

METODE**PRIMERJAVA REZULTATOV RAČUNALNIŠKEGA
PREPOZNAVANJA RELIEFNIH OBLIK Z REZULTATI
GEOMORFOLOŠKEGA KARTIRANJA**

AVTORJA

Petra Gostinčar

Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti, Inštitut za raziskovanje krasa,
Titov trg 2, SI – 6230 Postojna, Slovenija
petra.gostincar@zrc-sazu.si

Rok Ciglič

Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti, Geografski inštitut Antona Melika,
Novi trg 2, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija
rok.ciglič@zrc-sazu.si

UDK: 91:551.4.01(497.434)

COBISS: 1.01

IZVLEČEK

Primerjava rezultatov računalniškega prepoznavanja reliefnih oblik z rezultati geomorfološkega kartiranja
V prispevku smo primerjali rezultate geomorfološkega kartiranja z rezultati določanja reliefnih oblik z geoinformacijskimi orodji. Na terenu smo reliefne oblike določali z geomorfološkim kartiranjem, pri kabinetni analizi pa smo uporabili dve geoinformacijski orodji, in sicer metodo primerjave glajenega digitalnega modela višin z izvirnim digitalnim modelom višin ter metodo odkrivanja značilnih točk površja. Analizo smo izvedli na 3,16 km² velikem območju znotraj Koprivniškega podolja (jugovzhodna Slovenija). Uporabili smo 12,5 metrski digitalni model višin.

Primerjava metod je pokazala, da z metodo primerjave glajenega z izvirnim digitalnim modelom višin potrdimo 65,5–100 % različnih vbočenih reliefnih oblik, ugotovljenih s terenskim delom, z metodo odkrivanja značilnih točk površja pa 26,4–100 %. Obratno pa je bilo s terenskim delom potrjenih 74 % z metodo primerjave glajenega z izvirnim digitalnim modelom višin zabeleženih vbočenih območij ter 65,2–69,5 % jarkov in kotanj, določenih z metodo odkrivanja značilnih točk površja.

KLJUČNE BESEDE

geografija, geomorfologija, geomorfološko kartiranje, geografski informacijski sistemi, digitalni model višin, klasifikacija reliefnih oblik

ABSTRACT

Comparison of results of computer-based landform recognition with results of geomorphological mapping
In this study the results of field-based geomorphological mapping and results obtained with the use of geoinformatic tools were compared. In the field, the relief forms were determined with the use of geomorphological mapping, whereas two geoinformation tools were used in computer analysis: the method of comparison of smoothed digital elevation model with the original and the method of Surface Specific Points. The analysis was conducted on a 3.16 km² large study area at Koprivniško podolje (SE Slovenia). In the research a digital elevation model with a resolution 12.5 m was used.

Comparison of results of the methods revealed that 65.5–100 % different concave relief forms, determined with the use of geomorphological mapping were confirmed with the use of comparison of smoothed with original digital elevation model. Surface Specific Points method confirmed 26.4–100 % concave relief forms. Vice versa, with the use of geomorphological mapping, 74 % of concave relief forms, determined with the use of comparison of smoothed with original elevation model, and 65.2–69.5 % of gullies and depressions, determined with the Surface Specific Points method, were confirmed.

KEY WORDS

geography, geomorphology, geomorphological mapping, geographic information systems, digital elevation model, landform classification

Uredništvo je prispevek prejelo 9. junija 2011.

1 Uvod

Pri preučevanju pokrajine se ponavadi ne moremo izogniti terenskemu delu, ki pa ga lahko dopolnimo z uporabo geografskih informacijskih sistemov (GIS-ov; Perko in Zorn 2010). Z digitalnim modelom višin (DMV), ki je digitalna zbirka podatkov o nadmorskih višinah za posamezno celico, lahko v ustrezem programskem orodju prikažemo navidezno sliko površja (Perko 2007). Hrvatin in Perko (2005, 21–22) sta ugotovila, da je pri prikazih DMV z velikostjo celic 100 krat 100 m (DMV 100) mogoče razlikovati mezoreliefne in osnovne reliefne oblike po Tricartovi klasifikaciji (1965), med katere spadajo na primer gorski hrbti, doline, kotline in podobno. Manjše reliefne oblike (na primer pobočni erozijski jarki, rečne terase, večji morenski nasipi, vrtače) in antropogene oblike (na primer obrečni nasipi, kamnolomi, obdelovalne terase) pa se jasneje kažejo pri prikazih natančnejših DMV-jev. GIS-i nam torej omogočajo, da iz navideznega reliefa razberemo nekatere reliefne oblike; kako natančne, pa je odvisno od natančnosti vhodnih podatkov.

V prispevku predstavljamo ali lahko podobne rezultate, ki smo jih zabeležili s terenskim kartiranjem vbočenih reliefnih oblik, določimo tudi z obdelavo DMV-ja z izbranimi geoinformacijskimi orodji. Prav tako smo preverili, katere vbočene reliefne oblike, ki smo jih razbrali iz obdelave DMV-ja, smo potrdili na terenu. Za analizo smo izbrali območje okoli naselja Koprivnik; območje smo izbrali zaradi prisotnosti dveh geomorfni sistemov, ki sta v Sloveniji najbolj pogosta – kraškega in rečnega. Kabinetni del (analizo z GIS-i) smo opravili z dvema metodama na 12,5 metrskem DMV-ju (DMV 12,5).

Preučevano območje se nahaja v južnem delu Koprivniškega podolja med Kočevskim Rogom in Kočevsko Malo goro. Osrednji del območja, ki je na nadmorski višini 610–620 m, predstavlja kraška kotanja, v kateri je edino naselje Koprivnik. Kotanja se razteza v približni smeri severozahod–jugovzhod in je dolga približno 1550 m ter široka do 700 m. Območje kotanje so v literaturi različno razlagali; Habič in sodelavci (1990) so jo označili kot uvalo, Lehmann (1933), Novak (1968) in Gostinčar (2009) pa kot kraško polje. Površina dna kotanje je 0,88 km². Celotno preučevano območje pa meri 3,16 km² in obsega tudi obod kotanje, ki sega do okoli 700 m na zahodni in okoli 800 m na vzhodni strani.

Območje Koprivnika sestavljajo večinoma jurski spodnjemalmski apnenci in dolomiti (Bukovac s sodelavci 1984), preko katerih ponekod potekajo prelomne cone (Gostinčar 2009). Dno kotanje predstavljajo v obliki vršajev nanasene debelejšje plasti rdečih boksitnih glin (Dozet 2008), ki so pomešane z dolomitnim gruščem. Na preučevanem območju je zaradi pretrtih karbonatnih kamnin ob prelomnih conah prisoten tako kraški kot rečni geomorfni sistem. Pobočja Koprivnika so razčlenjena z vrtačami ter dolci in erozijskimi jarki. Na več mestih so se na dnu kraškega polja izoblikovane manjše ponikve, v katerih ponikajo površinski vodotoki, če se ti že prej ne izgubijo v lastni naplavinini (Gostinčar 2009).

2 Metodologija

V raziskavi smo uporabili dva tipa metod. Na terenu smo pri iskanju reliefnih oblik uporabili metodo geomorfološkega kartiranja, z računalnikom pa smo nato uporabili dve metodi prepoznavanja reliefnih oblik.

2.1 Geomorfološko kartiranje

Geomorfološka karta je v širšem pomenu besede tematski zemljevid, ki prikazuje razmestitev reliefnih oblik v pokrajini in njihove značilnosti (Natek 1983) ter predstavlja najboljši način predstavitve reliefnih oblik in procesov na Zemljinem površju. Vsebovala naj bi opis in prikaz poglavitnih reliefnih potez (morfometrijo in morfografijo), podatke o vodah, kamninah, strukturi, starosti ter genezi oziroma procesih (Gustavsson s sodelavci 2006). Področje, geomorfologije, ki obravnava izoblikovanost površja s kvantitativnega vidika, se imenuje geomorfometrija (MacMillan in Shary 2009).

Kljub temu, da so geomorfološke karte oziroma deli geomorfoloških kart uporabni pri izdelavi zemljevidov ogroženosti, pri prostorskem načrtovanju njihova izdelava in uporaba nista pogosti (Gustavsson s sodelavci 2006). Geomorfološko kartiranje je lahko časovno zahtevno zaradi težje prehodnosti (na primer gostega rastja), vse pogosteje pa je problem zasebno lastništvo, ki onemogoča ogled.

Na testnem območju smo izvedli podrobno geomorfološko kartiranje v merilu 1 : 5000, na podlagi katerega je bil izdelan zemljevid geomorfografskih značilnosti območja (slika 3).

Pri geomorfološkem kartiranju so bile zajete tako rečne kot kraške reliefne oblike, in sicer večinoma vbočene reliefne oblike, ki so bodisi linijske (erozijski jarek, dolec) ali koncentrične (vrtača, plitva kotanja, kal). Kartirani so bili tudi vršaji ter pregibi na površju (blag pregib, oster pregib), izviri, ponikve in vodotoki.

2.2 Geografski informacijski sistemi

Prepoznavanje reliefnih oblik na podlagi DMV-ja je mogoče že s samim prikazom višin ali pa s senčenjem reliefa. V tem prispevku smo uporabili dve metodi, s katerima lahko reliefne oblike določamo objektivno po določenih pravilih. Z računalniškim programom *Idrisi Taiga* smo določili dve kategoriji reliefnih oblik: vbočeni in izbočeni deli površja, s programom *SAGA* (različica 2.0.3) pa smo z modulom za odkrivanje značilnih točk površja (ang. *Surface Specific Points*) določili več kategorij reliefnih oblik. Pri tem smo bili pozorni predvsem na vbočene reliefne oblike, ki so bile tudi glavni predmet preučevanja geomorfološkega kartiranja.

Prepoznavanje oblik na površju je sicer pogost rezultat uporabe GIS-ov. Krevs (1992) je GIS-e uporabil za iskanje krajevnih reliefnih minimumov in maksimumov, Perko (1991) pa za določanje morfoloških enot. Uporabnost je zelo raznolika, saj se GIS-i uporabljajo na primer pri odkrivanju arheoloških najdišč (Kokalj s sodelavci 2008), vršajev (Podobnikar in Székely 2008), vrtač (Podobnikar 2008; Breg Valjavec 2010) oziroma kraških kotanj nasploh (Obu 2011).

2.2.1 Primerjava glajenega in izvirnega digitalnega modela višin

Vbočene in izbočene dele površja lahko določimo s primerjavo izvirnega in glajenega DMV-ja. Izvirni DMV najprej zgladimo z izbranim filtrom, ki osrednji celici v matriki pripiše povprečno vrednost matrike poljubne velikosti. Nato od zglajenega DMV-ja odštejemo izvirnega in tako dobimo vbočena (pozitivne vrednosti) ter izbočena območja (negativne vrednosti). Metoda je že bila uporabljena za iskanje izbočenih delov reliefa (Podobnikar in Šprajc 2007).

Uporabili smo filter povprečenja z matriko 3 krat 3 celice ter osrednji celici pripisali povprečno vrednost, izračunano iz vrednosti vseh celic v matriki. S takšnim filtrom lahko zabeležimo najmanjše možne

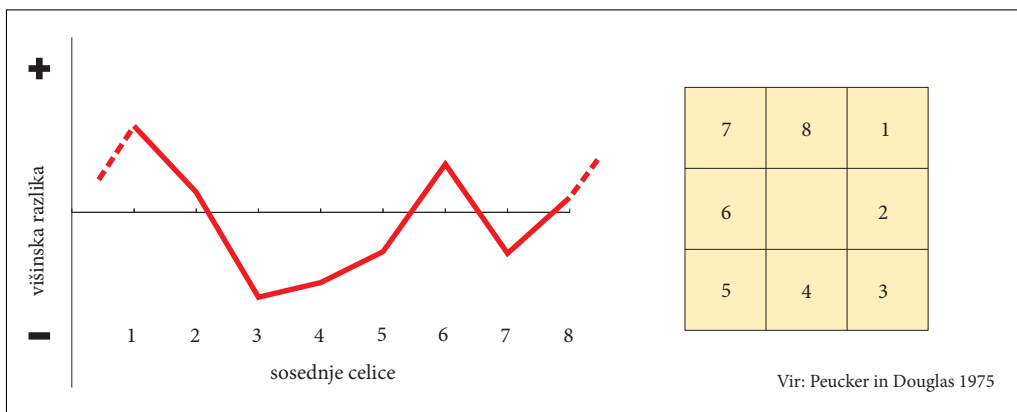
reliefne oblike (Kreves 1992). Ob morebitni uporabi večjih matrik, bi se manjše reliefne oblike »izgubile« znotraj večjih.

2.2.2 Postopek odkrivanja značilnih točk površja

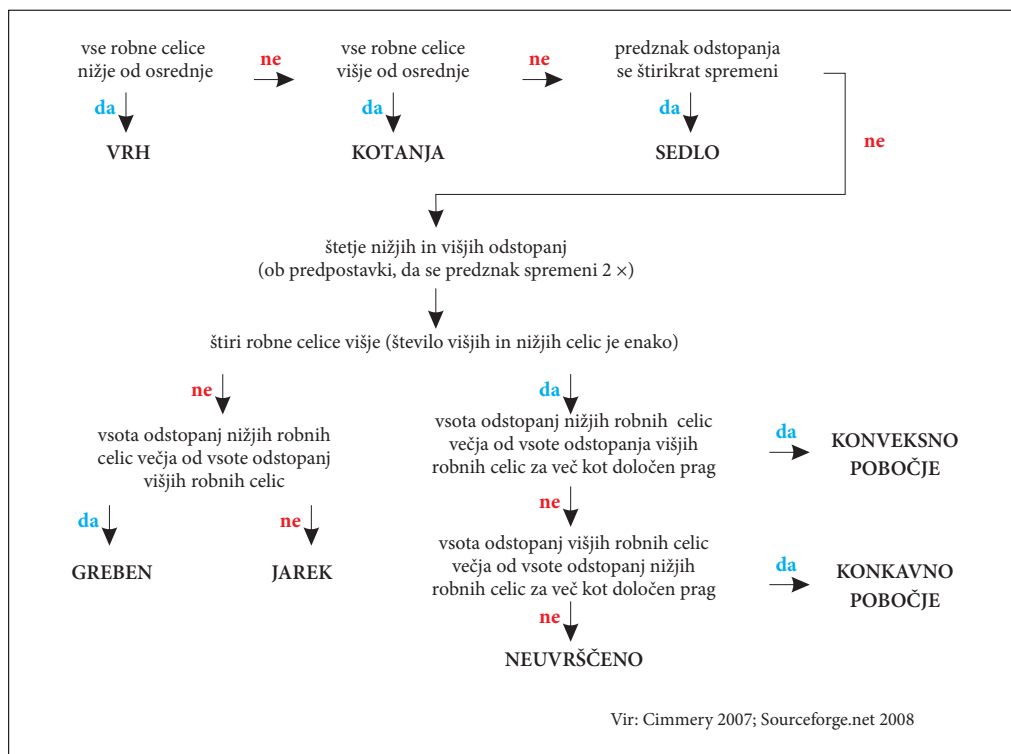
Za odkrivanje reliefnih oblik s programom SAGA je na voljo več orodij. Uporabili smo orodje z metodo odkrivanja značilnih točk površja, ki jo nekateri po avtorjih imenujejo tudi metoda *Peucker&Douglas*. Metoda temelji na primerjavi osrednje celice v matriki z ostalimi (robnimi) osmimi celicami in ima, v nasprotju od ostalih orodij v programu SAGA, širši opis delovanja (Peucker in Douglas 1975). Prvotna metoda je v samem programu nekoliko prirejena (Cimmery 2007; Sourceforge.net 2008). Metoda analizira višino in število menjav med višjimi in nižjimi celicami (Peucker in Douglas 1975, 376; Cimmery 2007, 308–309) in omogoča prepoznavanje naslednjih reliefnih oblik: *vrh*, *greben*, *izbočeno pobočje*, *sedlo*, *vbočeno pobočje*, *jarek* in *kotanja*, ima pa tudi kategorijo *neuvrščeno*, kamor uvrsti dele površja, ki jim ni mogla določiti katere izmed naštetih reliefnih oblik.

Program deluje s pomočjo matrike celic v velikosti 3 krat 3. Za vsako robno celico znotraj matrike izračuna razliko višine od osrednje celice. Za vsako osrednjo celico dobimo nabor pozitivnih in (ali) negativnih odstopanj od robnih celic (slika 1). Število višjih in število nižjih robnih celic, število prehodov med nižjimi in višjimi robnimi celicami ter vsota odstopanj v višini vseh (višjih in nižjih) robnih celic so nato podlaga za uvrstitev osrednje celice v posamezno kategorijo (Peucker in Douglas 1975, 376).

Če so vse robne celice nižje od osrednje, je osrednja celica označena kot *vrh* (ang. *peak*), če pa so vse robne celice višje, je celica označena kot *kotanja* (ang. *pit*). Če se višja in nižja robna celica štirikrat izmenjata (slika 1), je osrednja celica uvrščena v kategorijo *sedlo* (ang. *saddle*). Če sta med nižjimi in višjimi vrednostmi le dva prehoda, se ob enakem številu višjih in nižjih robnih celic osrednja celica uvrsti v kategorijo *pobočje*. Nadaljnja razdelitev kategorije *pobočje* je odvisna od razlike med vsoto odstopanj nižjih robnih celic in vsoto odstopanj višjih robnih celic. Če je vsota odstopanj nižjih celic večja od vsote odstopanj višjih celic in hkrati presega določeno vrednost (v našem primeru smo imeli določeno vrednost 3,2 m), je celica označena kot *izbočeno pobočje* (ang. *convex slope*). Če pa je vsota odstopanj višjih robnih celic večja od vsote odstopanj nižjih robnih celic ter presega izbrano vrednost, gre za *vbočeno pobočje* (ang. *concave slope*). Če razlika ne presega praga oziroma je enaka njegovi vrednosti, ostane neuvrščena. V kolikor število višjih in nižjih robnih celic ni izenačeno in je vsota odstopanj nižjih robnih celic večja kot vsota odstopanj višjih robnih celic, je osrednja celica uvrščena v kategorijo *greben* (ang. *ridge*); ko drugi pogoj ni izpolnjen, je celica kategorizirana kot *jarek* (ang. *channel*) (Peucker in Douglas 1975, 377; Cimmery 2007, 308–309; Sourceforge.net 2008). Celoten opisani postopek je prikazan na sliki 2.



Slika 1: Uvrščanje osrednje celice s pomočjo robnih celic – primer sedla.



Slika 2: Postopek uvrščanja celice po metodi odkrivanja značilnih točk površja.

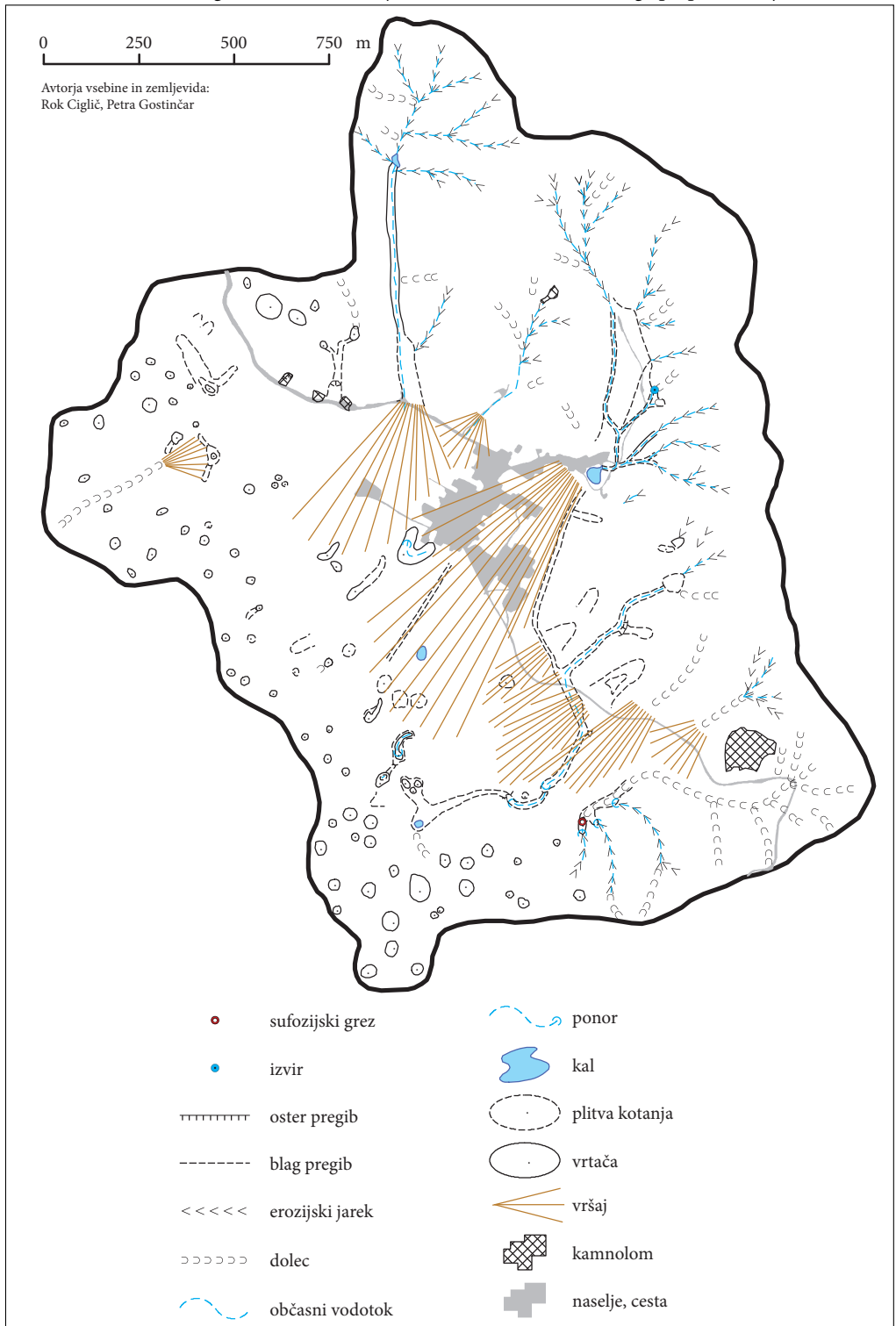
3 Rezultati terenskega dela

Na severnem in vzhodnem delu preučevanega območja potekajo rečni ter tako imenovani fluvio-kraški geomorfni procesi. Na severu se pojavlja večji erozijski jarek, v katerega se steka več krajših erozijskih jarkov in trije dolci. Voda je na prehodu iz erozijskega jarka v dno kotanje nasula vršaj. Morfološko podobna, vendar manjša reliefna oblika, se pojavlja vzhodneje. Druga večja skupina erozijskih jarkov in dolcev se pojavlja neposredno nad naseljem Koprivnik, kjer se vode iz erozijskih jarkov in dveh dolcev v spodnjem delu združijo in deloma napajajo kal na vzhodnem obrobju vasi. Osrednji in južni del tega vodozbirnega območja predstavljajo tudi nanosi sedimentov, ki imajo v spodnjem delu obliko vršaja, ob katerem je izoblikovana suha struga. Na jugovzhodnem delu kraškega polja si proti jugu sledijo erozijski jarki in dolci. Na koncu enega erozijskega jarka se nahaja struga, ki poteka do ponikev na južni strani polja. Južneje se pojavljata dve dolcu podobni obliki, pod katerima so nasuti vršaji. Na jugovzhodu se pojavlja dendritična mreža sedmih dolcev, ki se končuje na skrajnem jugu Koprivnika na ponornem območju treh erozijskih jarkov, ki potekajo v smeri jug-sever.

Zahodno pobočje je manj razčlenjeno – tu najdemo večinoma le z vrtače blagimi pobočji; na severozahodnem delu pobočja je izoblikovan dolec.

Dno polja je nasuto s sedimenti v obliki vršajev. Reliefne oblike v dnu so težje prepoznavne, saj gre za območje, kjer prihaja do součinkovanja akumulacijskih in erozijsko-denudacijskih procesov. Dno kraškega

Slika 3: Geomorfografske značilnosti preučevanega območja. ► str. 72



polja (tako uravnani deli kot tudi območja vršajev) je večinoma razčlenjeno le s plitvimi kotanjami. Globlje kotanje (ponikve in vrtače) se pojavljajo na zahodnem robu, do nekaterih pa vodijo tudi morfološko manj izrazite struge občasnih vodotokov (Gostinčar 2009).

Del preučevanega površja predstavljajo tudi antropogeni elementi – ceste, kamnolom in območje naselja.

4 Rezultati analize z geografskimi informacijskimi sistemi

V sledečih podpoglavjih so navedeni rezultati analiz z geografskimi informacijskimi sistemi, in sicer tako, da je najprej prikazana primerjava zglajenega in izvirnega DMV-ja ter nato rezultat analize po metodi odkrivanja značilnih točk površja.

4.1 Primerjava glajenega in izvirnega DMV

S primerjavo glajenega in izvirnega DMV-ja (slika 4) smo dobili prikaz, kje so od krajevne povprečne višine višja območja in kje nižja. Z metodo lahko grobo določimo vbočene reliefne oblike (kamor spadajo na primer doline, dolci, vrtače) in izbočene reliefne oblike (na primer grebeni in vrhovi). Pri izdelavi smo uporabili glajenje s filtrom, ki je zajel območje veliko 3 krat 3 celice.

Na obravnavanem območju je izražen osrednji, sicer rahlo razgiban, uravnan del ter močno razčlenjeno vzhodno in severno pobočje, ter vrtačast svet na severozahodu in jugu. Bolj homogeno območje na zahodu je označeno z manj izrazitimi barvami, kar pomeni, da ni tako močno reliefno razgibano kot na primer vzhodno.

4.2 Prepoznavanje reliefnih oblik z metodo odkrivanja značilnih točk površja

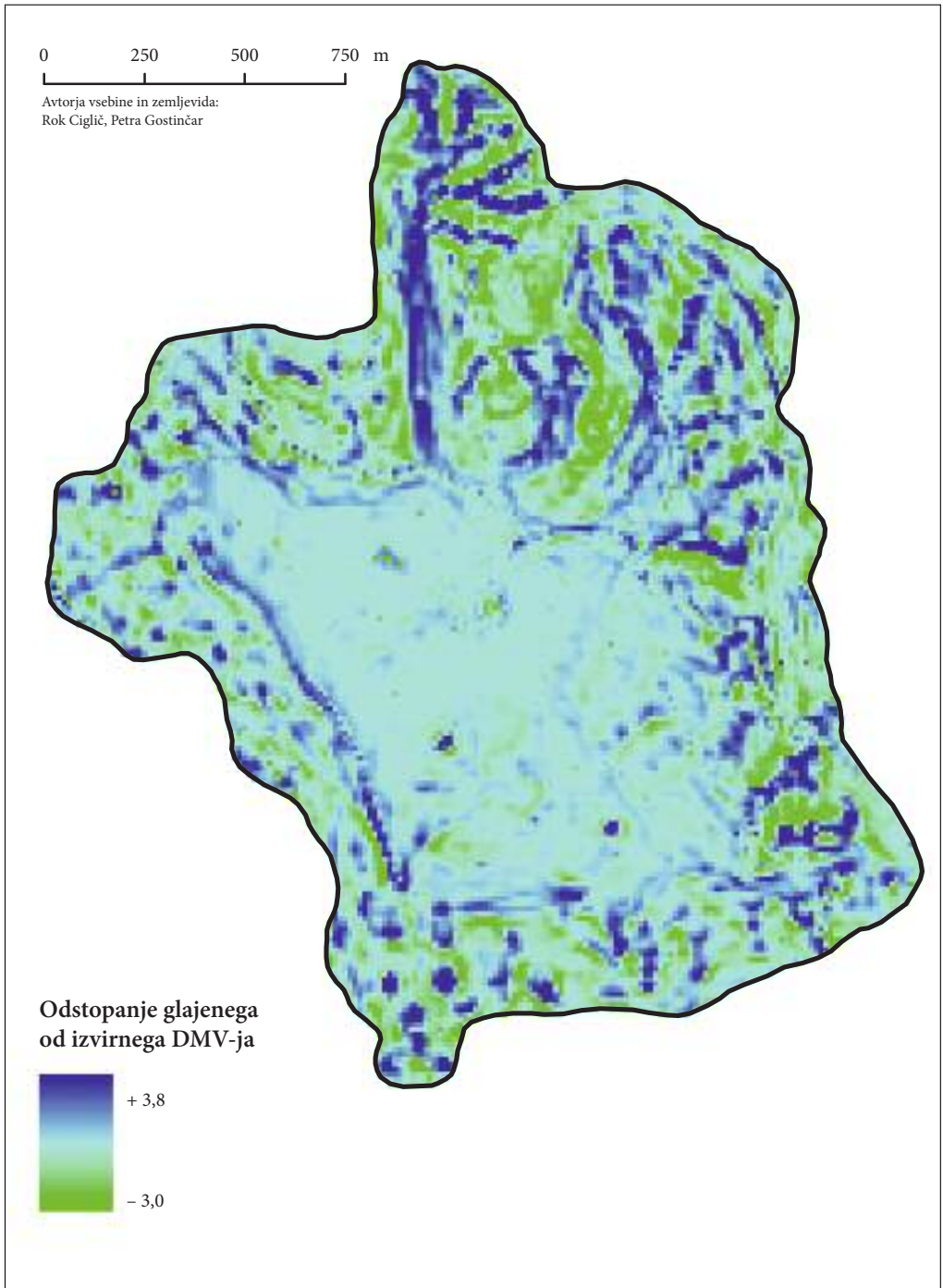
Po metodi programa SAGA (poglavje 2.2.2) smo z DMV 12,5 določili več različnih reliefnih oblik. Zaradi povprečne natančnosti nadmorske višine DMV-ja, ki je 3,2 m (Digitalni model... 2009), smo prag, pri katerem ločimo izbočena in vbočena območja, postavili prav na 3,2 m. Poleg tega pri uporabi DMV 12,5 ne moremo videti podrobnosti, ki so manjše od 12,5 m, kolikor znaša stranica celice, kot tudi ne oblik do velikost 17,7 m, kolikor znaša diagonala celice. Na ta problem je pri uporabi DMV 100 opozoril že Perko (2001, 18).

S predstavljen metodo smo se osredotočili na iskanje vbočenih delov površja (jarkov, konkavnih pobočij, kotanj). Pri rezultatih metode (slika 5, preglednica 1) vidimo, da je na posameznih delih jasno nakazan potek večjih reliefnih oblik (na primer večji erozijski jarek na homogenem pobočju), na nekaterih reliefno bolj razgibanih območjih pa se tipi menjavajo na kratke razdalje in so ponekod omejeni na eno celico (na primer vrtače na zakraselem območju).

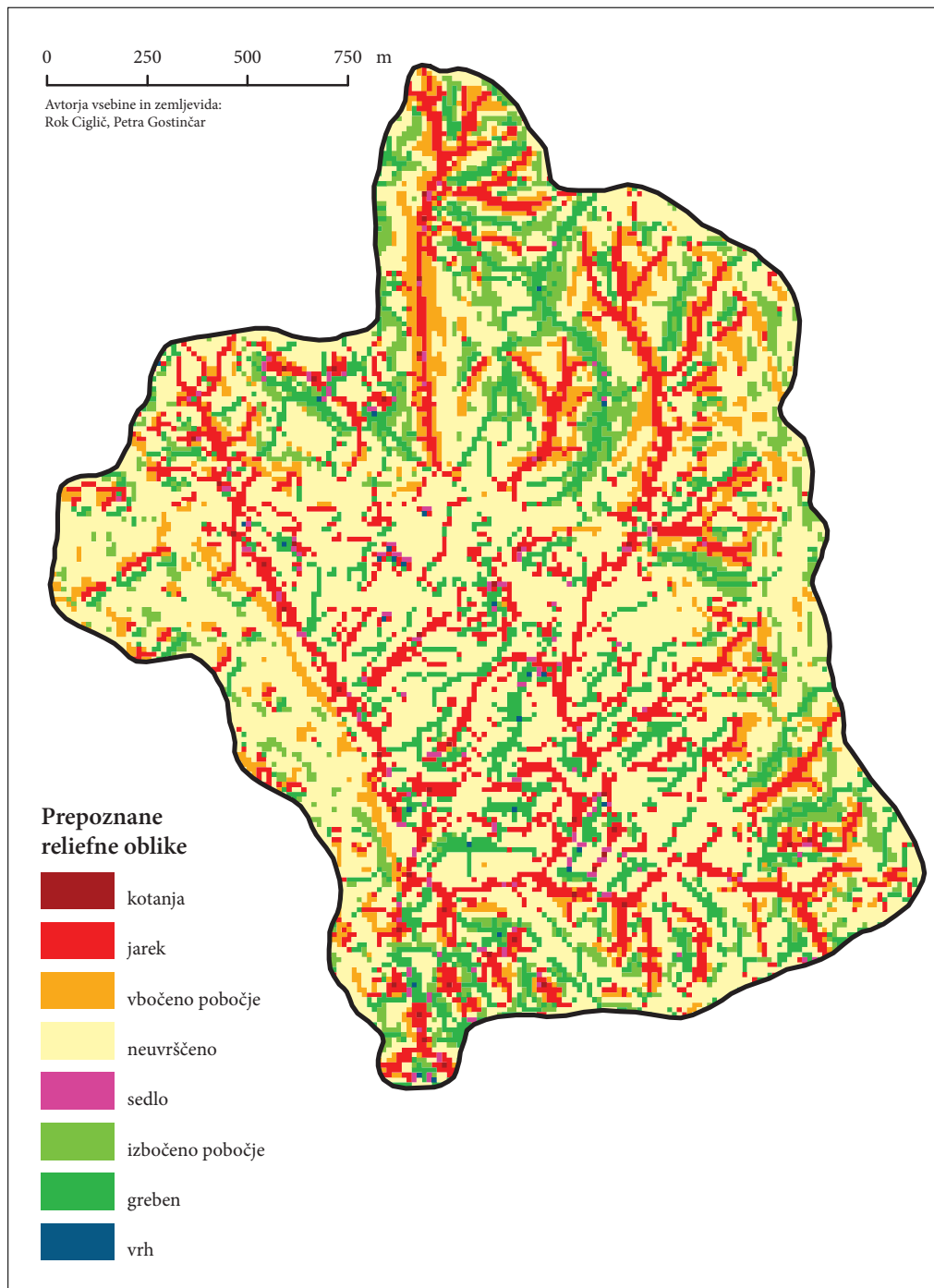
Celice, ki so označene kot **jarek**, dajejo dober vtis o lokaciji jarkov, saj se več celic združuje v linijske oblike, ki so dolge od nekaj deset pa tudi po več sto metrov.

Celice, ki so označene kot **vbočeno pobočje**, so ponekod neposredno ob jarkih, kar daje dober vtis o lokaciji večjih dolin. Na zahodu nakazujejo tudi na rob kraške kotanje. Vbočena pobočja na splošno zaustavljajo vodne tokove (Hrvat in Perko 2002, 66) oziroma jih upočasnijo. Vbočeno je ponavadi vznožje pobočij, prevladujoč geomorfni proces tam pa je akumulacija (Selby 1985: po Hrvat in Perko 2002).

Grebeni se, tako kot jarki, povezujejo v linijske skupine celic, ob njih so pogosto na vsaki strani tudi celice **izbočenega pobočja** – še posebej opazno na severnem delu območja, kjer se menjavajo doline in grebeni v smeri sever–jug. Kategorija greben nakazuje na potek slemen. Tam, kjer so izbočena pobočja, gre za višjo konveksno navpično ukrivljenost; vodni tokovi so pospešeni, pospešeno pa je tudi odnašanje gradiva (Hrvat in Perko 2002, 66). Izbočena pobočja najpogosteje nastajajo zaradi preperinskega polzenja, dežne erozije in površinskega spiranja (Selby 1985: po Hrvat in Perko 2002, 70).



Slika 4: Primerjava zglajenega in izvirnega DMV 12,5 (matrika 3 krat 3).



Slika 5: Reliefne oblike, določene po metodi odkrivanja značilnih točk površja z DMV 12,5.

Kategoriji **vrh in kotanja**, kamor spadajo tudi vrtače in udornice, sta zaradi načina določanja (po pravilu, da so vse robne celice nižje oziroma višje od osrednje) omejeni le na posamezne osamljene celice – krajevno najvišje ali najnižje dele. **Sedla** so najdena le v redkih primerih na posameznih lokacijah z eno ali nekaj celicami.

Veliko je celic, ki so uvrščena v skupino **neuvrščeno**. Opazno je, da metoda ne omogoča ločevanja ravnin od preostalih oblik. Na zahodu nam na pobočju celice vbočenega pobočja nakazujejo potek plastnic, kar je verjetno posledica DMV-ja, ki je bolj stopničast, poleg tega pa na istem območju poteka makadamska cesta, ki je ponekod izrazito vsekana v pobočje.

Poleg kotanji so ponekod tudi druge vbočene oblike v reliefu prikazane nezvezno. Ponekod so le posamezne celice ali pa nekaj celic skupaj označenih kot konveksno pobočje ali pa jarek. Opazna je razlika med dnem in pobočjem kraškega polja. Na pobočju so jarki bolj izraziti in celice bolj povezane. Na dnu so nekoliko manj povezane, a ponekod še vedno nakazujejo na območje plitvega jarka.

Preglednica 1: Delež kategorij reliefnih oblik po metodi odkrivanja značilnih točk površja z DMV 12,5.

kategorija	površina (%)
kotanja	0,2
jarek	16,3
vbočeno pobočje	9,5
neuvrščeno	51,0
sedlo	0,8
izbočeno pobočje	8,7
greben	13,3
vrh	0,1
skupaj	100

5 Primerjava rezultatov geomorfološkega kartiranja in rezultatov analize z GIS-i

Rezultate terenskega in kabinetnega dela smo primerjali s prekrivanjem zemljevidov (sliki 6 in 7). Najprej smo prešteli vse zabeležene vbočene reliefne oblike na terenu ter ugotavljali, koliko je bilo prepoznanih z geoinformacijskimi orodji (preglednici 2 in 3). Nato smo preverili, koliko vbočenih reliefnih oblik, ki jih razberemo geoinformacijskimi orodji, je bilo potrjenih s terenskim delom (preglednici 4 in 5).

Relativno dobro ujemanje z geomorfološko karto je vidno ob primerjavi z rezultati obeh računalniških metod.

Primerjava glajenega in izvirnega DMV-ja omogoča ločevanje le dveh kategorij – vbočenih in izbočenih delov površja. Zato smo pri primerjavi z rezultati terenskega dela preverjali le, ali se določena vbočena reliefna oblika (na primer erozijski jarek, dolec ali vrtača) pojavlja na območju, ki je po omejeni metodi označeno kot vbočeno.

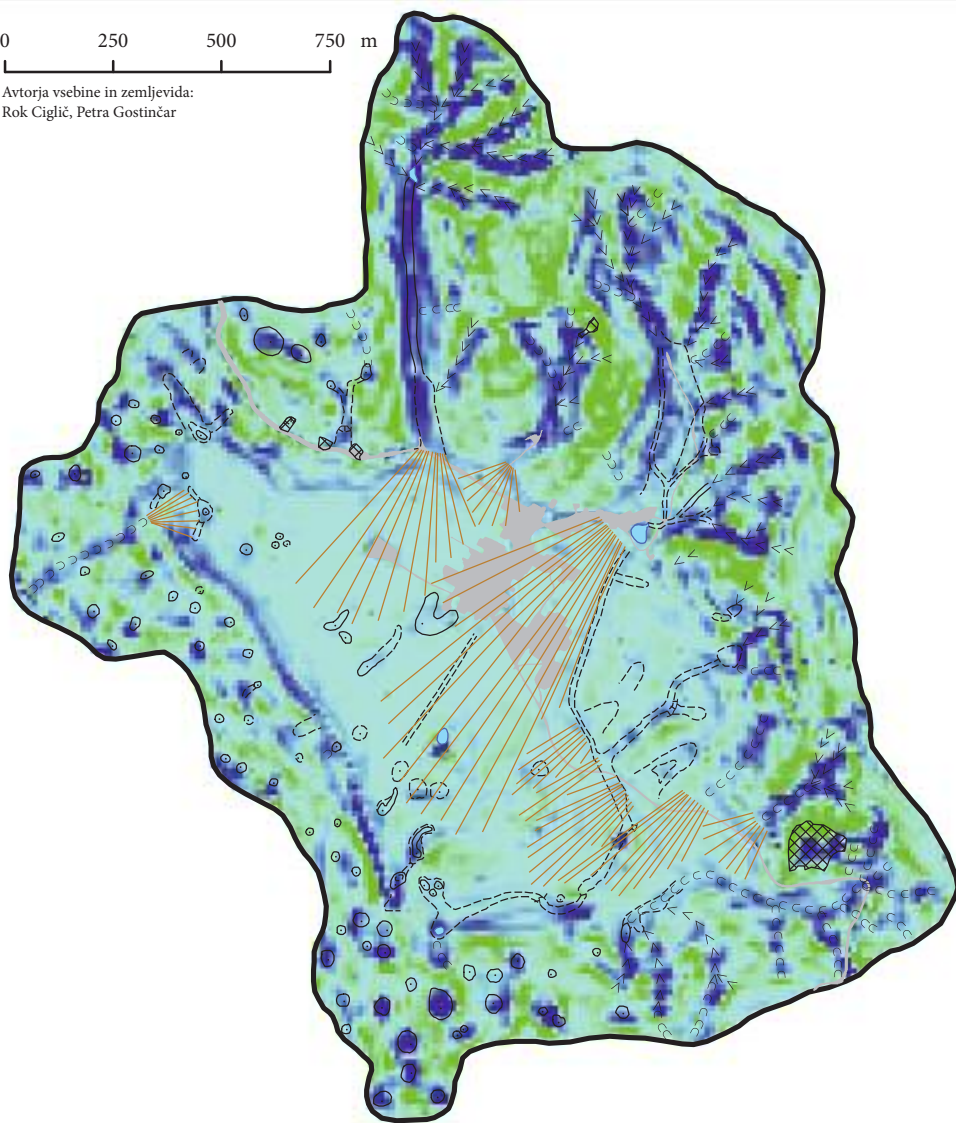
Primerjava rezultatov, ki je prikazana v preglednici 2, kaže, da se vbočene reliefne oblike, ki so zabeležene na geomorfološki karti, večinoma dobro ujemajo z vbočenimi območji, določenimi z programom

Slika 6: Območja vbočenosti in izbočenosti v primerjavi z geomorfološko karto. ►

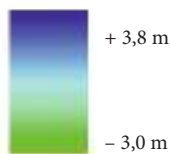
Slika 7: Reliefne oblike po metodi odkrivanja značilnih točk površja v primerjavi z geomorfološko karto. ► str. 78

0 250 500 750 m

Avtorja vsebine in zemljevida:
Rok Ciglič, Petra Gostinčar

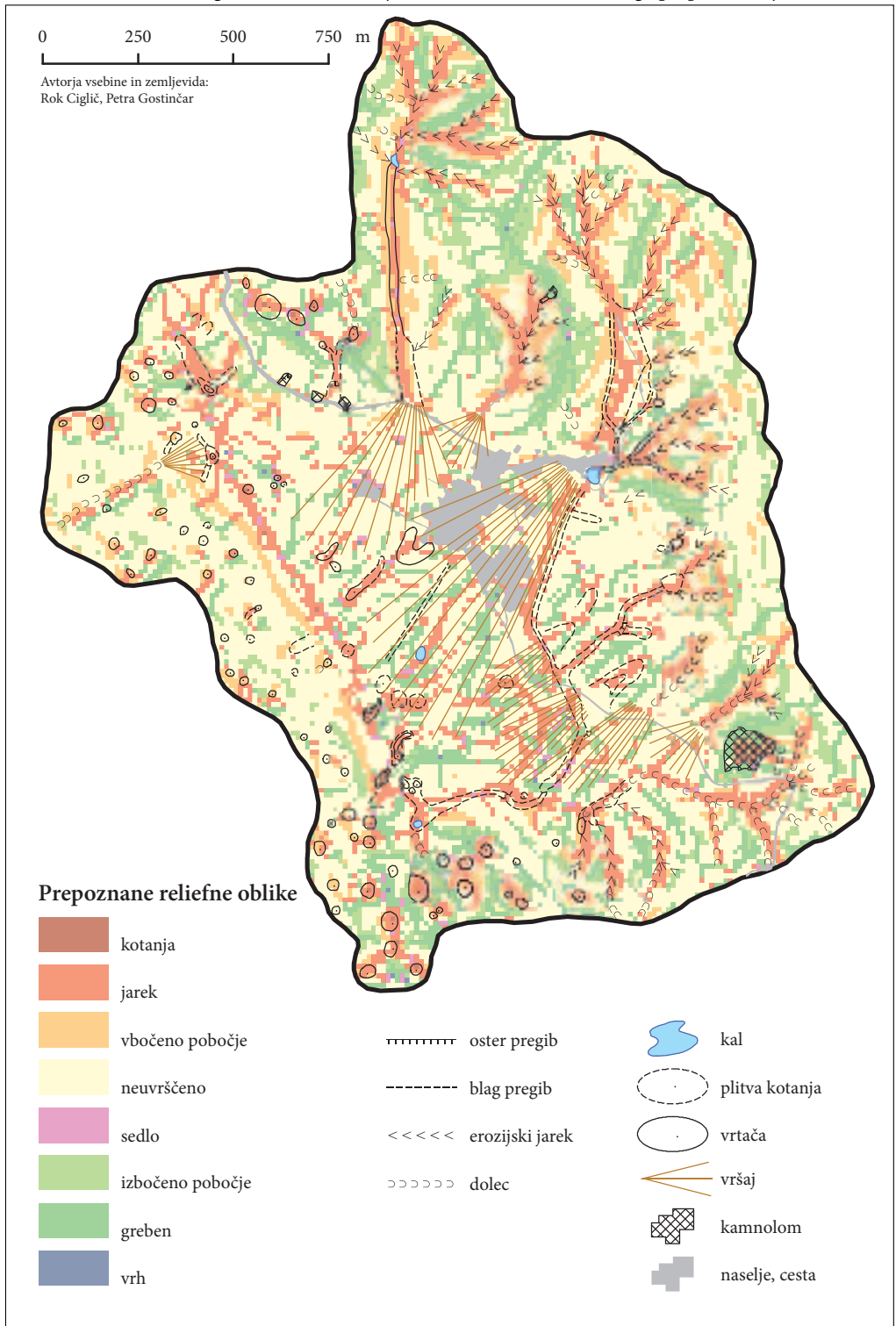


Odstopanje glajenega od izvirnega DMV-ja



- ||||| oster pregib
- blag pregib
- >>>> erozijski jarek
- >>>>> dolec

- kal
- plitva kotanja
- vrtača
- vršaj
- kamnolom
- naselje, cesta



Idrisi. S pregledom širšega območja lahko sicer na podlagi teh rezultatov sklepamo ali gre za vrtačo ali pa za kakšno izmed linijskih konkavnih oblik (dolec, erozijski jarek), natančneje pa reliefnih oblik s to metodo ne moremo določiti. Metoda tako lahko služi le kot dopolnilo oziroma preverjanje zabeleženih rezultatov.

Tudi metoda odkrivanja značilnih točk površja ne more ločevati reliefnih enot tako podrobno kot je to mogoče z geomorfološkim kartiranjem, zato so po tej metodi erozijski jarki, doline in dolci uvrščeni v isto kategorijo – *jarek*. Prav tako so v isto kategorijo (*kotanja*) uvrščeni kali in vrtače. Pri oceni rezultatov metode odkrivanja značilnih točk površja smo zato preverjali ali je na terenu zabeležena vbočena oblika smiselno uvrščena v eno izmed kategorij *kotanja*, *jarek* ali *vbočeno pobočje*. Rezultati vseh metod so navedeni v preglednici 3.

Ker obe računalniški metodi prepoznavata različne oblike, jih po uspešnosti ne moremo neposredno primerjati med seboj, lahko pa vsako posebej primerjamo z rezultati geomorfološkega kartiranja in ocenimo pravilnost njenih rezultatov.

Preglednica 2: Delež vbočenih reliefnih oblik, zabeleženih z geomorfološkim kartiranjem, ki so bile uvrščene v vbočeno območje po metodi primerjave glajenega z izvornim DMV-jem.

vbočene reliefne oblike	število zabeleženih z geomorfološkim kartiranjem	delež potrjenih z metodo primerjave glajenega z izvornim DMV-jem
vrtače in plitve kotanje	91	75,8
kali	4	100,0
erozijski jarki	38	84,2
dolci	32	81,3
ostale podolgovate vbočene reliefne oblike	29	65,5

Preglednica 3: Delež vbočenih reliefnih oblik, zabeleženih z geomorfološkim kartiranjem, ki so bile uvrščene v pravilno skupino reliefnih oblik po metodi odkrivanja značilnih točk površja.

vbočene reliefne oblike	število zabeleženih z geomorfološkim kartiranjem	delež potrjenih z metodo odkrivanja značilnih točk površja (%)
vrtače	91	26,4
kali	4	100,0
erozijski jarki	38	92,1
dolci	32	78,1
ostale podolgovate vbočene reliefne oblike	29	89,7

Kali so bili zabeleženi pri obeh metodah popolnoma ustrezno. Erozijski jarki so ustrezno uvrščeni pri obeh metodah (nad 80 %). Nekoliko težje se kot vbočeno območje ali reliefna oblika prepozna območja dolcev, ki so sicer manj izrazita oblika kot jarki. Vrtače, večinoma najmanjše vbočene reliefne oblike na območju, so bile z metodo odkrivanja značilnih točk površja zelo slabo prepoznane (zabeležena je bila le dobra četrtina vrtač), z metodo glajenja DMV-ja pa je bilo tri četrtine vrtač uvrščenih znotraj vbočenih območij. Pri tem je treba omeniti, da gre predvsem za bolj koncentrična vbočena območja, katera lahko interpretiramo tudi kot vrtače. Kategorija ostalih vbočenih reliefnih oblik je zelo raznolika.

V njej so zabeležene plitve vbočene reliefne oblike, ki jih pri kartiranju ni bilo mogoče uvrstiti v kategoriji erozijskih jarkov ali dolcev. Dobro so bile oblike v tej kategoriji prepoznane z analizo DMV-ja po metodi odkrivanja značilnih točk površja.

Rezultati terenskih in kabinetnih pristopov so manj usklajeni na uravnanem, osrednjem delu kraškega polja, kjer je bil velik del območja z geomorfološkim kartiranjem uvrščen med vršaje. Računalniški pristop je objektivno uvrščal vse celice na podlagi zapisanih pravil izbranih geoinformacijskih orodij, s katerimi pa vršaje ni mogoče določiti. Manjše vrtače niso bile prepoznane, kar je posledica natančnosti DMV-ja. Območja na pobočjih okrog kraškega polja so praviloma pokazala veliko večje ujemanje med terensko in računalniško določenimi reliefnimi oblikami.

Pregledali smo tudi, kakšno je ujemanje rezultatov v obratni smeri. Vse vbočene reliefne oblike, določene z geoinformacijskimi orodji, smo primerjali z rezultati geomorfološkega kartiranja oziroma z dejanskim pojavom oblike na terenu (preglednici 4 in 5).

Preglednica 4: Delež vbočenih reliefnih oblik, ki so bile prepoznane z metodo primerjave glajenega z izvirnim DMV-jem in ki so bile potrjene z geomorfološkim kartiranjem.

metoda primerjave glajenega z izvirnim DMV-jem		metoda geomorfološkega kartiranja	
zabeležena reliefna oblika	število zabeleženih reliefnih oblik	delež potrjenih reliefnih oblik (%)	na terenu zabeleženo kot
vbočeno območje	104	74,0	vrtača, kamnolom, kal, plitva kotanja, erozijski jarek, dolec, ostale podolgovate vbočene reliefne oblike

Preglednica 5: Delež vbočenih reliefnih oblik, ki se jih razbere iz rezultata metode odkrivanja značilnih točk površja in ki so bile potrjene z geomorfološkim kartiranjem.

metoda odkrivanja značilnih točk površja		metoda geomorfološkega kartiranja	
zabeležena reliefna oblika	število zabeleženih reliefnih oblik	delež potrjenih reliefnih oblik (%)	na terenu zabeleženo kot
kotanja	46	65,2	vrtača, kamnolom, kal, plitva kotanja
jarek	59	69,5	erozijski jarek, dolec, ostale podolgovate vbočene reliefne oblike

Z metodo primerjave glajenega z izvirnim DMV-jem smo lahko določali le prisotnost vbočenih ali izbočenih območij. Določili smo 104 vbočena območja, z geomorfološkim kartiranjem pa smo jih kot vbočeno reliefno obliko potrdili 74 %. Nepotrjena območja so predvsem konkavni deli pobočij, ki potekajo prečno na smer največjega naklona. Z metodo odkrivanja značilnih točk površja smo zabeležili 46 *kotanj*, od katerih smo jih na terenu potrdili 65,2 %. Večina nepotrjenih *kotanj* se nahaja na robu strug občasnih vodotokov ter na stiku uravnanega dela polja s pobočjem. Gre za območja, ki so glede

na okoliški relief nižja, vendar pa jih pri terenskem delu zaradi majhne višinske razlike nismo določili kot posebno reliefno obliko. Z metodo odkrivanja značilnih točk površja smo določili tudi 59 *jarkov*, od katerih smo jih s terenskim delom potrdili 69,5 %. Med nepotrtjene so se uvrstili predvsem robni deli polja, ki so na stiku s pobočjem ali pa robni deli vršaja. Ta območja so bila na primer ponekod uvrščena med jarke, čeprav gre predvsem za stik dveh večjih reliefnih enot. Vrtače, ki se vrstijo v liniji, so bile ponekod prepoznane kot jarek.

6 Sklep

Geografski informacijski sistemi so nam v pomoč pri geomorfološki analizi površja, saj jih lahko uporabimo pred terenskim delom tako, da lažje predvidimo, kje se nahajajo določeni pojavi, lahko pa jih uporabimo tudi po opravljenem terenskem delu za preverjanje kartiranja. Pri uporabi GIS-ov pa je treba biti pazljiv. Z več različnimi metodami, ki jih med seboj primerjamo, lahko z večjo gotovostjo določamo tipe reliefnih oblik. Po računski analizi je pomembna tudi interpretacija. V primeru rezultatov metode odkrivanja značilnih točk površja so denimo bolj verjetne tiste lokacije *jarkov*, kjer je več celic zvezno povezanih v linijsko območje ter jih obdajajo celice *konkavnih pobočij*. Natančnost rezultatov je odvisna predvsem od natančnosti vhodnih podatkov, saj reliefnih oblik, ki so manjše od diagonale celice DMV-ja, geoinformacijska orodja ne morejo zaznati. V teh primerih GIS-i seveda ne morejo nadomestiti terenskega dela.

Uporabljeni metodi računalniškega prepoznavanja reliefnih oblik sta se izkazali kot dobra podpora terenskemu delu, delno uspešni pa sta bili tudi pri odkrivanju reliefnih oblik. Delno uspešni zato, ker uporabljeni računalniški metodi ne omogočata določanja reliefnih oblik v enakem obsegu kot ga omogoča terensko delo. Lahko pa ob dobri interpretaciji raziskovalca v grobem določita, katere skupine reliefnih oblik so na določenem območju prisotne. Za podrobnejšo klasifikacijo bi morali dobljene rezultate dopolniti z rezultati drugih geoinformacijskih orodij, ki so specializirana za prepoznavanje drugih reliefnih oblik, recimo vršajev (Podobnikar in Székely 2008) ter vrtač (Podobnikar 2008; Obu 2011), ali pa dobljenim rezultatom dodati podatke o debelini prepereline, naklonu in drugem ter se nato lotiti nadaljnega klasificiranja.

Ugotavljamo, da GIS-i ne morejo v celoti nadomestiti terenskega dela, je pa njihova uporabnost izredno široka. Z izdelavo še bolj natančnih DMV-jev, ter z uporabo laserskega skeniranja površja (Kokalj, Žakšek in Oštir 2008) ter različnih prostorskih podatkov pričakujemo, da se bo pomen takšnih analiz povečal.

7 Viri in literatura

- Breg Valjavec, M. 2010: Digitalni model višin nekdanje pokrajine – primer Logaško polje (leto 1972). Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2009–2010. Ljubljana.
- Bukovac, J., Poljak, J., Šušnjar, M., Čakalo, M., 1983: Osnovna geološka karta SFRJ 1 : 100.000, tolmač lista Črnomelj. Zvezni geološki zavod. Beograd.
- Cimmery, V. 2007: User Guide for SAGA (version 2.0).
- Digitalni model višin 12,5. Geodetska uprava Republike Slovenije. Ljubljana. Medmrežje: [http://prostor.gov.si/vstop/index.php?id=533&no_cache=1&tx_simpltabs_pi1\[tab\]=548#tabs](http://prostor.gov.si/vstop/index.php?id=533&no_cache=1&tx_simpltabs_pi1[tab]=548#tabs) (1.6.2009).
- Dozet, S., 2008: Sedimenti na Koprivniku. Ljubljana (osebni vir, julij 2008).
- Gostinčar, P. 2009: Geomorfološke značilnosti Kočevskega Roga in Kočevske Male gore. Diplomsko delo, Filozofska fakulteta Univerze v Ljubljani. Ljubljana.
- Gustavsson M., Kolstrup, E., Seijmonsbergen, A. C. 2006: A new symbol-and-GIS based detailed geomorphological mapping system: Renewal of a scientific discipline for understanding landscape development. *Geomorphology* 77. New York. DOI: 10.1016/j.geomorph.2006.01.026

- Habič, P., Kogovšek, J., Bricelj, M., Zupan, M. 1990: Izviri Dobličice in njihovo širše kraško zaledje. *Acta carsologica* 19. Ljubljana.
- Hrvatina, M., Perko, D. 2002: Ugotavljanje ukrivljenosti površja z digitalnim modelom višin in njena uporabnost v geomorfologiji. *Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2001–2002*. Ljubljana.
- Hrvatina, M., Perko, D. 2005: Differences between 100-meter and 25-meter digital elevation models according to types of relief in Slovenia. *Acta Geographica Slovenica* 45-1. Ljubljana. DOI: 10.3986/AGS45101
- Kokalj, Ž., Zakšek, K., Oštir, K. 2008: Uporaba laserskega skeniranja za opazovanje preteklih pokrajin – primer okolice Kobarid. *Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2007–2008*. Ljubljana.
- Krevs, M. 1992: Iskanje lokalnih reliefnih ekstremov na DMR. *Geografski vestnik* 64. Ljubljana.
- Lehmann, E. 1933: *Das Gottscheer Hochland, Grundlinien einer Landeskunde*. Leipzig.
- MacMillan, R., A., Shary, P. A. 2009: Landforms and landform elements in geomorphometry. *Geomorphometry – Concepts, Software, Applications*. Oxford. DOI:10.1016/S0166-2481(08)00009-3
- Natek, K. 1983. *Metoda izdelave in uporabnost splošne geomorfološke karte*. Magistrsko delo, Filozofska fakulteta Univerze v Ljubljani. Ljubljana
- Novak, D. 1968: Ponikve na Kočevskem Rogu. *Naše jame* 10. Ljubljana.
- Obu, J. 2011: *Prepoznavanje kraških kotanj na podlagi digitalnega modela višin*. Diplomsko delo, Filozofska fakulteta Univerze v Ljubljani. Ljubljana
- Perko, D. 1991: Uporabnost digitalnega modela reliefa za določanje morfoloških enot. *Geodetski vestnik* 35-2. Ljubljana.
- Perko, D. 2001: Analiza površja s stometrskim digitalnim modelom reliefa. *Geografija Slovenije* 3. Ljubljana.
- Perko, D. 2007: *Morfometrija površja Slovenije*. Georitem 3. Ljubljana
- Perko, D., Zorn, M. 2010: *Geografski informacijski sistemi: pokrajina v računalniku*. *Geografski vestnik* 82-2. Ljubljana.
- Peucker, T. K., Douglas, D. H. 1975: Detection of Surface-Specific Points by Local Parallel Processing of Discrete Terrain Elevation Data. *Computer graphics and image processing* 4, 4. New York. DOI:10.1016/0146-664X(75)90005-2
- Podobnikar, T., 2008: Določitev značilnih gorskih vrhov in analiza njihovih oblik. *Geodetski vestnik* 52-1. Ljubljana.
- Podobnikar, T., Možina, P., 2008: Analiza oblik površja z uporabo lokalnega okna. *Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2007–2008*. Ljubljana.
- Podobnikar, T., Székely, B. 2008: Poskus analize potencialno nevarnih vršajev z DMR-jem. *Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2007–2008*. Ljubljana.
- Podobnikar, T., Šprajc, I., 2007: Spatial analyses and Maya cultural landscape: http://www.ipf.tuwien.ac.at/publications/2007/podobnikar_cuba_2007.pdf (16. 10. 2007).
- Selby, M. J. 1985: *Earth's Changing Surface*. Oxford.
- Sourceforge.net. SAGA, System for Automated Geoscientific Analyses, Module Library: ta_morphometry. Medmrežje: http://saga-gis.cvs.sourceforge.net/viewvc/saga-gis/saga_2/src/modules_terrain_analysis/terrain_analysis/ta_morphometry/SurfaceSpecificPoints.cpp?revision=1.5&view=markup (28. 11. 2008).
- Tricart, J., 1965: *Principes et Méthodes de la Géomorphologie*. Paris.

8 Summary: Comparison of results of computer-based landform recognition with results of geomorphological mapping

(translated by the authors)

In the paper we tried to ascertain whether the results of determination of concave relief forms with geomorphological mapping are similar to the results of recognition of concave relief forms with geographic information systems (GIS).

A part of Koprivniško podolje between Kočevski Rog and Kočevska Mala gora (SE Slovenia) was selected as a case study area. It measures 3.16 km²; the bottom is at 620 m a.s.l. and the rim of surrounding slopes is up to 800 m a.s.l. The area was chosen due to the presence of two most common geomorphic systems in Slovenia – karstic and fluvial geomorphic systems.

Computer analysis (with GIS) was conducted with the use of two methods using 12.5 m digital elevation model (DEM).

The analysis consisted of two separate parts: field work (geomorphological mapping) and computer-based analysis. Geomorphological mapping was conducted at the scale of 1 : 5000. This was the basis for a map of geomorphographic characteristics (figure 3). Original DEM and smoothed DEM were compared with *Idrisi Taiga* software; in this way concave and convex areas were defined. With the use of computer module Surface Specific Points (inside SAGA software) several relief categories: peak, pit, saddle, convex slope, concave slope, ridge, channel and undefined were defined.

With geomorphological mapping we recognized different landforms such as: erosion gullies, dells, water streams, karst ponds, shallow depressions, dolines, alluvial fans and springs. Northern and eastern parts of the study area are influenced by fluvial and fluviokarstic geomorphic processes. These parts are dissected with erosion gullies and dells; these landforms are also present in the southeastern part of Koprivnik polje. Slopes on western part of the study area are less dissected – only dolines are present. Central part of the study area is covered with sediments in a form of alluvial fans. Accumulation and denudation processes interact which makes it harder to define landforms accurately. A part of the case study area is altered by human activity (roads, buildings, stone pit).

By comparing original and smoothed DEM (figure 4) we got a clear image of concave and convex parts of the area. Landforms within concave parts are valleys, dells, gullies and dolines, and landforms within convex parts are peaks and ridges. Results showed that central part has relatively leveled relief. Surrounding slopes are more dissected, especially northern and eastern parts where a lot of elongated concave areas appear. Northwestern and southern parts have lot of round concave areas which are likely to be dolines.

Map of surface specific points (figure 5) clearly shows locations of major landforms (e.g. erosion gullies or dells) in parts where relief is not too rough. On highly rough parts of the area a mixture of different types of landforms which change on short distances appear; this is a reason why it is harder to recognize larger landforms. Difference between the central part and surrounding slopes is also evident. Category channel is easier to recognize on the slopes. There are also not as many individual cells as in the central, more flattened part. Half of the area remained unclassified with this method.

Due to different categories that are recognized with each computer method we cannot directly compare the results, but we can compare each one of them with the results of geomorphological mapping and assess their results.

Results of field work (geomorphological mapping) and results of computer analyses were compared by overlapping maps (figures 6 and 7). First, all landforms determined with the field work were counted and afterwards we defined how many of them were recognized with the use of each computer method (table 2 and 3). A comparison was also conducted in another way. We counted how many landforms, which were recognized with the use of computer methods, were confirmed on the field (table 4 and 5).

Comparison of original and smoothed DEM enabled us to recognize only two types of landforms (concave and convex area). This is why we only examined whether concave landform (e.g. erosion gully, dell, doline) is classified as part of concave area.

When comparing results of field work with results of Surface Specific Points method we examined whether landforms (computer categories) pit, channel, and concave slope are logically recognized on the field as erosion gully, dell, doline or other concave landform.

Comparison of results of the methods revealed that 65.5–100 % different concave landforms, determined with geomorphological mapping, were confirmed with the use of comparison of smoothed DEM with original DEM. Surface Specific Points method confirmed 26.4–100 % concave landforms.

Vice versa, with the use of geomorphological mapping, 74 % of concave landforms, determined with the use of comparison of smoothed DEM with original DEM, and 65.2–69.5 % of channels and pits, determined with the Surface Specific Points method, were confirmed.

Recognition of landforms with field work and computer methods is more similar in the area of surrounding slopes than in the central part of the karst polje.

GIS can be helpful when analyzing geomorphological characteristics of relief. We can use GIS prior to field work when we would like to get an impression of the terrain or we can use it afterwards to confirm our findings. It is not rare that due to practical circumstances (lush vegetation, larger landforms, and private property) we cannot precisely complete our field work. Both computer methods used in this analysis showed relatively fair results which were a quality support to the results of field work. If an expert can interpret computer results he can roughly define where individual landforms are situated. However, the software that we used cannot define such a range of landforms as human interpretation with field work. For more detailed computer results either more specific data or different software should be used.