremembe pri izvajanju te aktivnosti. Do sedaj so bile zahteve vezane na obvezno (najmanj enkrat letno), ročno košnjo in spravilo (sena), prepoved uporabe mineralnih gnojil in fitofarmaceutskih sredstev ter prepoved paše. V aktualnem programskem obdobju pa so se vstopne zahteve za kmete omilile in so pomembno spremenjene. Obvezna sta najmanj enkratna raba (košnja, paša) letno in spravilo v primeru košnje, sicer je dovoljena nadzorovana paša brez omejitev glede obtežbe živine (Strateški načrt ..., 2022). Dosedanja, na površino vezana plačila so bila relativno nizka in posledično kmetov niso vzpodbujala h košnji, zato zaraščanje ostaja velik problem. Pogosto zaradi fragmentacije parcel grbinastih travnikov ukrepa tudi ni mogoče izvajati, saj velikost travnika ne dosega enega hektarja. Največji problem pri učinkovitem naslavljanju ohranjanja grbinastih travnikov pa je tehnično-strokovne narave. Za potrebe varovanja, spremljanja stanja ali pa izvajanja kmetijske politike odgovorne nacionalne inštitucije (Zavod Republike Slovenije za varstvo narave, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano) niso razpolagale z ustrežno evidenco grbinastih travnikov. Vse do leta 2021 je kot osnoven prostorski sloj služila evidenca grbinastih travnikov, formalno datirana za leto 2011, ki pa ni bila ažurna in strokovno vodena, saj je vsebovala

številna območja, ki so že leta uravnana, po drugi strani pa v sloj niso bili vključeni številni značilni grbinasti travniki. Razmere so se nekoliko izboljšale v letu 2021, ko je Zavod Republike Slovenije za varstvo narave (ZRSVN) izvedel terensko posodobitev sloja (Usnik in sod., 2021). Prvi korak k dolgoročnemu trajnostnemu upravljanju grbinastih travnikov je vzpostavitev kvalitetne celovite evidence grbinastih travnikov na območju Triglavskega narodnega parka (TNP). Naslednji, verjetno še bolj pomemben korak pa bo seznanjanje in vzpodbujanje kmetov k izvajanju ukrepa. V letu 2019 se je ukrep izvajal zgolj na 9 % evidentiranih grbinastih površin (Bergant in sod., 2019).

Glavni namen prispevka je prikaz metodološkega postopka za prepoznavanje grbinastih travnikov s pomočjo kvantitativnih metod, ki temeljijo na javnih prostorskih podatkih. Cilj raziskave je postopkovni prikaz sistematične izdelave evidence grbinastih travnikov. Slednjo smo izdelali za celotno območje TNP, kjer so zaradi pleistocenske poledenitve grbinasti travniki kot značilen pokrajinski element najbolj zastopani.

2 IZHODIŠČA ZA OBRAVNAVO

Termin grbinasti travnik je prevod nemškega termina »*Buckelwiesen*«, v angleščini pa se uporabljata izraza »*hummocky meadow*« in »*pit and mound microrelief*«. Pri nas je termin grbinasti travnik vpeljala Piskernikova (1960/61), ki je med prvimi opisala unikaten tip površja. Bizjak (1999) je uporabil izraz grbinasta tla, za območja, kjer so grbine najbolj vidne in očitne – torej travnike, pa je uporabil termin grbinasti travniki. Prebivalci oziroma kmetje, ki obdelujejo grbinaste travnike, zanje ne uporabljajo posebnega poimenovanja. Večini celo izraz ni poznan, nekateri pravijo, da je to svet, kjer je polno kucljev ali hribcev oziroma da so tam same konte (Odar, 1993; Zwitter, 2021). V nemškem jeziku pa termin izhaja prav iz ljudskega poimenovanja za tak tip površja (Koblar, 2013).

Prve raziskave grbinastih travnikov so bile izvedene na območju severnih alpejskih Alp, predvsem na južnem Bavarskem. Danes je večina literature o grbinastih travnikih v nemškem jeziku (Embleton-Hamann, 2004). Sprva sta se oblikovali dve hipotezi o nastanku grbinastih travnikov. Prva je nastanek razlagala s pomočjo korozije, po drugi hipotezi pa naj bi grbine nastale zaradi zmrzali. Ostale hipoteze so tako bile potisnjene v ozadje. Ena izmed njih je govorila o pomembnosti gozda za nastanek grbin, kar so razlagali z enakomerno razporeditvijo grbin, ki ustreza razporeditvi in gostoti dreves (Embleton-Hamann, 2004).

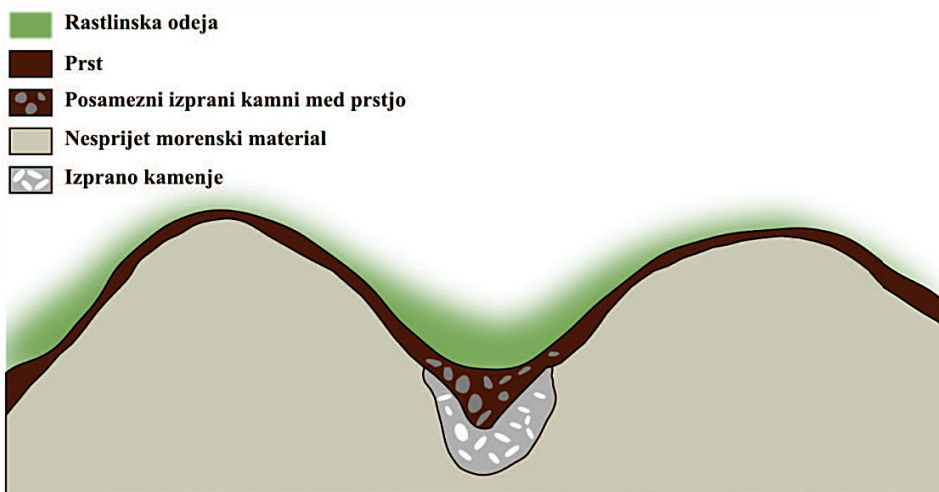
Dodatno težavo pri razumevanju morfogeneze so predstavljali različni profili prsti na različnih območjih z grbinastimi travniki. Prvi tip profila (Penck, 1940/41, cit. po Embleton-Hamann, 2004) ima tanjšo plast prsti na grbini in debelejšo v kotanji, kar nakazuje na stekanje vode v kotanjo, kjer se s korozijo izoblikuje debelejša prst. Drugi tip profila (Engelschalk, 1971, cit. po Embleton-Hamann, 2004) je bolj heterogen in kaže na tanjšo prst v kotanjah. Na podlagi tega tipa profila je Engelschalk (Embleton-Hamann, 2004) sklepal na delovanje zmrzali, vendar je ta hipoteza bila ovržena, saj

se profil po razporeditvi horizontov ujema s profilom, kjer je bila razporeditev posledica vetroloma in premeščanja gradiva vertikalno po profilu.

Kasnejše raziskave razlagajo grbinaste travnike kot poligenetsko obliko. Prvotne grbine naj bi nastale kot posledica viharjev, ki podrejo oziroma izruvajo drevesa. Ko se drevo podre, korenine dreves premestijo večjo količino prsti in skeleta. Tako nastaneta prvotna kotanja in grbina. Kotanja se kasneje z dodatnim stekanjem vode in s procesom korozije še dodatno poglobi. Pri 1.059 mm letnega odtoka padavin je dinamika korozijskega zniževanja 77,2 mm/1000 let. Dinamika raztapljanja je pospešena zaradi lokalne koncentracije vode v dnu kotanje (Embleton-Hamann, 2004).

V Sloveniji se je s tematiko grbinastih travnikov poglobljeno ukvarjal Cvetek (1971). Opisal je tipične in netipične grbinaste travnike. Netipični se pojavljajo povsod, ne glede na litološko podlago. Vzrokov za nastanek je več. Grbine lahko nastanejo kot posledica krčenja gozda, čiščenja travnika, kjer se je kamenje odlagalo na kupe, vetroloma in zaraščanja mravljišč (Cvetek, 1971).

Slika 2: Shema profila grbinastega travnika.



Avtor: Simon Koblar

Povzeto po: Cvetek, 1971

Vir: Koblar, 2013.

Cvetek (1971) je posebno pozornost namenil tipičnim grbinastim travnikom. Ti se pojavljajo na različnih nadmorskih višinah in na različnih kamninah, njihov pojav pa je vezan na zdrobljeno morensko gradivo. Pojavljajo se na območjih, kjer ni poplav. Navadno so grbine visoke do 1,5 metra, njihov prerez pa meri od 2 do 3 metre. Razporejene so neenakomerno, njihova gostota pa znaša 1.800–2.000 grbin na hektar in ni povezana z naklonom. V kotanji je plast prsti najdebelejša in lahko znaša tudi

pol metra. V kotanji so tudi izprani kamni, na podlagi katerih je sklepal na prisotnost korozije. Ledenik materiala ni odložil enakomerno, tako da je drobnejše frakcije voda ponekod izprala globlje v porozno gradivo. Hkrati pa je delovala korozija, ki je najintenzivnejša pri najfijnejšem materialu. Pomembno vlogo je imel tudi sneg, ki se je nabral v kotanjah, kar je še dodatno povečalo odtok vode.

Prezelj (2012) se je v okviru diplomske naloge osredotočila na proučevanje vegetacijskih in vlažnostnih razmer na grbinastih travnikih Zgornje Radovne in Krme. V Radovni velikost grbine ne vpliva na globino prsti v njenem dnu. Vlažnost je večja v konkavnih oblikah, na samo količino vlage v prsti pa vpliva osončenost grbin. Na pestrost vegetacije vplivajo lega na grbini, raba zemljišča, velikost grbine in osončenost. Na vrhu so manj zahtevne vrste, ki so značilne za bolj sušne in s hranili revne razmere. Vrsta pestrost je največja na prehodu grbine v kotanjo (Prezelj, 2012).

Grbinasti travniki imajo velik pomen za biotsko raznovrstnost. Zaradi posebne morfologije in ekstenzivne kmetijske rabe omogočajo razvoj specifičnih rastlinskih ter živalskih vrst, med katerimi so tudi ogrožene in zavarovane. Na območju TNP so grbinasti travniki opredeljeni kot naravne vrednote. V Načrtu upravljanja TNP so bili kot ohranjeni ocenjeni zgolj grbinasti travniki v dolini Radovne, na planini Vogar in na Uskovnici ter bili zato upravičeni do podpore za nadaljnje ohranjanje (Golobič in sod., 2015).

Slika 3: Primer sklenjenega grbinastega travnika v dolini Radovne (foto: U. Stepšnik, 2022).



Zadnja celovitejša raziskava grbinastih travnikov je terenska. Izvedba podrobnega terenskega pregleda oziroma revizija grafičnega sloja grbinastih travnikov iz leta 2011 je predstavljala strokovno podlago za prostorsko umeščanje in izvajanje ukrepa Grbinasti travniki v Strateškem načrtu 2023–2027 (Usnik in sod., 2021). Zaradi celovitega terenskega kartiranja grbinastih travnikov ter njihovega kvalitativnega ovrednotenja (npr. terenska ocena zabeleženih lastnosti in kategorizacija območij glede na izrazitost grbin, gostoto grbin in pestrost flore) so ugotovitve uporabne tudi za vrednotenje grbinastih travnikov kot naravne vrednote.

Za ohranitev grbinastih travnikov so potrebni konkretni in ustrezno naslovljeni ukrepi. V sodelovanju s kmetijskim sektorjem se preko podpor, ki se financirajo iz Programa razvoja podeželja, lahko vsaj deloma prispeva k njihovemu ustreznemu upravljanju in posledično ohranitvi. Z načrtnim (in pravilnim) izvajanjem ukrepa so pričakovani pozitivni učinki pri:

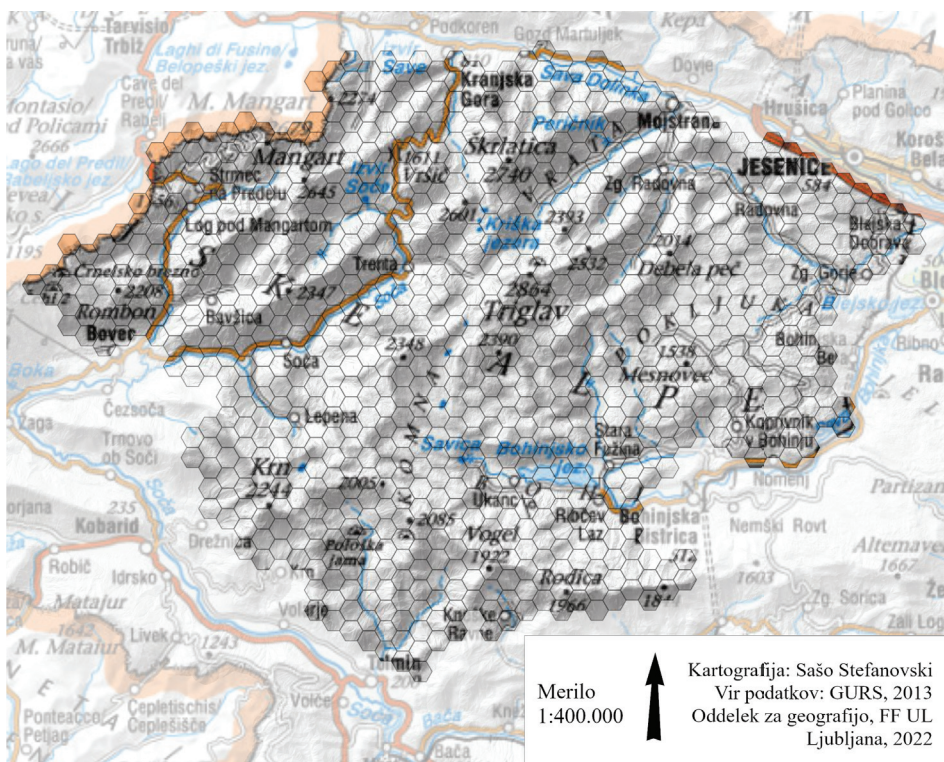
- ohranjanju redkega fenomena naravne in kulturne dediščine,
- ohranjanju vrstne pestrosti in biotske raznovrstnosti,
- ohranjanju habitatov za mnoge rastlinske in živalske vrste,
- preprečevanju gaženja travne ruše,
- preprečevanju izravnavanja grbinastih travnikov in ohranjanju krajinskih značilnosti,
- preprečevanju opuščanja kmetijske rabe in zaraščanja (Strateški načrt ..., 2022).

Z letom 2023 bo prišlo tudi do sprememb v višini finančnih podpor. Leta 2018 je najvišje plačilo znašalo 144,2 EUR/ha (Operacija: Grbinasti..., 2018), v novem programskem obdobju pa se je znesek skoraj podvojil in bodo upravičenci tako prejeli 276 EUR/ha letno (Strateški načrt ..., 2022).

Območje raziskave je omejeno na TNP, ki je največje zavarovano območje v Sloveniji s površino približno 840 km², kar predstavlja 4 % celotne površine Slovenije. TNP delimo na tri kategorije varstvenih območij, kot njegove prednostne naloge pa so opredeljeni ohranjanje kulturne in naravne dediščine, trajnostni razvoj ter komuniciranje s širšo javnostjo (TNP, 2022).

Sočasno so metodo za prepoznavanje grbinastih travnikov razvijali na Kmetijskem inštitutu Slovenije (Bergant in sod., 2020). Metoda temelji na uporabi reliefnega koeficienta z lokalnimi okni različnih dimenzij. Za klasifikacijo območij grbinastih travnikov so uporabili metodo največje verjetnosti. Celoten postopek so razvijali na območju, kjer so grbinasti travniki na povsem uravnanem območju, in ni bil preizkušen na območjih razgibanega površja, kar bi pokazalo dejansko uspešnost njihove identifikacije. Postopek je bil testiran zgolj na učnem območju, zato njegova prava aplikativna vrednosti ni znana.

Slika 4: Območje raziskave, prekrito z mrežo šestkotnikov, ki so bili uporabljeni za analizo razporeditve grbinastih travnikov.

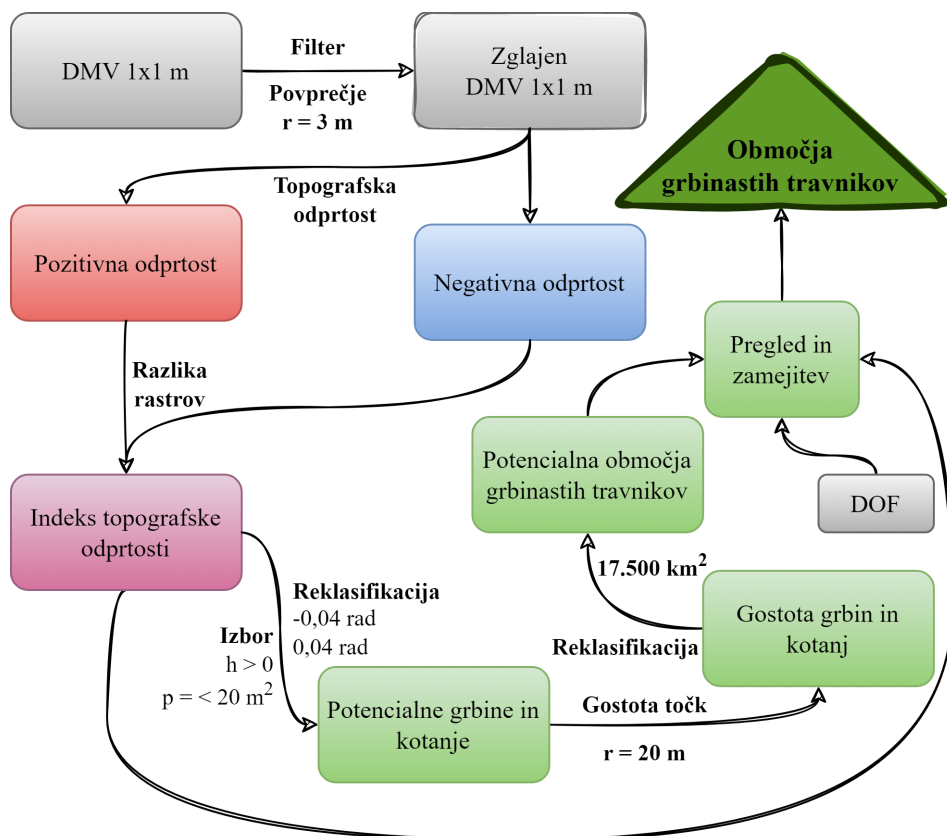


3 METODE

Grbine veljajo za mikroreliefno obliko, kar otežuje njihovo prepoznavanje na podlagi digitalnega modela višin (DMV) ločljivosti 1 meter. Za območje TNP je od leta 2015 na voljo DMV, pridobljen s tehnologijo LiDAR (ARSO, 2015). Za potrebe identifikacije in analize smo uporabili podatkovne sloje, ki so navedeni v preglednici 1.

Za potrebe celovitejše inventarizacije grbinastih travnikov smo izdelali algoritem, s katerim je mogoče prepoznati mikroreliefne oblike, ki ustrezajo morfometričnim kriterijem grbinastega površja. Največji izziv prepoznavanja grbinastih travnikov zgolj na podlagi kvantitativnih podatkov je dejstvo, da niso vsi travniki, ki izkazujejo valovitost, obenem tudi grbinasti travniki. Zato je poleg uporabe avtomatskega postopka zaznavanja potreben bodisi terenski pregled ali pregled s pomočjo prostorskih podatkov. Mi smo storili slednje. Pri tem smo uporabili digitalne ortofoto posnetke (DOF), digitalni sloj senčenega reliefa, kontinuiran prikaz indeksa topografske odprtosti ter vektorski prikaz zaznanih grbin in vmesnih kotanj. Del končne evidence

Slika 5: Metodološki koraki za prepoznavanje mikroreliefnih oblik in določitev območij grbinastih travnikov.



smo preverili tudi na terenu na izbranih lokacijah. Postopkovni model smo razvili na območju doline Krma, saj je za območje dostopna morfološka karta grbinastih travnikov (Koblar, 2013). Reklasifikacijski pragovi so bili določeni empirično s pomočjo ustrezno evidentiranih območij v dolini Krma (Koblar, 2013). Uporabili smo programski orodji *ArcMap* 10.6.1 in *SAGA GIS* 7.1.1.

Preglednica 1: Podatkovni sloji, uporabljeni v raziskavi.

Uporabljeni podatkovni sloji	Vir	Leto
DMV 1 x 1 m	ARSO	2015
Digitalni ortofoto	GURS	2016
Dejanska raba tal	MKGP	2019
Evidenca grbinastih travnikov	ZRSVN	2011
Evidenca grbinastih travnikov	ZRSVN	2021
Dejanska raba tal	MKGP	2022
Grafična enota rabe kmetijskega gospodarstva	MKGP	2022

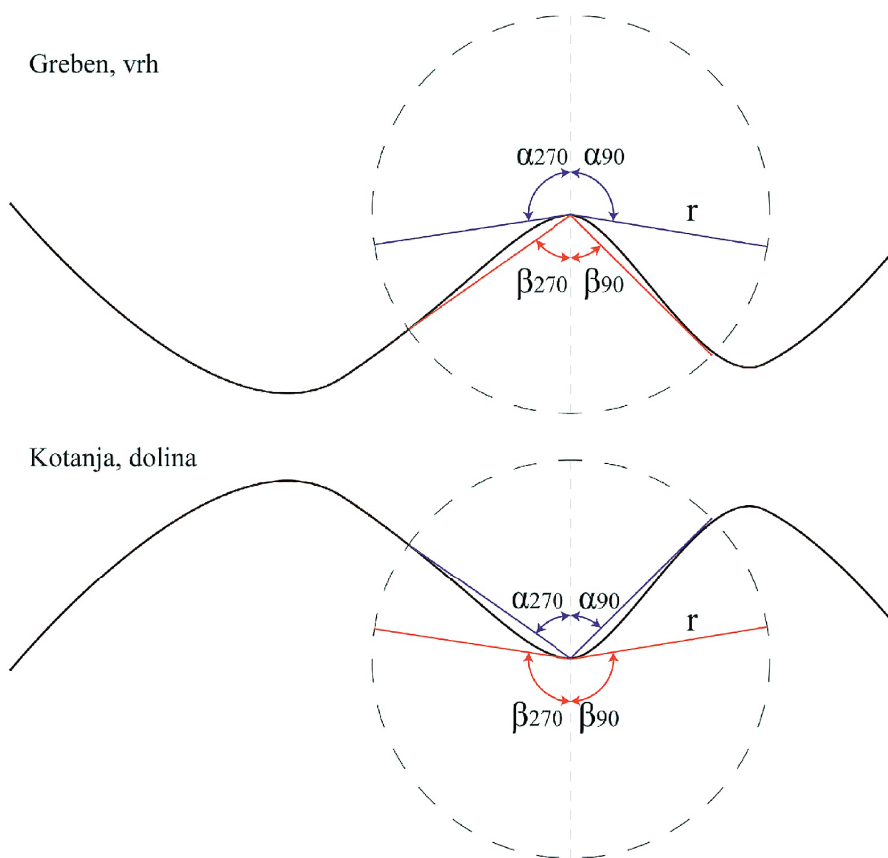
Metoda prepoznavanja grbin in kotanj temelji na uporabi indeksa topografske odprtosti (ITO). ITO je bil izdelan za potrebe vizualizacije DMV-ja. Na podlagi razlike med povprečnim minimalnim nadglavišnim in povprečnim minimalnim podnožišnim kotom za osem smeri neba dobimo vrednosti, ki nakazujejo dominantnost celice v prostoru glede na poljubno sosedstvo (Yokohama, Shirasawa, Pike, 2002). Pozitivni ITO nakazuje, da celica leži na vzpetini, medtem ko negativne vrednosti nakazujejo na lego v kotanji, zato je njegova uporabnost bila že prepoznana pri zaznavanju kraških reliefnih oblik (Meng in sod., 2018).

Pred pričetkom analize je DMV treba zgladiti s pomočjo orodja *Filter* v *ArcMapu*, da zmanjšamo vpliv šuma. Zglajen DMV nato uvozimo v programsko orodje *SAGA GIS*, kjer ga uporabimo kot vhodni podatek pri orodju *Topographic Openness*. Radij sosedstva znaša 1 meter oziroma analizo izvedemo za lokalno okno celice 3 x 3. Dobimo dva izhodna sloja, pozitivno in negativno odprtost. Negativno odprtost odštejemo od pozitivne in dobimo ITO, ki ga nato uvozimo v *ArcMap*.

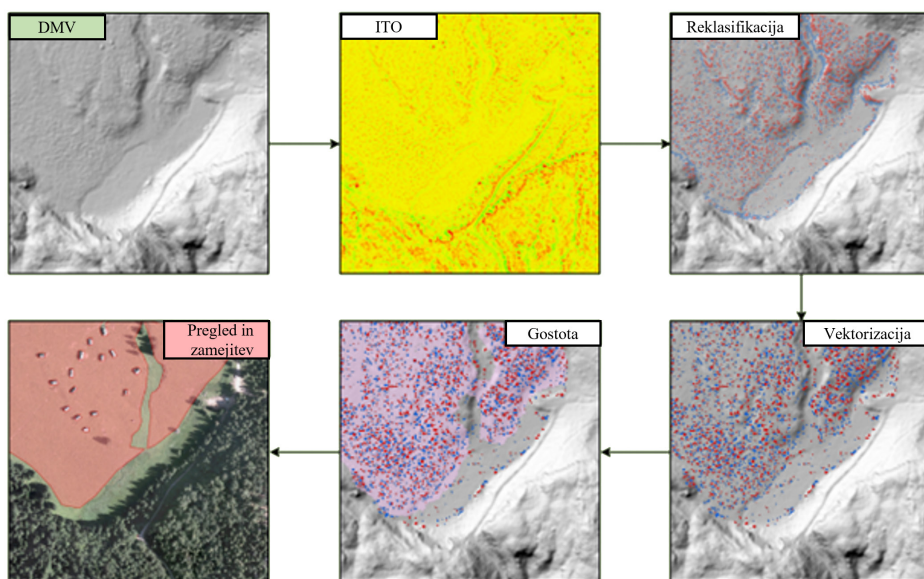
V nadaljevanju smo izdelali postopkovni model v programskem orodju *ArcMap*. Prvi korak je, da na podlagi rabe tal omejimo območja, ki jih bomo analizirali. V našem primeru so to trajni travniki, ekstenzivni sadovnjaki in kmetijske površine v zaraščanju. Sledi reklasifikacija sloja ITO, kjer kot potencialne grbine definiramo oblike nad pragom 0,04 rad (2,292°), potencialne kotanje pa so oblike pod pragom -0,04 rad (-2,292°). S tem korakom izoliramo potencialne oblike, ki jih nato vektoriziramo. S pomočjo orodja *Zonal Statistics as Table* izvedemo prostorsko poizvedovanje in obdržimo vse oblike, ki imajo višino večjo od 0, njihova površina pa ne presega 20 m². Grbine lahko zaznamo v nizu, kjer se rastrske celice stikajo. Zaradi tega je bil reklasifikacijski prag postavljen višje od površine posamezne grbine. Oblikam, ki smo jih obdržali, določimo težišča (centroide). Na podlagi dobljenih točk nato algoritem izračuna njihovo gostoto pri krožnem sosedstvu z radijem 20 metrov. Vsa območja, kjer je gostota večja od 17.500/km², izoliramo in vektoriziramo. Kjer je naklon večji od 35°, grbinastih travnikov ne pričakujemo, saj prevladuje pobočno premeščanje

materiala (pretanka plast prsti in prepereline), odtok korozivne vode pa je hitrejši. Vsa območja, ki so manjša od 100 m^2 , izločimo. Rezultat algoritma so potencialna območja grbinastih travnikov v vektorski obliki, ki jih je nato treba preveriti.

Slika 6: Koncept izračuna topografske odprtosti za sosedstvo r . Ko je zenitalni kot večji od nadirnega, se celica locira na lokalnem reliefnem maksimumu, v primeru prevlade nadirnega kota celica leži v lokalni reliefni depresiji.



Slika 7: Primer poteka celotnega postopka na primeru planine Blato.

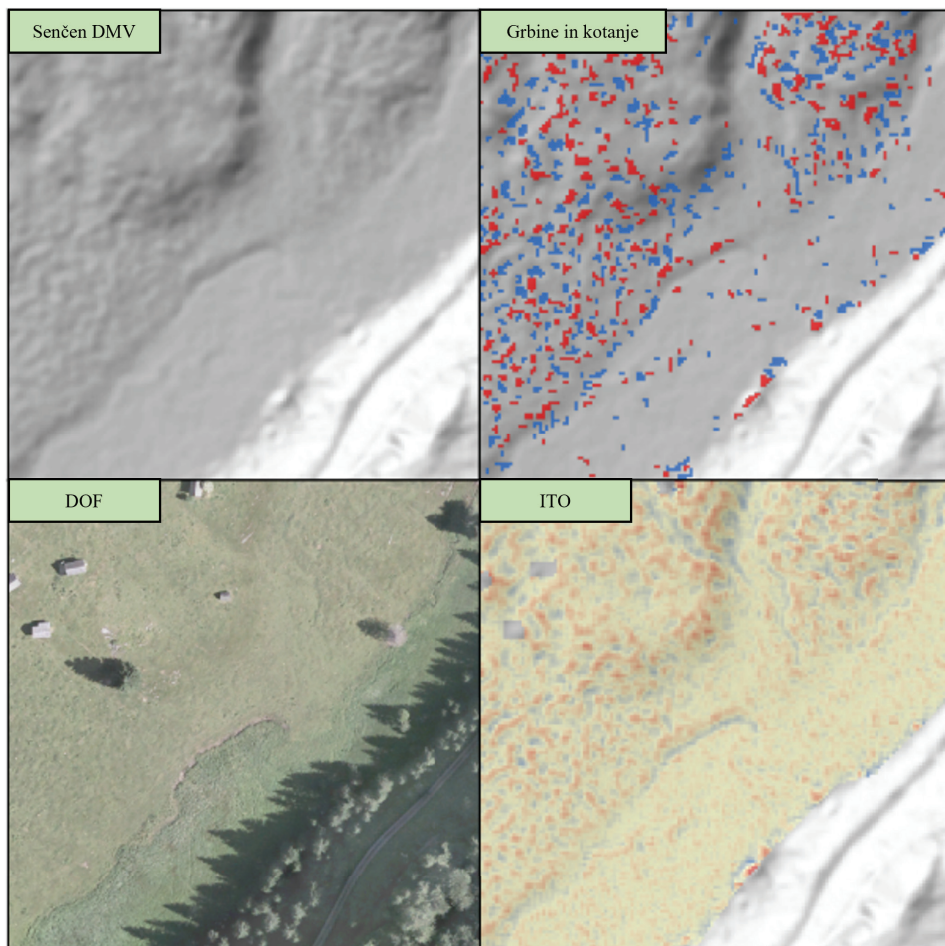


S pomočjo opisanega kvantitativnega postopka smo identificirali potencialna območja, kjer lahko pričakujemo pojavljanje grbinastih travnikov. Nadaljevanje je kvalitativne narave, saj je potreben pregled zaznanih območij s pomočjo prostorskih podatkov. Na podlagi senčenega reliefa, kontinuiranega rastrskega zapisa ITO, DOF-ov in vektorskih slojev grbin ter kotanj območja nato zamejimo ročno. Izhodni sloj poleg grbinastih travnikov vključuje še gozdne robove, travnike v zaraščanju, travnike s kamnitimi bloki, območja šuma, nastalega pri snemanju površja, itd.

Za preveritev ustreznosti pridobljenega modelnega sloja smo obstoječa prostorska sloja (sloj 2011 in sloj 2021) in na novo vzpostavljen modelni sloj grbinastih travnikov še podrobneje analizirali – izvedli smo presek vektorskih slojev vseh treh evidenc z dejansko rabo tal in grafičnimi enotami rabe (GERK-i). S tem smo dobili vpogled v strukturo dejanske rabe tal na prepoznanih območjih grbinastih travnikov. Z analizo zastopanosti grafičnih enot rabe kmetijskih gospodarstev pa smo ovrednotili obseg površin, za katere so kmetje upravičeni do prejema izravnalnih izplačil.

Za ustreznejši prostorski pregled smo območje TNP prekrili z vektorsko mrežo šestkotnikov površine 1 km². Vsakemu šestkotniku smo izračunali delež površja, ki je opredeljen kot grbinast travnik (slika 11). To smo storili za oba evidenčna sloja in naš ustvarjen modelni sloj. Na ta način smo dobili vpogled v prostorsko razporeditev grbinastih travnikov vseh treh vektorskih podatkovnih baz.

Slika 8: Prikaz podatkov, ki služijo kot pomoč pri prepoznavanju in zamejevanju grbinastih travnikov. Primer grbinastih travnikov ob uravnanim travniku na planini Blato.



4 REZULTATI IN RAZPRAVA

S pomočjo opisane metode smo na območju TNP prepoznali in zabeležili 230,3 ha grbinastih travnikov, kar je bistveno več od obeh obstoječih evidenc. Osnovna evidenca grbinastih travnikov, ki je bila javna in v uporabi od leta 2011 pa vse do leta 2021, je vključevala 157,4 ha površin (preračun podatkov ZRSVN, 2011). V letu 2021 terensko posodobljen prostorski sloj grbinastih travnikov obsega nekoliko več, 165,6 ha površin (Usnik in sod., 2021). Naše analize kažejo, da bi bilo 53 ha površin grbinastih travnikov iz prvotne evidenc 2011 smiselno izločiti. Večinoma so to površine travnikov,

ki so izravnane, hkrati pa so bile zamejitve posameznih poligonov nenatančne, saj so bile vključene tudi nekatere pozidane in poraščene površine. Obenem pa evidenčni sloj 2011 ni vključeval kar 125,9 ha površin, ki smo jih mi opredelili kot grbinaste. Primerjava s stanjem v letu 2021 posodobljene evidence kaže, da je naš modelni sloj za 64,7 ha obsežnejši (preglednica 2). Evidenčni sloj 2021 in modelni sloj se prekrivata na površini 123,4 ha. 42,2 ha evidenčnega sloja 2021 se z našim modelnim slojem ne prekriva. Za te površine lahko predpostavljamo, da bi bila potrebna dodatna terenska preveritev za njihovo potrditev. Minimalne razlike v površinah slojev nastanejo tudi zaradi samega izrisa meje. Meje ne potekajo po uradnih parcelnih mejah, ampak so bile določene ročno. Subjektivno določanje meje istega območja lahko vodi do manjšega odstopanja, kar se odraža tudi v našem primeru.

Ustreznost modelnega sloja smo preverili še s pomočjo pregleda dejanske rabe na območjih evidentiranih grbinastih travnikov. Struktura dejanske rabe zemljišč po vseh treh prostorskih slojih kaže večjo ustreznost modelnega sloja (2022) in posodobljene evidence iz leta 2021, saj predstavljajo trajni travniki v obeh slojih velik delež v strukturi rabe (preglednica 2). Nepravilnosti sloja so najbolj očitne pri evidenci iz leta 2011, kjer so v večjem obsegu zastopane tudi neustrezne kategorije rabe.

Preglednica 2: Dejanska raba tal na obravnavanih slojih grbinastih travnikov.

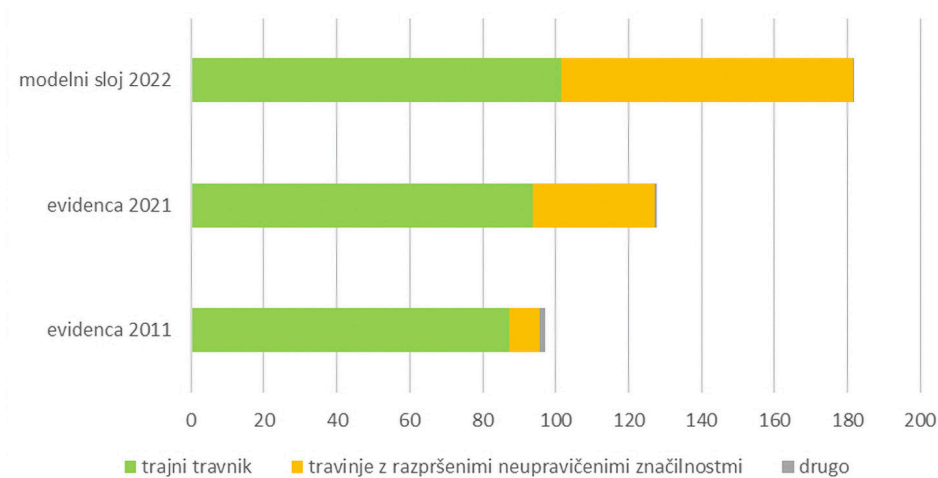
Dejanska raba	Modelni sloj 2022 (ha)	Evidenca 2021 (ha)	Evidenca 2011 (ha)	Modelni sloj 2022 (%)	Evidenca 2021 (%)	Evidenca 2011 (%)
travniški sadovnjak	1,0	1,2	2,5	0,4	0,8	1,6
trajni travnik	222,0	157,7	124,2	96,4	95,2	78,9
kmetijska zemljišča (KZ) v zaraščanju	1,8	1,0	1,6	0,8	0,6	1,0
neobdelano KZ	1,6	0,5	0,7	0,7	0,3	0,5
KZ poraslo z gozdnim drevjem	2,7	2,8	4,8	1,2	1,7	3,1
drugo	1,3	2,5	23,6	0,5	1,5	15,0
skupaj	230,3	165,6	157,4	100,0	100,0	100,0

Vir: ZRSVN, 2011; 2021; MKGP, 2022b.

Do podobnih ugotovitev smo prišli tudi s presekom vseh treh vektorskih slojev grbinastih travnikov z aktualnimi grafičnimi enotami rabe (MKGP, 2022a). Preverjali smo namreč, v kolikšnem obsegu so na območju grbinastih travnikov že opredeljeni GERK-i in posledično, s katerimi površinami kmetje lahko vstopajo v plačila Programa razvoja podeželja. Ugotovili smo, da se struktura rabe GERK-ov med obravnavanimi sloji pomembno razlikuje in vse večji delež predstavljajo površine travinja

z razpršenimi neupravičenimi značilnostmi. Na primernost novega modelnega sloja pa kaže tudi izračun površin grbinastih travnikov, ki so v 79 % že vključene v grafične enote rabe kmetijskih gospodarstev (preglednica 3).

Slika 9: Grafične enote rabe (v ha) na obravnavanih slojih grbinastih travnikov.



Vir: ZRSVN, 2011; ZRSVN, 2021; MKGP, 2022a.

Preglednica 3: Grafične enote rabe (v ha) na obravnavanih slojih grbinastih travnikov.

Sloj grbinastih travnikov	Trajni travnik	Travinje z razpršenimi neupravičenimi značilnostmi	Drugo	Skupaj (GERK-i)	Delež površin GERK-ov (%)
evidenca 2011	87,2	8,4	1,5	97,1	61,7 %
evidenca 2021	93,6	33,6	0,7	127,9	77,2 %
modelni sloj 2022	101,5	80,0	0,4	182,0	79,0 %

Vir: ZRSVN, 2011; 2021; MKGP, 2022a.

Številna na novo prepoznana območja grbinastih travnikov se nahajajo na dobro dostopnih in znanih lokacijah (npr. planini Blato in Javornik), kar nakazuje, da je bila evidenca, ki se je uporabljala v Sloveniji daljše obdobje, pripravljena nesistematično in brez kvantitativno določenih kriterijev. Obsežne grbinaste površine so namenjene paši, zato je rastlinski pokrov na teh območjih precej spremenjen in predvidevamo, da je degradacija rastlinskega pokrova v preteklosti vplivala na ne vključenost v evidenco.

Slika 10: Paša močno vpliva na vegetacijski pokrov grbinastih travnikov – primer grbinastih pašnikov na Uskovnici (foto: B. Lampič, 2019).

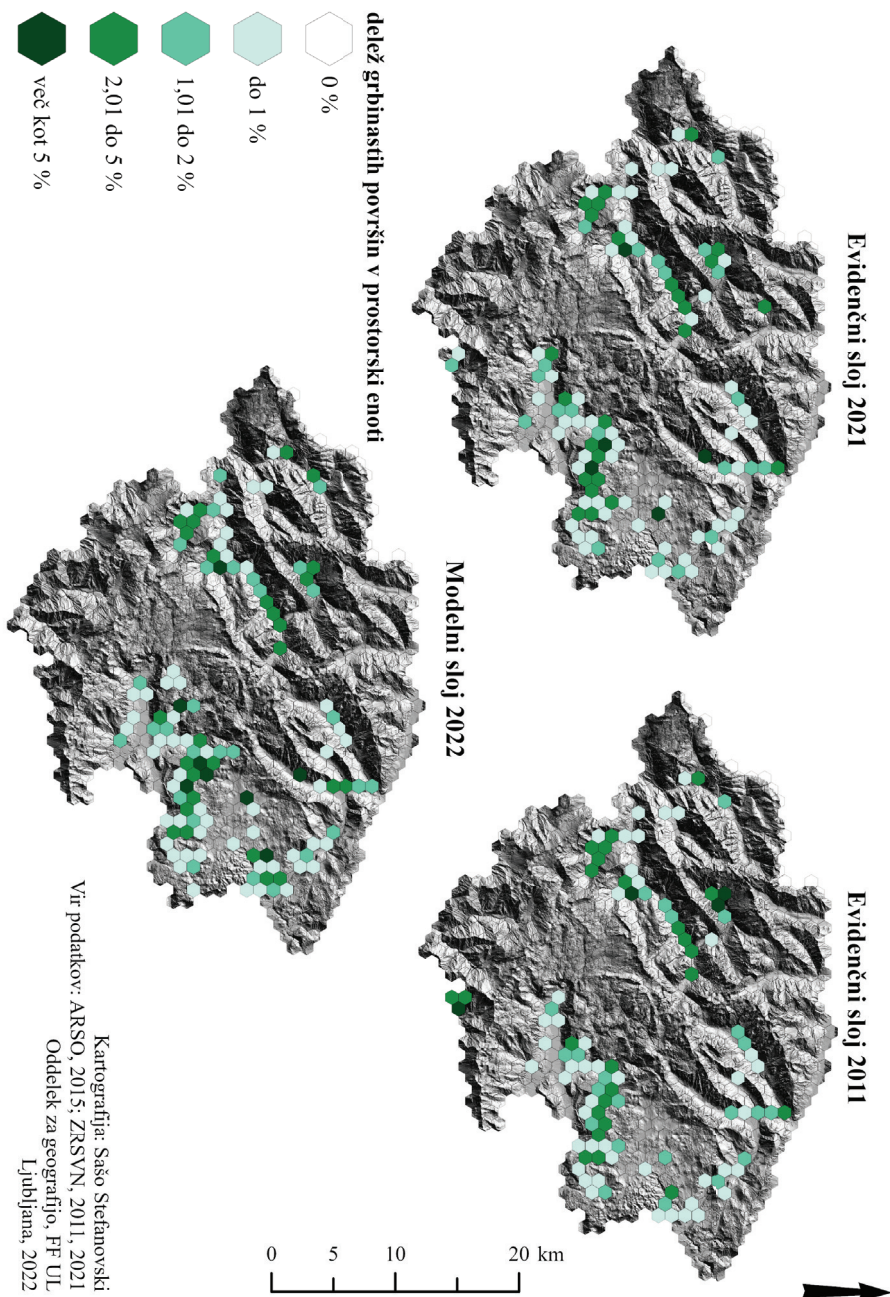


Razvidno je, da so bili pri vzpostavitvi prvotne evidence grbinastih travnikov (ZRSVN, 2011) odločilni naravovarstveni kriteriji, sama uporaba sloja pa je bila kasneje mnogo širša. Primarni kriterij za opredelitev grbinastih travnikov je oblikovanost površja, zato morajo biti vanjo vključena tudi ta območja. Rastiščni pogoji in raba grbinastih travnikov sta zgolj dva izmed mnogih kriterijev, na podlagi katerih bo v prihodnje treba grbinaste travnike natančneje opredeliti in tipizirati. Prvi terenski poskus tipizacije že nakazuje potrebo stroke po podrobnejši obravnavi (Usnik in sod., 2021).

Slika 11 prikazuje prostorsko razporeditev grbinastih travnikov vseh treh podatkovnih slojev. Opazno je predvsem, da so deleži zastopanosti znotraj šestkotnikov (površine 1 km²) najmanjši pri evidenčnem sloju iz leta 2011. Obenem ima ta sloj tudi najmanjše število šestkotnikov, ki vsebujejo grbinaste travnike. Evidenčni sloj 2021 ima zelo podobno razporeditev šestkotnikov kot sloj iz leta 2011, saj je ta podatkovni sloj uporabljen kot izhodišče za terensko delo. Modelni sloj 2022 prikazuje največje število šestkotnikov, saj je bila analiza opravljena brez začetnih predpostavk o natančnejši lokaciji grbinastih travnikov in bila sistematično in skrbno opravljena za celotno območje TNP. Opaziti gre predvsem velike razlike na območju Pokljuke, kjer smo vključili veliko število planin, ki so bile (zaradi paše) v preteklosti načrtno izključene.

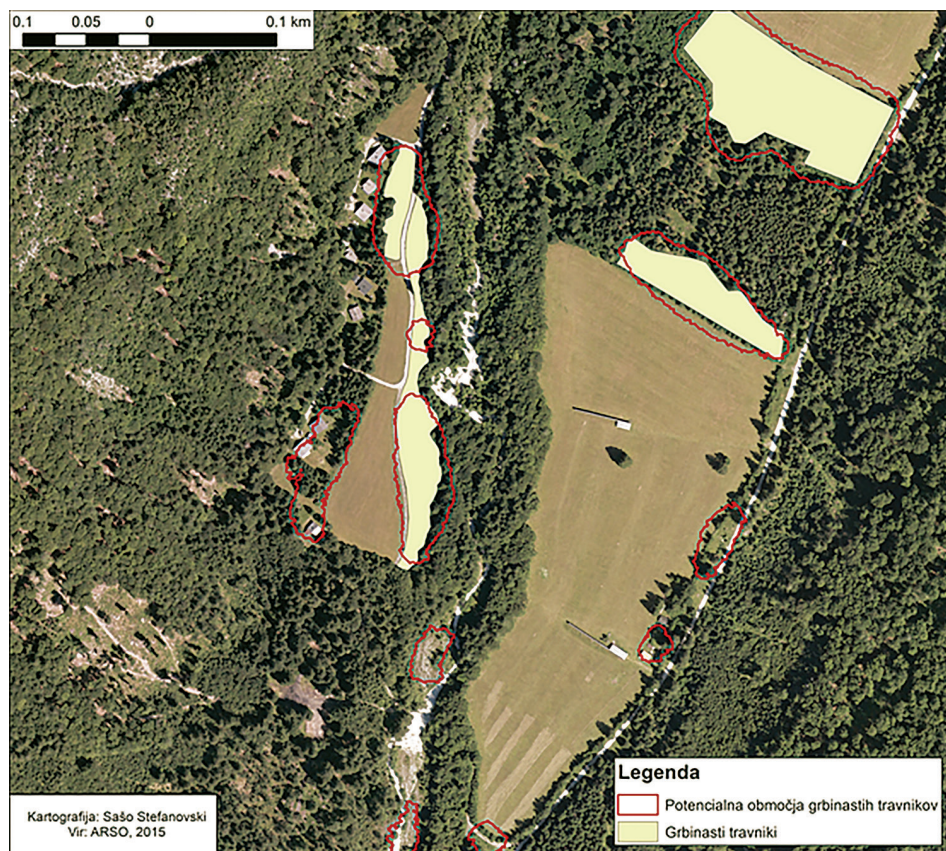
Širša prostorska razporeditev grbinastih travnikov kaže, da se pojavljajo na območjih ledeniških dolin in na Pokljuki. Gre za območja, kjer je prevladovala ledeniška

Slika 11: Prikaz površin grbinastih travnikov v evidenci 2011, terensko posodobljeni evidenci 2021 in modelnem sloju 2022.



agradacija gradiva. Inventar grbinastih travnikov nam hkrati lahko služi tudi kot izhodišče za njihovo morfo-genetsko interpretacijo.

Slika 12: Primerjava rezultata opredelitve grbinastih travnikov v fazi postopkovnega modela in končne zamejitve.



Predstavljen postopek smo dodatno ovrednotili na območju doline Krma, saj gre za edino območje z natančno morfografsko karto (Koblar, 2013). Izkazalo se je, da nam postopkovni model lahko služi kot pokazatelj območij, ki jih je naknadno treba še kvalitativno oceniti in pregledati. Model torej ni neposredno uporaben za detekcijo grbinastih travnikov brez naknadnega terenskega ali digitalnega pregleda s pomočjo vizualizacijskih tehnik površja, a vseeno bistveno skrajša postopek preveritve. Težavna so predvsem območja, ki so v zaraščanju, saj je hrapavost DMV-ja na teh območjih zelo sorodna hrapavosti grbinastih travnikov, zato jih lahko model zabeleži kot potencialna območja grbinastih travnikov. Hkrati so problematična tudi območja z velikim

deležem površja, ki je prekrito s kamnitimi bloki. Ker gre za glaciokraško površje, je takšnih območij veliko, vendar jih je enostavno razlikovati od grbinastih travnikov na podlagi DOF-ov in drugih vizualizacij. Ravno tako je detekcija otežena na območjih, kjer je šum podatkov očiten. Kljub vsemu lahko model opredelimo kot uporaben za tovrstni postopek identifikacije. Ker gre za obširno območje, je terenski pregled ali pregled s pomočjo vizualizacij površja predolgotrajen proces. Hkrati sami naravno-geografski dejavniki območja otežujejo terensko delo, saj gre za gorato območje, tla pa so lahko dobršen del leta pokrita s snežno odejo, kar onemogoča terensko identifikacijo. S postopkovnim modelom smo posledično prihranili čas zaradi pospešene identifikacije ter sredstva, ki bi jih sicer porabili za potrebe terenskega dela. Verifikacijo rezultatov modela lahko v zadostni meri opravimo s pomočjo DOF-ov.

5 SKLEP

Članek predstavlja polsamodejni postopek prepoznavanja grbinastih travnikov na podlagi DMV-ja in DOF-ov. V prvi fazi s postopkovnim modelom izdelamo sloj potencialnih območij grbinastih travnikov. Njihova identifikacija temelji na uporabi ITO, ki izhaja iz rastrskega podatka o višinah ločljivosti 1 x 1 meter, pridobljenega z lidarskim snemanjem (ARSO, 2015). Izhodni sloj je prvi pokazatelj, katera območja v morfometričnem kontekstu ustrezajo grbinastim travnikom. Ta območja nato opredelimo za (ne)grbinasta s pomočjo vizualizacij površja. Postopek identifikacije je nekoliko zamuden, saj ni povsem avtomatski, vendar je v časovnem smislu ustrežnejši od terenskega preverjanja in kartiranja, ki je na goratem območju še dodatno oteženo. Metodološko bi postopek lahko izboljšali in nadgradili z uporabo natančnejšega DMV-ja.

Uporabnost razvitega postopka smo preverili na celotnem območju TNP ter prepoznali 64,7 ha več grbinastih travnikov, kot jih vključuje terensko posodobljen evidenčni sloj iz leta 2021, oziroma 72,9 ha več, kot jih je bilo v evidenci 2011. Kot že v predhodnih raziskavah (Lampič, Kastelic, 2021) tudi mi ugotavljamo, da so lahko kvantitativni postopki za prepoznavanje in identificiranje elementov v prostoru primerni in učinkoviti, če razpolagamo s kvalitetnimi osnovnimi prostorskimi sloji in vsebinsko ustrezno naslovimo problem. Primernost vseh treh prostorskih slojev grbinastih travnikov za implementacijo ukrepov Programa razvoja podeželja smo preverili z zastopanostjo grafičnih enot rabe (GERK-ov) in ugotovili, da so površine na novo vzpostavljenega modelnega sloja grbinastih travnikov 2022 v 79 % že vključene v grafične enote rabe kmetijskih gospodarstev, torej v precej večjem obsegu kot evidenca iz leta 2011 (le 61,7 %) in evidenca iz leta 2021 (77,2 %).

Izdelan modelni sloj grbinastih travnikov ima širšo aplikativno vrednost, saj se lahko z njegovo pomočjo ustrežneje in podrobneje opredelijo območja, katerih lastniki so upravičeni do plačil za izvajanje prilagojenih kmetijskih praks na grbinastih travnikih. Ker je morfogeneza grbinastih travnikov še vedno manj poznana, lahko

na osnovi celovitejšega modelnega sloja raziskujemo razvoj in pojavnost grbinastih travnikov v različnih geomorfnih okoljih, saj na primer njihov nastanek na območjih fluvialne agradacije (npr. vršaj v dolini Krma) ostaja še povsem nepojasnen.

Literatura in viri

- ARSO [Agencija Republike Slovenije za okolje], 2015. Podatki LIDARskega snemanja. URL: http://gis.arso.gov.si/evode/profile.aspx?id=atlas_voda_Lidar@Arso (citirano 15. 6. 2019).
- Ambrožič, T., 2006. Grbinasti travniki v Zgornji Radovni. Diplomsko delo. Ljubljana: Biotehniška fakulteta.
- Bergant, J., Kastelic, P., Bertoncelj, I., Travnikar, T., Bedrač, M., Vrščaj, B., 2019. Analiza in priprava strokovnih izhodišč s predlogi varstvenih ukrepov za ohranjanje grbinastih travnikov v Triglavskem narodnem parku. Končno poročilo. Ljubljana: Kmetijski inštitut Slovenije.
- Bergant, J., Kastelic, P., Bertoncelj, I., 2020. Uporaba reliefnega koeficienta za zaznavanje potencialnih območij grbinastih travnikov na osnovi posnetkov laserskega skeniranja površja (LiDAR). V: Ciglič, R., Geršič, M., Perko, D., Zorn, M. (ur.). GIS v Sloveniji 15. Ljubljana: Založba ZRC.
- Bizjak, J., 1999. Pocarjeva domačija v dolini Radovne. Ljubljana: Ministrstvo za kulturo, Uprava RS za kulturno dediščino.
- Cvetek, J., 1971. Grbinasti travniki s posebnim ozirom na Bohinj. Geografski vestnik, 42, str. 67–78.
- Embleton-Hamann, C., 2004. Processes responsible for the development of a pit and mound microrelief. *Catena*, 57, 2, str. 175–185. DOI: 10.1016/j.catena.2003.10.017.
- Golobič M., Penko Seidl, N., Lestan, A. N., Pačnik, L., Libnik, N., Vrbajščak, M., Vrščaj, B., Kralj, T., 2015. Opredelitev krajinske pestrosti in krajinskih značilnosti, pomembnih za ohranjanje biotske raznovrstnosti. Končno poročilo, Ciljni raziskovalni program V4–143. Ljubljana.
- Kmetijsko-okoljska-podnebna plačila 2015–2020. 2015. Ljubljana: Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano.
- Koblar, S., 2013. Morfogeneza grbinastih travnikov. Diplomsko delo. Ljubljana: Filozofska fakulteta.
- Lampič, B., Kastelic, A., 2021. Prepoznavanje in evidentiranje mejic: preverjanje različnih metod na pilotnem območju Ljubljanskega barja. *Dela*, 56, str. 5–51. DOI: 10.4312/dela.56.5-51.
- Meng, X., Xiong, L., Yang, X., Yang, B., Tang, G., 2018. A terrain openness index for the extraction of karst Fenglin and Fengcong landform units from DEMs. *Journal of Mountain Science*, 15, 4, str. 752–764. DOI: 10.1007/s11629-017-4742-z.
- MKGP [Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano], 2019. Dejanska raba tal. URL: <https://rkg.gov.si/vstop/> (citirano 15. 12. 2022).

- MKGP [Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano], 2022a. Grafična enota rabe kmetijskega gospodarstva. URL: <https://rkg.gov.si/vstop/> (citirano 15. 12. 2022).
- MKGP [Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano], 2022b. Dejanska raba tal. URL: <https://rkg.gov.si/vstop/> (citirano 15. 12. 2022).
- Odar, Š., 1993. Okoljevarstvena problematika izravnavanja grbinastih travnikov v Bohinju. Diplomsko delo. Ljubljana: Filozofska fakulteta.
- Operacija: Grbinasti travniki: Podukrep 10.1 – Plačilo kmetijsko-okoljskih-podnebnih obveznosti, 2018. Program razvoja podeželja. URL: <https://www.program-podezelja.si/sl/ukrepi-in-podukrepi-prp-2014-2020/m10-kmetijsko-okoljska-podnebna-placila/podukrep-10-1-placilo-kmetijsko-okoljskih-podnebnih-obveznosti/grbinasti-travniki> (citirano 9. 6. 2019).
- Piskernik, A., 1960/61. Grbinasti travniki. *Proteus*, 7, str. 187–188.
- Prezelj, K., 2012. Vegetacija in vlažnostne razmere na grbinastih travnikih v Zgornji Radovni in Krmi. Diplomsko delo. Ljubljana: Biotehniška fakulteta.
- Strateški načrt skupne kmetijske politike 2023–2027 za Slovenijo. Skupna kmetijska politika 2023–2027. URL: <https://www.gov.si/zbirke/projekti-in-programi/skupna-kmetijska-politika-po-letu-2020/> (citirano 2. 11. 2022).
- TNP [Triglavski narodni park]. O parku. URL: <https://www.tnp.si/sl/spoznajte/podatki-o-parku-2/> (citirano 5. 12. 2022).
- Usnik, S., Erjavec D., Žvikart, M., Dobravec, M., 2021. Kartiranje grbinastih travnikov v Sloveniji. Končno poročilo. Ljubljana: Zavod Republike Slovenije za varstvo narave.
- Yokohama, R., Shirasawa, M., Pike, R. J., 2002. Visualizing Topography by openness: A new application of image processing to digital elevation models. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 68, 3, str. 257–265.
- ZRSVN [Zavod Republike Slovenije za varstvo narave], 2011. Evidenčni sloj grbinastih travnikov.
- ZRSVN [Zavod Republike Slovenije za varstvo narave], 2021. Evidenčni sloj grbinastih travnikov.
- Zwitter, Ž., 2021. Ljudsko poimenovanje grbinastih travnikov (osebni vir, 15. 10. 2021). Ljubljana.

QUANTITATIVE METHOD FOR THE IDENTIFICATION OF HUMMOCKY MEADOWS IN THE TRIGLAV NATIONAL PARK

Summary

This paper presents a semi-automatic method for identifying hummocky meadows based on digital elevation model (DEM) and digital orthophoto quadrangle (DOQ) images. In the first phase, a geoprocessing model is used to generate a layer of potential areas with hummocky meadows. Their identification is based on the use of the topographic openness index (TOI) derived from grid elevation data with a resolution of 1x1 m obtained from LiDAR imagery (ARSO, 2015). The output layer is an initial indication of which areas correspond to hummocky meadows in a morphometric context. These areas are then identified as (non)hummocky based on surface visualisations derived from the DEM. The identification process is somewhat time consuming because it is not fully automated, but it is more time efficient than field verification and mapping, which is even more difficult in mountainous areas. Methodologically, the procedure could be improved and extended by using a more accurate DEM.

The usefulness of the developed procedure was also verified in reality in the area of the Triglav National Park (TNP), identifying 64.7 ha more hilly meadows than in the 2021 field-updated inventory or 72.9 ha more than in the 2011 inventory. As in previous studies (Lampič, Kastelic, 2021), we conclude that quantitative methods for identifying spatial features can be appropriate and effective if we have high-quality baseline spatial layers and address the problem appropriately. The suitability of all three spatial layers of hummocky meadows for the implementation of Rural Development Programme (RDP) measures was verified by overlaying the graphic unit of the agriculture holdings (*grafična enota kmetijskega gospodarstva – GERK*), and it was found that 79% of the areas in the newly created model layer of hummocky meadows 2022 are already included in the GERK which is significantly more than the 2011 inventory (only 61.7%) and the 2021 inventory (77.2%).

The developed data layer of hummocky meadows has a broader application value, as it can be used to identify in a more relevant and detailed way the areas whose owners are eligible for payments for the implementation of adapted management practises on hummocky meadows. Since the morphogenesis of hummocky meadows is still less well understood, the developed data layer can be used to study the evolution and occurrence of hummocky meadows in different geomorphological environments, since, for example, their origin in areas of fluvial aggradation (e.g., alluvial fan in Krma valley) is still completely unclear.