

METODE**MORFOMETRIČNI KAZALNIKI IN ENOTE
OBLIKOVANOSTI POVRŠJA V SLOVENIJI**

AVTOR

dr. Drago Perko

Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU, Gosposka ulica 13, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija
drago@zrc-sazu.si

UDK: 911.2:551.43:528:004(497.4)

COBISS: 1.01

IZVLEČEK

Morfometrični kazalniki in enote oblikovanosti površja v Sloveniji

Članek opisuje enote oblikovanosti oziroma razgibanosti površja Slovenije in nekatere njihove temeljne morfometrične kazalnike ter metodo določanja enot z obdelavo digitalnega modela višin v geografskem informacijskem sistemu.

Z digitalnim modelom višin lahko določamo oddaljenost, nagnjenost in ukrivljenost površja glede na vodoravno ali navpično ravnino v prostoru. Njihovo prostorsko spreminjanje, ki mu pravimo razgibanost površja, opredeljujejo različni koeficienti. Najbolj uporabni so višinski, naklonski in ekspozicijski koeficient razgibanosti površja. Z reliefnim koeficientom, ki je geometrična sredina višinskega in naklonskega koeficienta in prikazuje višinsko in naklonsko razgibanost površja hkrati, smo določili 195 posameznih enot in 8 skupin enot razgibanosti površja v Sloveniji.

KLJUČNE BESEDE

geografija, geomorfologija, geografski informacijski sistem, digitalni model višin, višinski koeficient, naklonski koeficient, ekspozicijski koeficient, reliefni koeficient, razgibanost površja, enota oblikovanosti (razgibanosti) površja, Slovenija

ABSTRACT

Morphometric indicators of landform units in Slovenia

This article describes Slovenia's landform units, their basic morphometric indicators and the method of their determination using digital elevation model and geographic information system.

A digital elevation model makes it possible to define surface distance, surface inclination, and surface curvature with regard to a horizontal or vertical plane in space. Their spatial variation, also called surface roughness, can be determined by many different coefficients. The most applicable coefficients are the height, slope, and aspect coefficients of surface roughness.

In Slovenia 195 individual landform units and 8 landform unit groups were recognized using the relief coefficient (the geometric average of the height coefficient and the slope coefficient), which determines the spatial variability of height and slope simultaneously.

KEYWORDS

geography, geomorphology, geographic information system, digital elevation model, height coefficient, slope coefficient, aspect coefficient, relief coefficient, surface roughness, landform unit, Slovenia

Uredništvo je prispevek prejelo 8. junija 2009.

1 Uvod

Ena od možnosti ugotavljanja reliefnih enot oziroma enot oblikovanosti površja sloni na prostorskem spreminjanju nadmorske višine in naklona površja, ki sta najpogostejši reliefni prvini za določanje enot oblikovanosti površja.

Metoda določanja reliefnih enot, ki jo predstavljamo v prispevku, ima več stopenj:

- računanje vrednosti reliefnega koeficienta, ki upošteva spremenljivost višin in naklonov površja, in drugih morfometričnih kazalnikov iz podatkov digitalnega modela višin,
- določanje reliefnih razredov iz vrednosti reliefnega koeficienta,
- generalizacija reliefnih razredov,
- določanje reliefnih enot iz reliefnih razredov,
- generalizacija reliefnih enot,
- določanje mej generaliziranih reliefnih enot,
- izdelava zemljevida reliefnih enot,
- poimenovanje reliefnih enot,
- izdelava preglednice reliefnih kazalnikov po reliefnih enotah.

2 Geometrične in morfometrične lastnosti površja ter njihovo prostorsko spreminjanje

V okviru geografskega informacijskega sistema lahko z digitalnim modelom višin ugotavljamo geometrične lastnosti ploskev, ki sestavljajo zunanji del zemeljskega površja, in prostorsko spreminjanje njihovih geometričnih lastnosti, kar je pomembna objektivna kvantitativna metoda pri preučevanju izoblikovanosti površja, še posebej njegovih morfometričnih lastnosti (Perko 2002).

Tri temeljne geometrične lastnosti so oddaljenost, nagnjenost in ukrivljenost. Ker imajo ploskve dve razsežnosti, prostor, v katerem ležijo, pa tri razsežnosti, lahko za vsako ploskev ugotavljamo dve oddaljenosti, nagnjenosti in ukrivljenosti, in sicer glede na vodoravno in glede na navpično ravnino.

To pomeni, da z digitalnim modelom višin lahko za vsako ploskev površja ugotavljamo njeno (Perko 2002):

- oddaljenost glede na vodoravno ravnino ali **navpično oddaljenost** (angleško *vertical distance*), v geografskem pomenu je to višina površja,
- oddaljenost glede na navpično ravnino ali **vodoravno oddaljenost** (angleško *horizontal distance*), v geografskem pomenu je to razdalja med dvema točkama površja,
- nagnjenost glede na vodoravno ravnino ali **navpično nagnjenost** (angleško *vertical inclination*), v geografskem pomenu je to naklon površja,
- nagnjenost glede na navpično ravnino ali **vodoravno nagnjenost** (angleško *horizontal inclination*), v geografskem pomenu je to usmerjenost oziroma ekspozicija površja,
- ukrivljenost glede na vodoravno ravnino ali **navpično ukrivljenost** (angleško *vertical curvature, profile curvature* ali *slope curvature*), v geografskem pomenu je to vbočenost oziroma izbočenost površja glede na vodoravno ravnino,
- ukrivljenost glede na navpično ravnino ali **vodoravno ukrivljenost** (angleško *horizontal curvature, plan curvature, aspect curvature* ali *contour curvature*), v geografskem pomenu je to vbočenost oziroma izbočenost površja glede na navpično ravnino.

V matematičnem smislu je navpična ukrivljenost površja prvi odvod prostorskega spreminjanja nagnjenosti površja oziroma drugi odvod prostorskega spreminjanja višine površja glede na vodoravno ravnino, vodoravna ukrivljenost površja pa prvi odvod prostorskega spreminjanja nagnjenosti površja oziroma drugi odvod prostorskega spreminjanja višine površja glede na navpično ravnino.

Za geomorfne, pa tudi druge naravne in družbene procese v pokrajini niso pomembne samo geometrične lastnosti ploskev, ampak tudi geometrične lastnosti sosednjih ploskev oziroma prostorsko spreminjanje geometričnih lastnosti ploskev, na temelju katerega lahko določamo spremenljivost ali variabilnost oziroma razčlenjenost ali **razgibanost površja** (angleško *surface variability* ali *surface roughness*).

O prostorskem spreminjanju navpične oddaljenosti oziroma nadmorske višine površja ter navpične nagnjenosti oziroma naklona površja je sorazmerno veliko literature, o prostorskem spreminjanju vodoravne nagnjenosti oziroma usmerjenosti površja ter navpične in vodoravne ukrivljenosti površja pa sorazmerno malo (Wood 1996; Enander 1998; Hrvatini in Perko 2002).

V slovenskem jeziku lahko stopnje razgibanosti površja ločimo predvsem z ljudskimi, splošnimi izrazi ravnina, gričevje, hribovje in gorovje, vendar razlike med pojmi grič, hrib in gora niso jasne (Badjura 1953; Demek 1976; Lipovšek - Ščetinini in Zupet 1979; Gams 1984, 1985, 1986, 1987 in 1998), strokovnjaki pa jih največkrat določajo na temelju spreminjanja višin in naklonov površja (Demek 1972 in 1976; Speight 1980; Gams in Natek 1981; Mäusbacher 1985; Bognar 1986; Perko 1992; Gabrovec in Hrvatini 1998).

3 Kazalniki razgibanosti površja

Razgibanost površja glede na prostorsko spreminjanje navpične in vodoravne oddaljenosti površja, navpične in vodoravne nagnjenosti površja ter navpične in vodoravne ukrivljenosti površja lahko iz podatkov digitalnega modela višin ugotavljamo s posebnimi koeficienti, ki temeljijo na koeficientu variacije in jih lahko imenujemo navpični in vodoravni koeficienti razgibanosti površja.

Koeficient variacije je s 100 pomnoženo razmerje med standardnim odklonom in aritmetično sredino. Pove, za koliko odstotkov se standardni odklon razlikuje od aritmetične sredine (Blejec 1976).

Navpične in vodoravne koeficiente razgibanosti površja za vsako kvadratno celico digitalnega modela višin izračunamo iz podatka za to celico in podatkov za njene sosednje celice. Upoštevamo lahko le najbližje, stične sosednje celice, ki jih ima vsaka celica 8. V tem primeru gre za mrežo, veliko 3 krat 3 celice. Lahko pa upoštevamo tudi večje mreže: središčna celica mreže 5 krat 5 celic ima 24 sosed, središčna celica mreže 7 krat 7 celic pa 48 sosed in tako naprej.

Kot povprečno vrednost lahko uporabimo povprečje zgolj upoštevanih celic ali pa povprečje celotnega območja, ki ga preučujemo, na primer Slovenije. V prvem primeru dobimo **lokalni koeficient razgibanosti površja** in v drugem primeru **regionalni koeficient razgibanosti površja**. Kadar pa kot povprečno vrednost vzamemo povprečje celotnega zemeljskega površja, govorimo o **globalnem koeficientu razgibanosti površja**. Ker sta regionalni in globalni koeficient razgibanosti površja prirejena, umerjena na regionalne oziroma svetovne vrednosti, ju lahko opredelimo tudi kot **umerjeni koeficient razgibanosti površja** (Perko 2001a, 28). Pomembna sta predvsem pri primerjavi razgibanosti površja med različnimi pokrajinami oziroma območji.

Na tak način izračunani koeficienti razgibanosti površja so:

- **lokalni koeficient višinske razgibanosti površja** (LKV je s 100 pomnoženo razmerje med standardnim odklonom navpične oddaljenosti oziroma višine površja središčne celice in njenih sosed ter povprečno navpično oddaljenostjo oziroma višino površja središčne celice in njenih sosed. Koeficient prikazuje relativno prostorsko spreminjanje navpične oddaljenosti oziroma višine površja okrog vsake celice.);
- **regionalni koeficient višinske razgibanosti površja** (RKV je s 100 pomnoženo razmerje med standardnim odklonom navpične oddaljenosti oziroma višine površja središčne celice in njenih sosed ter povprečno navpično oddaljenostjo oziroma višino površja celotnega območja, v našem primeru Slovenije. Koeficient prikazuje prostorsko spreminjanje navpične oddaljenosti oziroma višine površja okrog vsake celice glede na povprečje območja, torej Slovenije.);
- **lokalni koeficient naklonske razgibanosti površja** (LKN je s 100 pomnoženo razmerje med standardnim odklonom navpične nagnjenosti oziroma naklona površja središčne celice in njenih sosed ter povprečno navpično nagnjenostjo oziroma naklonom površja središčne celice in njenih sosed.

Koeficient prikazuje relativno prostorsko spreminjanje navpične nagnjenosti oziroma naklona površja okrog vsake celice.);

- **regionalni koeficient naklonske razgibanosti površja** (RKN je s 100 pomnoženo razmerje med standardnim odklonom navpične nagnjenosti oziroma naklona površja središčne celice in njenih sosed ter povprečno navpično nagnjenostjo oziroma naklonom površja Slovenije. Koeficient prikazuje prostorsko spreminjanje navpične nagnjenosti oziroma naklona površja okrog vsake celice glede na povprečje Slovenije.);
- **lokalni koeficient ekspozicijske razgibanosti površja** (LKE je s 100 pomnoženo razmerje med standardnim odklonom vodoravne nagnjenosti oziroma ekspozicije površja središčne celice in njenih sosed ter povprečno vodoravno nagnjenostjo oziroma ekspozicijo središčne celice in njenih sosed. Koeficient prikazuje relativno prostorsko spreminjanje vodoravne nagnjenosti oziroma ekspozicije površja okrog vsake celice.);
- **regionalni koeficient ekspozicijske razgibanosti površja** (RKE je s 100 pomnoženo razmerje med standardnim odklonom vodoravne nagnjenosti oziroma ekspozicije površja središčne celice in njenih sosed ter povprečno vodoravno nagnjenostjo oziroma ekspozicijo površja Slovenije. Koeficient prikazuje prostorsko spreminjanje vodoravne nagnjenosti oziroma ekspozicije površja okrog vsake celice glede na povprečje Slovenije.).

Z geometrično sredino lokalnega koeficienta naklonske razgibanosti površja in lokalnega koeficienta ekspozicijske razgibanosti površja, ki sta pri morfometrični analizi površja pomembnejša od lokalnega koeficienta višinske razgibanosti površja, lahko izračunamo **lokalni koeficient skupne razgibanosti površja** (LKS), ki prikazuje vodoravno in navpično razgibanost površja okrog vsake celice hkrati, z geometrično sredino regionalnega koeficienta naklonske razgibanosti površja in regionalnega koeficienta ekspozicijske razgibanosti površja, ki sta prav tako pomembnejša od regionalnega koeficienta višinske razgibanosti površja, pa **regionalni koeficient skupne razgibanosti površja** (RKS), ki prikazuje vodoravno in navpično razgibanost površja okrog vsake celice glede na povprečje Slovenije hkrati.

Vrednosti za vse koeficiente razgibanosti površja smo izračunali iz podatkov stometerskega digitalnega modela višin (DMV-100) in petindvajsetmeterskega digitalnega modela višin (DMV-25). Oba digitalna modela višin smo leta 2005 izdelali na Znanstvenoraziskovalnem centru Slovenske akademije znanosti in umetnosti za Geodetsko upravo Republike Slovenije (Podobnikar 2002, 2005 in 2006; Digitalni ... 2005; Hrvatini in Perko 2005, 9).

Pri DMV-100 smo upoštevali vsako celico z njenimi najbližjimi osmimi sosednjimi celicami (mreža 3 krat 3), kar pomeni 9 celic z dolžino in širino 300 m in površino 900 ha, pri DMV-25 pa vsako celico z njenimi najbližjimi stodvajsetimi sosednjimi celicami (mreža 11 krat 11), kar pomeni 121 celic z dolžino in širino 275 m in površino 756,25 ha. To je glede na velikost celic in njihovo površino najboljši možni približek med DMV-100 in DMV-25.

Pred računanjem koeficientov razgibanosti površja je treba podatke preurediti tako, da se vrednosti za navpično nagnjenost oziroma naklon površja gibljejo med 0° za najbolj ravne predele in 90° za najbolj strme predele, vrednosti za vodoravno nagnjenost oziroma ekspozicijo površja pa med 0° za najbolj južne lege in 180° za najbolj severne lege.

Za izračune s pomočjo geografskega informacijskega sistema smo uporabili programska paketa IDRISI (Eastman 1995) in ArcGIS (McCoy in Johnston 2001).

4 Reliefni koeficient

Ker tudi v Sloveniji večina morfometričnih in podobnih delitev površja države temelji na spremembi višin in naklonov površja (Melik 1935; Natek 1993; Gabrovec in Hrvatini 1998), smo oblikovali nov koeficient, podoben regionalnemu koeficientu skupne razgibanosti površja, le da smo pri njegovem izračunu namesto višin in ekspozicij površja upoštevali višine in naklone površja.

Preglednica 1: Sistematičen pregled imen temeljnih kazalnikov za geometrične lastnosti površja in njihovo prostorsko spreminjanje.

geometrična lastnost površja	oddaljenost glede na vodoravno ravnino	oddaljenost glede na navpično ravnino	nagnjenost glede na vodoravno ravnino	nagnjenost glede na navpično ravnino	ukrivljenost glede na vodoravno ravnino	ukrivljenost glede na navpično ravnino
morfometrično ime kazalnika	navpična oddaljenost	vodoravna oddaljenost	navpična nagnjenost	vodoravna nagnjenost	navpična ukrivljenost	vodoravna ukrivljenost
geografsko ime kazalnika	višina	–	naklon	ekspozicija	–	–
prostorsko spreminjanje geometrične lastnosti površja	prostorska spremenljivost oddaljenosti glede na vodoravno ravnino	prostorska spremenljivost oddaljenosti glede na navpično ravnino	prostorska spremenljivost nagnjenosti glede na vodoravno ravnino	prostorska spremenljivost nagnjenosti glede na navpično ravnino	prostorska spremenljivost ukrivljenosti glede na vodoravno ravnino	prostorska spremenljivost ukrivljenosti glede na navpično ravnino
morfometrično ime kazalnika	prostorska spremenljivost navpične oddaljenosti	prostorska spremenljivost vodoravne oddaljenosti	prostorska spremenljivost navpične nagnjenosti	prostorska spremenljivost vodoravne nagnjenosti	prostorska spremenljivost navpične ukrivljenosti	prostorska spremenljivost vodoravne ukrivljenosti
geografsko ime kazalnika	višinska razgibanost	–	naklonska razgibanost	ekspozicijska razgibanost	–	–
ime koeficienta	koeficient višinske razgibanosti	–	koeficient naklonske razgibanosti	koeficient ekspozicijske razgibanosti	–	–
skrajšano ime koeficienta	višinski koeficient	–	naklonski koeficient	ekspozicijski koeficient	–	–

Poimenovali smo ga **regionalni reliefni koeficient razgibanosti površja** ali krajše reliefni koeficient (RK). Je geometrična sredina regionalnega koeficienta višinske razgibanosti površja ali krajše **višinskega koeficienta** in regionalnega koeficienta naklonske razgibanosti površja ali krajše **naklonskega koeficienta**. Prikazuje naklonsko in višinsko razgibanost površja hkrati. Izračunali smo ga za vsako celico posebej na podlagi DMV-100. Pri izračunu smo upoštevali celico in njenih najbližjih 8 sosednjih celic.

5 Razredi razgibanosti površja

Glede na prostorsko razporeditev in pogostnostno porazdelitev vrednosti reliefnega koeficienta ter njegovo povezanost z drugimi reliefnimi kazalniki, predvsem naklonom in višino površja, smo vrednosti reliefnega koeficienta združili v več smiselnih reliefnih razredov ali **razredov razgibanosti površja**.

Odločili smo se za osem razredov razgibanosti površja ali morfoloških razredov. To so:

- nerazgibana ravnina z reliefnim koeficientom med 0,0 in 0,9, ki je značilen za 11,0 % površja Slovenije,
- razgibana ravnina z reliefnim koeficientom med 1,0 in 1,9, ki je značilen za 2,8 % površja Slovenije,
- nerazgibano gričevje z reliefnim koeficientom med 2,0 in 5,9, ki je značilen za 20,4 % površja Slovenije,
- razgibano gričevje z reliefnim koeficientom med 6,0 in 9,9, ki je značilen za 24,9 % površja Slovenije,
- nerazgibano hribovje z reliefnim koeficientom med 10,0 in 15,9, ki je značilen za 26,4 % površja Slovenije,
- razgibano hribovje z reliefnim koeficientom med 16,0 in 19,9, ki je značilen za 8,2 % površja Slovenije,
- nerazgibano gorovje z reliefnim koeficientom med 20,0 in 39,9, ki je značilen za 6,1 % površja Slovenije, ter
- razgibano gorovje z reliefnimi koeficienti 40,0 in več, ki je značilen za 0,2 % površja Slovenije.

Če združimo nerazgibano in razgibano ravnino, nerazgibano in razgibano gričevje, nerazgibano in razgibano hribovje ter nerazgibano in razgibano hribovje, dobimo štiri temeljne razrede. To so:

- ravnina z reliefnim koeficientom med 0,0 in 1,9, ki je značilen za 13,8 % površja Slovenije,
- gričevje z reliefnim koeficientom med 2,0 in 9,9, ki je značilen za 45,3 % površja Slovenije,
- hribovje z reliefnim koeficientom med 10,0 in 19,9, ki je značilen za 34,6 % površja Slovenije, ter
- gorovje z reliefnim koeficientom 20,0 in več, ki je značilen za 6,3 % površja Slovenije.

Ker so razredi, opredeljeni kot razgibani, na meji me dvema nerazgibanima razredoma, lahko razgibane razrede uvrstimo tudi v višji temeljni razred: razgibano ravnino k nerazgibanemu gričevju, razgibano gričevje k nerazgibanemu hribovju in razgibano hribovje k nerazgibanemu gorovju. Tako spremenjeni razredi so:

- ravnina z reliefnim koeficientom med 0,0 in 0,9, ki je značilen za 11,0 % površja Slovenije,
- gričevje z reliefnim koeficientom med 1,0 in 5,9, ki je značilen za 23,2 % površja Slovenije,
- hribovje z reliefnim koeficientom med 6,0 in 15,9, ki je značilen za 51,3 % površja Slovenije, ter
- gorovje z reliefnim koeficientom 16,0 in več, ki je značilen za 14,5 % površja Slovenije.

Za lažjo predstavo lahko meje razredov izrazimo tudi z naklonom površja, in to s pomočjo funkcije

$$0,11 + 1,40 \cdot RK,$$

ki pomeni linearno korelacijo med reliefnim koeficientom in naklonom površja. Reliefni koeficient 0 je približno 0° naklona površja, 1 je 1°, 2 je 3°, 6 je 9°, 10 je 14°, 16 je 23°, 20 je 28°, 40 pa 56° naklona površja.

6 Enote razgibanosti površja

Z generalizacijo oziroma večkratnim filtriranjem vrednosti umerjenega reliefnega koeficienta oziroma njegovih razredov v okviru geografskega informacijskega sistema smo dobili bolj enotna, razmeroma homogena območja enakih razredov reliefnega koeficienta.

Nato smo generalizirane razrede prenesli na zemljevid v merilu 1 : 400.000 in ročno določili meje med homogenimi območji glede na njihovo velikost in obliko ter jih ponekod prilagodili potekom vodotokov ali drugim »mejam« v pokrajini, na primer slemenom, robovom planot in podobno.

Nekatera najmanjša območja smo izločili oziroma priključili najbolj podobnim sosednjim območjem, skupine menjajočih se podobnih sosednjih najmanjših območij združili, največja območja pa nekajkrat razdelili, vendar le, če je delitev nakazovalo izrazito ozko in podolgovato območje podobnih reliefnih koeficientov, ki so se pred filtriranjem zarezovali v enotno območje reliefnih koeficientov drugačnih vrednosti, po filtraciji pa so se izgubili. Takšna podolgovata območja so večinoma ozke in strme doline, na primer dolina potoka Lučka Bela med Veliko planino in Dleskovsko planoto, dolina reka Meže med Peco in Olševo, dolina Save Bohinjke med Pokljuko in Jelovico, kanjon reke Save med Kranjskim in Sorškim poljem, dolina Poljanske Sore med Škofjeloškim in Polhograjskim hribovjem, Čepovski dol med Banjšicami in Trnovskim gozdom, dolina potoka Drtiščica med Limbarsko goro in Slivno in podobno.

Tako oblikovana območja smo imenovali reliefne enote ali **enote razgibanosti površja**.

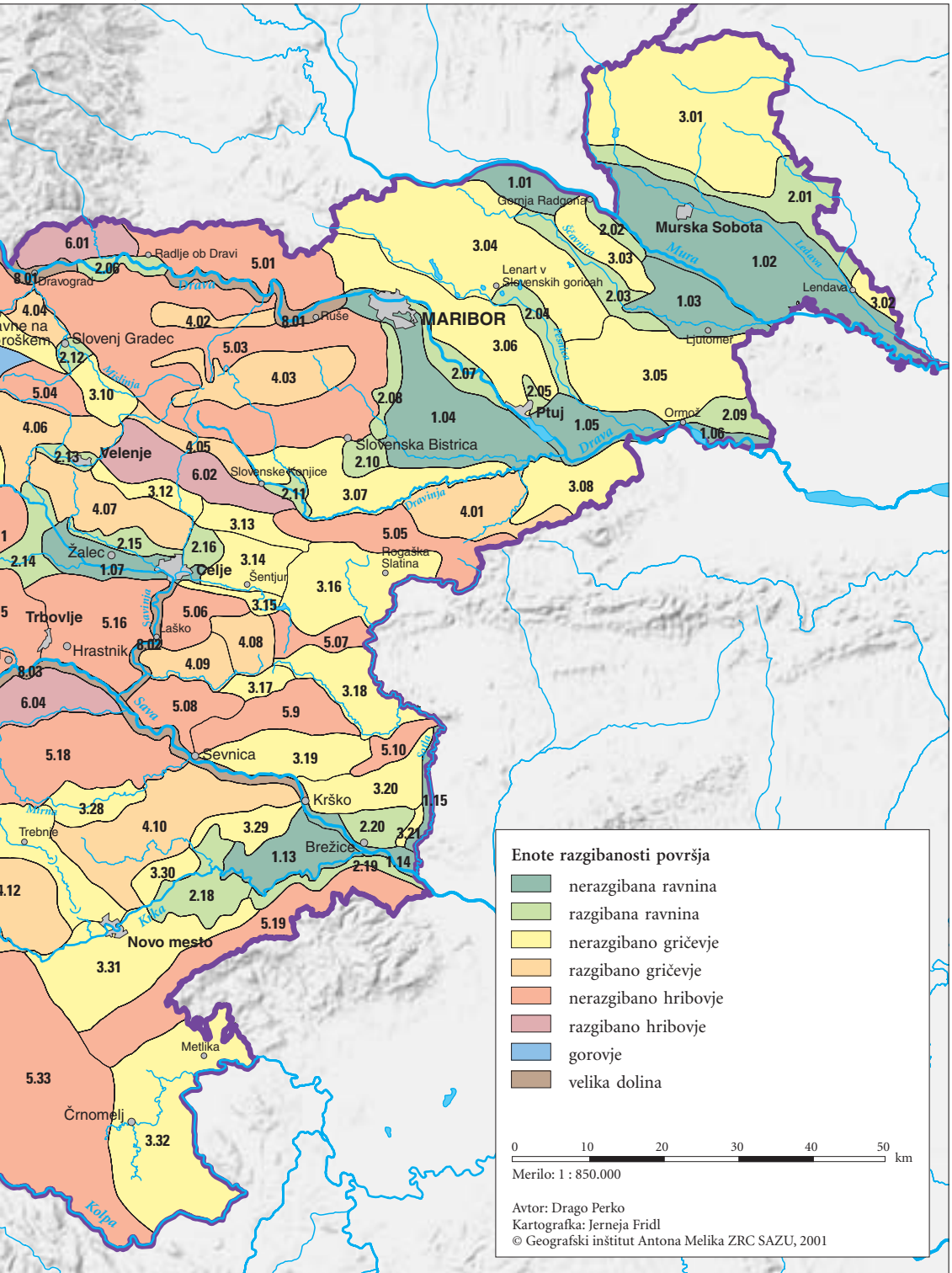
Vsaki enoti razgibanosti površja smo dali sistematično ime, ki smo ga določili glede na prevladujoči razred reliefnega koeficienta (na primer razgibano gričevje) in lastnim imenom, ki natančneje pokrajinsko (prostorsko) določa enoto (na primer Haloze). Če se enota v večji meri pokriva z območjem, ki ga določa pokrajinsko ime, je ime v imenovalniku (na primer ravnina Sorško polje, gorovje Raduha), sicer pa v rodilniku (na primer ravnina Sorškega polja, kar bi pomenilo, da je samo del Sorškega polja ravnina, ali pa da je Sorško polje osrednja pokrajinska enota te ravnine, oziroma gorovje Raduhe, kar bi pomenilo, da je samo del Raduhe gorovje, ali pa da je Raduha le najvišji ali najznačilnejši vrh tega gorovja). Regionalna imena naj bi kar najbolj ustrezala enoti. To pomeni, da v tem primeru ne gre za poimenovanje pokrajini, ampak le za čim bolj natančno vsebinsko in prostorsko opredelitev enot razgibanosti površja. Večina imen je vzeta iz Melikove Slovenije (Melik 1935, 1954, 1957, 1959, 1960 in 1963), Gamsovega učbenika Geografske značilnosti Slovenije (Gams 1983) in knjige Slovenija – pokrajine in ljudje (Perko in Orožen Adamič 1998), nekaj pa jih je bilo treba oblikovati na novo. Pri imenih za nerazgibane enote smo pridevnik 'nerazgiban' izpustili, tako da so imena nekoliko krajša in bolj razumljiva, pa še vedno povsem jasna

Na koncu smo dobili 195 enot in 8 skupin enot razgibanosti površja:

- **1 nerazgibane ravnine** (Nerazgibane ravnine oziroma krajše ravnine so glede na vrednosti umerjenih reliefnih koeficientov najbolj enotne morfološke enote. Na zemljevidu je vrisanih 21 enot, ki pokrivajo 9,52 % površja Slovenije.);
- **2 razgibane ravnine** (Razgibane ravnine so lahko homogene, kadar prevladujejo reliefni koeficienti med 1 in 2, ali pa sestavljene iz manjših, hitro menjajočih se območij z reliefnimi koeficienti, značilnimi za nerazgibane ravnine, razgibane ravnine in nerazgibana gričevja. Na zemljevidu je vrisanih 29 enot, ki pokrivajo 5,81 % površja Slovenije.);
- **3 nerazgibana gričevja** (Podobno kot nerazgibane ravnine so tudi nerazgibana gričevja ali krajše gričevja glede vrednosti umerjenih reliefnih koeficientov sorazmerno homogena. Pojavljajo se kot prava gričevja (na primer Goričko, Krške gorice, Dravinjske gorice), kot podolja ali širše doline z razgibanim dnom (na primer Dolenjsko podolje, Mežiško podolje, Dobrnsko podolje, del doline Misljinje, dolina reke Reke), kot kotlinice z razgibanim dnom (na primer Logaška, Gornjegrajska in Mozirska kotlina), kot deli razgibanega (terasastega) dela večjih kotlin (na primer Dobrave) in kot manj razgibane nižje kraške planote (na primer Kras) in višje planote (na primer Črnovrška in Šentviška planota). Na zemljevidu je vrisanih 42 enot, ki pokrivajo 24,01 % površja Slovenije.);

Slika 1: Zemljevid enot razgibanosti površja (Perko 2001a, 190–191). ► str. 84–85





Preglednica 2: Reliefni kazalniki po skupinah enot razgibanosti površja.

razgibanost površja	nerazgibana ravnina	razgibana ravnina	nerazgibano gričevje	razgibano gričevje	nerazgibano hribovje	razgibano hribovje	gorovje	velika dolina	skupaj
površina (ha)	193.007	117.847	486.684	261.095	644.339	104.563	191.281	28.477	2.027.292
delež površine (%)	9,52	5,81	24,01	12,88	31,78	5,16	9,44	1,40	100,00
povprečna višina površja DMV-100 (m)	257,37	292,96	350,49	478,43	670,46	791,87	1176,70	385,09	557,42
povprečna višina površja DMV-25 (m)	257,39	292,99	350,47	478,40	670,48	791,59	1175,96	385,35	557,34
povprečni naklon površja DMV-100 (°)	1,43	3,51	7,30	10,96	14,45	18,96	26,72	14,99	11,79
povprečni naklon površja DMV-25 (°)	1,84	4,49	9,50	13,81	17,32	22,03	29,43	17,08	14,14
povprečna ekspozicija površja DMV-100 (°)	76,26	84,33	85,98	88,14	87,55	84,64	80,49	98,15	85,33
povprečni ekspozicija površja DMV-25 (°)	69,52	83,30	86,13	87,77	87,71	85,62	81,13	96,63	84,76
povprečni višinski koeficient DMV-100	0,39	0,96	1,99	2,99	3,99	5,30	7,94	4,24	3,10
povprečni višinski koeficient DMV-25	0,41	1,00	2,06	3,07	4,05	5,34	7,92	4,27	3,35
povprečni naklonski koeficient DMV-100	5,32	11,66	21,50	28,52	33,30	38,10	44,83	39,17	30,89
povprečni naklonski koeficient DMV-25	7,63	16,11	28,22	34,95	38,42	41,79	47,33	43,22	32,37
povprečni ekspozicijski koeficient DMV-100	40,01	34,83	35,32	33,8	30,61	28,78	24,72	29,18	32,62
povprečni kspozicijski koeficient DMV-25	53,62	46,1	43,85	42,01	38,56	36,46	31,65	38,23	41,38
povprečni skupni koeficient DMV-100	10,25	16,78	25,42	29,24	30,01	31,38	31,63	30,29	26,38
povprečni skupni koeficient DMV-25	15,48	23,7	33,47	37,04	37,18	38,04	37,46	37,75	33,50
povprečni reliefni koeficient DMV-100	1,22	3,17	6,45	9,16	11,31	13,79	18,79	12,37	9,28
povprečni reliefni koeficient DMV-25	1,77	4,00	7,61	10,35	12,45	14,87	19,33	13,58	10,29

- **4 razgibana gričevja** (Razgibana gričevje so lahko homogena, na primer Brkini in Brdinje, ali pa so jim primešana manjša območja z vrednostmi umerjenega reliefnega koeficienta, značilnimi za nerazgibana gričevja (na primer Goriška brda, Ribniško podolje na Pohorju), za nerazgibana hribovja (na primer Zahodne Haloze, Vipavska brda, Breginj), ali celo za nerazgibana gričevja in nerazgibana hribovja hkrati (na primer Vitanjsko podolje, Bloke, Suha krajina, Šavrinska brda). Zanimivo je, da precej gričevij nosi ime gorice in precej razgibanih gričevij ime brda, ali drugače: v našem primeru nobeno gričevje nima imena brda in nobeno razgibano gričevje imena gorice. To lahko pomeni, da je brdo večja, bolj razgibana vzpetina kot grič. Tudi Melik razvršča nižje vzpetine v tri tipe: najmanjša vzpetina je griček, nato pa grič in brdo (Melik 1960). Gams podobno ugotavlja na temelju višinskih razlik (Gams 1986). Na zemljevidu je vrisanih 22 enot, ki pokrivajo 12,88 % površja Slovenije.);
- **5 nerazgibana hribovja** (Nerazgibana hribovja ali krajše hribovja so večinoma nehomogena. Več kot polovico površin sicer zavzemajo vrednosti umerjenega reliefnega koeficienta, značilne za nerazgibano hribovje, pojavljajo pa se tudi nižje in višje vrednosti, celo vrednosti, značilne za gorovje (na primer dolina Idrije, dolina Kolpe). Večina alpskih in kraških planot, ima ostre robove, kjer se pojavljajo vrednosti, značilne za gorovje (najbolj značilen je južni rob Trnovskega gozda in Nanosa), pa tudi uravnane predele z vrednostmi, značilnimi za gričevje (največ takih območij je na Banjšicah, Trnovskem gozdu ter na Jelovici in Pokljuki, manj na Nanosu in Javornikih, še manj pa na Komni in Fužinarski planoti) ali celo razgibane ravnine (na Trnovskem gozdu, Krasu in Črnovrški planoti severovzhodno od naselja Zadlog). Na zemljevidu je vrisanih 41 enot, ki pokrivajo 31,78 % površja Slovenije.);
- **6 razgibana hribovja** (Razgibana hribovja so še bolj nehomogena od nerazgibanih hribovij. Na zemljevidu je vrisanih 11 enot, ki pokrivajo 5,16 % površja Slovenije.);
- **7 nerazgibana in razgibana gorovja** (Nerazgibana in razgibana gorovja ali krajše gorovja, ki so v primerjavi z ravninami, gričevji in s hribovji najbolj nehomogena območja, smo na zemljevidu združili v 24 enot, ki pokrivajo 9,44 % površja Slovenije.);
- **8 velike doline** (Pred filtriranjem vrednosti umerjenega reliefnega koeficienta je znotraj močno razgibanega sveta izstopalo 5 podolgovatih območij z nizkimi vrednostmi umerjenega reliefnega koeficienta, ki so bila dovolj velika, čeprav pokrivajo le 1,40 % površja Slovenije, da smo jih lahko prikazali na zemljevidu. Imenovali smo jih velike doline.).

Enote razgibanosti površja so torej opredeljene na temelju DMV-100, kazalniki po enotah (preglednica 2) pa so izračunani iz DMV-25.

7 Sklep

Na temelju reliefnega koeficienta, ki upošteva prostorsko spreminjanje višin in naklonov površja hkrati, smo s sestavljanjem objektivnih in subjektivnih postopkov v okviru kartografskih in GIS-ovskih tehnik oblikovali metodo za določanje reliefnih enot oziroma enot razgibanosti površja. Površje Slovenije smo razčlenili na 195 enot in 8 skupin enot razgibanosti površja.

Najmanjša reliefna enota je Razgibana ravnina Staroselskega podolja s površino 695 ha, največja pa Hribovje Pohorja s površino 55.854 ha. Razmerje med najmanjšo in največjo enoto je tako 1 : 80.

Najmanjšo povprečno višino površja ima enota Ravnina ob spodnji Rižani in Badaševici z 9 m, največjo pa enota Hribovje planote Komna s 1655 m. Najmanjši standardni odklon višine površja ima enota Ravnina Ormoška ravan s 5 m, največjega pa enota Gorovje Kanina s 552 m.

Najmanjši povprečni naklon površja ima enota Ravnina Ravensko in Dolinsko s skoraj 0°, največji pa enota Gorovje Jalovca s 35°. Najmanjši standardni odklon naklona površja ima enota Ravnina Ravensko in Dolinsko s skoraj 0°, največjega pa enota Gorovje Triglava s 15°.

Najmanjšo povprečno ekspozicijo površja ima enota Razgibano hribovje Bavhe (Korensko razgibano hribovje) s 50°, največjo pa enota Razgibano gričevje Ribniško podolje s 122°. Najmanjši standardni

Preglednica 3: Reliefni kazalniki po enotah razgibanosti površja.

	oznaka na zemljevidu	površina (ha)	povprečna višina (m)	povprečni naklon (°)	povprečna ekspozicija (°)	višinski koeficient	naklonski koeficient	ekspozicijski koeficient	skupni koeficient	reliefni koeficient
Ravnina Apaško polje	1.01	5.720	231,73	2,54	96,02	0,56	9,22	54,68	17,11	2,28
Ravnina Ravensko in Dolinsko	1.02	38.423	177,29	0,34	60,53	0,06	1,85	60,34	9,98	0,35
Ravnina Mursko polje	1.03	10.571	184,24	1,23	68,96	0,27	4,76	55,52	12,57	1,13
Ravnina Dravsko polje	1.04	25.643	248,94	1,04	71,75	0,22	4,86	56,00	13,16	1,04
Ravnina Ptujsko polje	1.05	9.816	211,87	1,02	68,07	0,22	4,80	58,30	13,15	1,03
Ravnina Ormoška ravan	1.06	1.587	184,84	1,04	64,72	0,22	7,29	57,77	17,36	1,28
Ravnina Celjske kotline	1.07	8.405	273,14	3,24	80,80	0,71	11,63	52,73	19,32	2,87
Ravnina Kranjsko polje	1.08	14.220	381,14	1,92	50,66	0,43	7,92	37,97	14,84	1,85
Ravnina Sorško polje	1.09	6.611	359,66	1,99	60,54	0,46	10,85	45,60	18,13	2,23
Ravnina Ljubljansko polje	1.10	10.392	303,54	3,56	82,29	0,78	13,55	54,11	22,19	3,24
Bistriška ravnina	1.11	11.645	309,90	2,36	58,79	0,52	10,15	45,06	17,43	2,30
Ravnina Ljubljansko barje	1.12	18.808	302,71	2,96	83,08	0,69	12,27	55,02	19,23	2,91
Ravnina Krško polje in Krakovski gozd	1.13	9.853	154,78	1,08	70,14	0,23	5,07	56,97	13,90	1,09
Ravnina Brežiškega polja	1.14	2.916	146,46	1,30	77,87	0,27	6,22	60,49	16,05	1,30
Ravnina ob Sotli	1.15	1.818	155,50	2,45	75,49	0,56	11,85	51,87	20,92	2,57
Ravnina Ribniško polje	1.16	3.873	494,55	2,71	82,95	0,62	11,42	50,22	20,43	2,66
Ravnina Planinsko polje	1.17	1.720	473,06	7,40	87,32	1,76	25,05	47,94	29,84	6,64
Ravnina Cerkniško polje	1.18	5.377	574,01	4,36	68,09	1,03	14,29	44,25	19,88	3,83
Ravnina Goriško polje	1.19	2.145	90,33	5,75	78,36	1,27	20,60	48,99	27,95	5,11
Ravnina ob spodnji Dragonji	1.20	1.941	14,41	3,88	63,50	0,95	16,64	49,36	23,07	3,97
Ravnina ob spodnji Rižani in Badaševici	1.21	1.522	8,83	2,26	76,03	0,52	8,60	50,64	17,75	2,12
Murska razgibana ravnina	2.01	12.148	197,34	1,92	65,38	0,43	7,12	44,61	15,18	1,75
Razgibana ravnina Radensko polje	2.02	2.120	212,59	1,82	104,15	0,41	7,42	42,62	15,85	1,75
Razgibana ravnina dna doline Ščavnice	2.03	6.438	220,00	3,17	84,26	0,71	12,13	44,57	20,78	2,93
Razgibana ravnina dna doline Pesnice	2.04	4.880	229,08	1,43	75,76	0,32	6,93	52,15	15,86	1,49
Razgibana ravnina dna doline Rogoznice	2.05	869	245,00	2,50	75,27	0,58	8,50	40,43	16,10	2,23
Radeljska razgibana ravnina	2.06	2.740	375,37	9,61	97,07	2,24	34,43	47,77	36,69	8,79
Razgibana ravnina med naseljema Maribor in Ptuj	2.07	4.750	238,52	1,56	82,14	0,31	8,67	58,08	19,34	1,65
Razgibana ravnina med naseljema Maribor in Spodnja Polskava	2.08	2.989	286,22	3,75	81,50	0,80	13,23	42,19	20,73	3,25
Razgibana ravnina Ormoška dobra	2.09	4.036	208,60	2,59	66,05	0,57	11,47	44,65	20,62	2,55

	oznaka na zemljevidu	površina (ha)	povprečna višina (m)	povprečni naklon (°)	povprečna ekspozicija (°)	višinski koeficient	naklonski koeficient	ekspozicijski koeficient	skupni koeficient	reliefni koeficient
Razgibana ravnina Slovenske Bistrice	2.10	2.592	268,15	2,79	89,55	0,60	10,06	44,85	18,93	2,47
Razgibana ravnina Slovenskih Konjic	2.11	1.726	297,51	3,72	85,48	0,85	13,62	42,28	20,05	3,41
Razgibana ravnina Slovenjgraške kotline	2.12	1.446	442,55	4,17	115,09	0,99	19,69	38,27	25,51	4,41
Razgibana ravnina Velenjske kotline	2.13	1.645	394,57	7,17	82,21	1,60	25,95	46,78	31,58	6,44
Razgibana ravnina zahodne Celjske kotline	2.14	5.696	332,83	6,90	91,12	1,53	22,55	46,26	29,00	5,88
Razgibana ravnina severne Celjske kotline	2.15	2.935	272,56	3,86	65,37	0,82	15,15	45,76	22,92	3,52
Razgibana ravnina vzhodne Celjske kotline (Čret)	2.16	2.355	260,86	2,74	69,86	0,55	10,70	46,88	19,95	2,44
Razgibana ravnina Dežela	2.17	2.680	532,16	5,78	57,88	1,43	21,33	39,43	24,93	5,52
Razgibana ravnina Šentjernejsko polje in Zakrakovje	2.18	8.715	183,43	3,68	104,55	0,74	13,74	44,57	22,26	3,20
Obgorjanska razgibana ravnina	2.19	3.476	205,79	10,21	108,78	2,18	31,90	47,00	36,33	8,34
Razgibana ravnina Brežiškega polja	2.20	3.880	155,62	1,32	75,18	0,27	5,88	51,57	15,14	1,27
Razgibana ravnina Grosupeljske kotline	2.21	2.863	343,19	4,28	83,16	0,99	15,49	43,77	23,24	3,91
Razgibana ravnina Dobro polje	2.22	3.287	479,99	7,68	88,78	1,91	20,00	40,28	23,66	6,19
Razgibana ravnina Kočevsko polje	2.23	7.117	480,52	4,41	85,70	0,95	16,39	48,67	26,05	3,94
Razgibana ravnina Loško polje	2.24	1.914	591,86	4,90	87,80	1,14	16,99	42,82	23,91	4,40
Razgibana ravnina Pivke	2.25	9.818	552,28	4,95	85,23	1,04	19,29	49,62	29,65	4,48
Razgibana ravnina Bovške kotline	2.26	1.715	427,64	12,45	94,02	3,15	43,45	46,13	40,90	11,70
Razgibana ravnina Staroselskega podolja	2.27	695	259,42	8,91	107,66	2,33	31,22	42,97	32,18	8,54
Razgibana ravnina Tolminske kotline	2.28	1.490	234,86	14,69	76,82	3,81	40,17	37,42	35,75	12,37
Razgibana ravnina Vipavske doline	2.29	10.829	103,74	5,93	80,35	1,26	20,50	44,77	27,88	5,09
Gričevje Goričko	3.01	43.307	283,97	6,64	79,53	1,45	19,21	39,04	26,34	5,29
Gričevje Lendavske gorice	3.02	1.990	218,72	8,86	77,28	1,91	26,24	36,88	29,14	7,08
Gričevje Slovenskih goric med Muro in Ščavnico	3.03	5.930	248,97	7,84	83,37	1,66	23,27	40,61	29,74	6,22
Gričevje Slovenskih goric med zgornjima dolinama Ščavnice in Pesnice	3.04	37.612	290,22	9,38	84,73	1,95	28,70	45,67	34,97	7,49
Gričevje Slovenskih goric med spodnjima dolinama Ščavnice in Pesnice (Ljutomerske in Ormoške gorice)	3.05	23.661	250,77	8,15	83,63	1,71	24,80	43,61	31,78	6,50
Gričevje Slovenskih goric med dolinama Drave in Pesnice	3.06	22.268	324,27	11,21	85,79	2,35	31,17	45,97	36,32	8,56
Gričevje Dravinjske gorice	3.07	15.641	297,09	7,27	83,24	1,50	24,40	45,81	31,89	6,06
Gričevje Haloz	3.08	9.686	278,29	15,21	90,58	2,87	43,03	50,32	45,84	11,10
Gričevje Mežiško podolje	3.09	7.793	569,35	14,77	105,04	3,37	35,70	38,46	35,85	10,98
Gričevje Slovenjgraške kotline	3.10	4.510	594,04	13,00	99,25	2,86	32,94	40,35	34,64	9,71

	oznaka na zemljevidu	površina (ha)	povprečna višina (m)	povprečni naklon (°)	povprečna ekspozicija (°)	višinski koeficient	naklonski koeficient	ekspozicijski koeficient	skupni koeficient	reliefni koeficient
Gričevje Gornjegrajske in Mozirske kotlinice	3.11	5.912	416,36	8,77	83,29	1,95	28,84	45,24	33,52	7,50
Gričevje Dobrnsko podolje	3.12	3.688	371,08	12,07	84,15	2,52	37,90	46,61	41,00	9,78
Severno Voglajnsko gričevje	3.13	4.532	365,79	14,33	81,60	2,88	38,92	49,14	43,00	10,59
Osrednje Voglajnsko gričevje (Voglajnsko podolje)	3.14	7.205	299,11	8,49	85,93	1,75	28,43	49,04	36,05	7,05
Južno Voglajnsko gričevje	3.15	2.065	323,84	13,67	97,90	3,01	37,95	42,68	38,81	10,68
Gričevje Rogaško podolje	3.16	16.796	283,44	11,22	85,20	2,34	33,04	46,65	38,30	8,80
Planinsko gričevje	3.17	2.606	539,79	13,66	100,33	3,03	32,57	41,17	35,56	9,93
Sotelsko gričevje	3.18	11.176	320,58	12,74	96,34	2,86	33,94	42,20	36,02	9,85
Gričevje Senovsko podolje	3.19	10.948	301,44	13,57	80,39	2,94	39,63	44,81	40,86	10,79
Gričevje Bizeljske gorice	3.20	9.008	225,83	10,24	71,54	2,11	30,82	42,67	34,54	8,07
Gričevje Kapelske gorice	3.21	760	165,55	3,71	74,44	0,82	15,75	46,96	24,13	3,60
Gričevje Bohinja	3.22	5.008	617,18	13,92	97,07	3,57	40,51	36,86	35,56	12,02
Gričevje Bleskega kota	3.23	2.824	513,58	8,44	75,45	2,00	35,14	46,30	36,89	8,39
Gričevje Dobrave	3.24	18.460	493,99	9,71	76,79	2,17	33,82	42,94	36,00	8,57
Smledniško gričevje	3.25	2.489	361,14	8,06	82,90	1,80	24,02	44,57	29,88	6,57
Tunjsko gričevje	3.26	2.131	393,58	9,80	80,44	1,89	33,74	46,89	38,80	7,98
Gričevje Dolenjskega podolja	3.27	34.522	367,66	8,96	86,81	1,98	27,19	43,27	32,92	7,34
Gričevje Mirne	3.28	5.343	277,83	9,80	87,75	2,15	30,43	44,77	34,39	8,09
Gričevje Krške gorice	3.29	5.037	206,43	7,57	69,07	1,56	23,07	45,26	30,62	6,00
Gričevje Šmarješke gorice	3.30	3.209	249,75	9,92	79,64	2,14	27,15	43,20	33,12	7,63
Gričevje Novomeške pokrajine	3.31	22.175	286,98	8,98	101,90	1,96	26,46	43,37	32,46	7,21
Gričevje Bele krajine	3.32	33.234	210,62	6,00	85,86	1,23	21,94	49,66	31,69	5,19
Gričevje Logaške kotlinice	3.33	3.701	514,45	8,76	89,01	1,88	30,43	47,84	36,40	7,56
Gričevje Uniške uvala	3.34	2.782	569,54	8,49	90,67	1,85	27,06	43,42	33,03	7,08
Podloško gričevje	3.35	1.299	666,79	12,45	82,08	2,95	30,42	33,34	30,65	9,48
Gričevje Babnega polja	3.36	2.364	778,22	10,19	94,50	2,34	28,40	39,45	31,99	8,15
Gričevje Šentviške planote	3.37	5.671	568,47	21,71	83,61	5,15	44,08	39,88	40,74	15,06
Gričevje Črnovrške planote	3.38	6.313	657,76	11,31	93,50	2,54	34,32	44,25	36,67	9,34
Gričevje Kras	3.39	43.386	330,13	7,38	91,00	1,66	22,22	43,22	29,08	6,08
Gričevje doline Reke	3.40	19.435	589,47	12,37	81,23	2,80	32,80	41,45	35,24	9,58
Gričevje Podgrajsko podolje	3.41	10.495	561,44	8,30	89,37	1,80	27,26	47,05	34,45	7,01
Gričevje Podgorska planota	3.42	9.712	441,52	10,19	86,68	2,46	29,43	36,43	30,04	8,51

	oznaka na zemljevidu	površina (ha)	povprečna višina (m)	povprečni naklon (°)	povprečna ekspozicija (°)	višinski koeficient	naklonski koeficient	ekspozicijski koeficient	skupni koeficient	reliefni koeficient
Razgibano gričevje Haloz	4.01	11.868	344,76	18,88	93,15	3,78	46,82	48,48	46,88	13,31
Razgibano gričevje Ribniško podolje	4.02	3.628	599,99	16,67	122,07	3,72	37,14	35,60	35,47	11,76
Razgibano gričevje vzhodnopohorske planote	4.03	13.915	1126,16	13,84	77,23	3,21	30,40	35,69	31,83	9,87
Razgibano gričevje Brdinje	4.04	3.192	521,34	17,92	91,87	4,12	37,00	39,21	37,28	12,35
Razgibano gričevje Vitanjsko podolje	4.05	4.500	569,76	16,44	96,99	3,69	39,30	43,87	40,38	12,04
Razgibano gričevje Velenjske kotline	4.06	11.513	590,22	18,42	78,12	4,11	43,42	43,21	42,26	13,36
Ložniško razgibano gričevje	4.07	12.434	381,36	13,32	80,98	2,85	36,87	44,51	39,18	10,26
Kalobsko razgibano gričevje	4.08	5.207	485,10	14,61	93,84	3,09	37,19	46,15	40,67	10,73
Razgibano gričevje Razborja	4.09	5.670	462,06	16,79	88,03	3,85	40,56	39,06	38,75	12,50
Krško razgibano gričevje	4.10	23.235	354,25	14,86	85,08	3,19	37,64	45,21	40,34	10,95
Razgibano gričevje zahodne Suhe krajine	4.11	21.768	442,73	9,33	95,14	2,16	25,03	36,97	29,27	7,36
Razgibano gričevje vzhodne Suhe krajine	4.12	16.459	338,81	9,57	85,93	2,21	27,71	40,47	31,84	7,82
Razgibano gričevje Rovt	4.13	18.815	574,68	15,68	86,88	3,46	42,07	46,90	43,17	12,06
Razgibano gričevje Menišije in Pokojiške planote	4.14	14.181	620,83	9,66	89,31	2,18	28,53	42,45	33,33	7,89
Razgibano gričevje Bloke	4.15	15.255	728,22	12,39	91,21	2,78	32,08	41,34	34,72	9,44
Razgibano gričevje Velikolaščanske pokrajine	4.16	3.839	587,06	11,76	90,64	2,51	32,85	48,17	38,78	9,08
Razgibano gričevje Breginja	4.17	3.802	560,68	20,72	93,91	5,21	43,78	31,72	35,98	15,11
Razgibano gričevje Goriška brda	4.18	7.595	212,07	16,31	81,30	3,65	37,53	42,87	39,00	11,71
Podtrnovsko razgibano gričevje	4.19	6.408	258,64	13,08	54,47	3,12	27,88	30,29	27,74	9,32
Razgibano gričevje Vipavska brda	4.20	11.424	359,30	14,84	94,04	3,30	36,26	43,06	38,48	10,94
Razgibano gričevje Brkini	4.21	19.689	559,52	14,11	91,28	2,98	36,65	46,19	40,30	10,45
Razgibano gričevje Šavrinska brda	4.22	26.697	191,50	12,84	88,86	2,96	33,04	40,07	34,90	9,89
Hribovje Kozjak	5.01	17.959	621,60	22,28	79,74	5,07	44,35	42,17	42,22	14,99
Hribovje Strojne	5.02	6.753	698,91	18,59	81,67	4,32	37,06	35,79	35,65	12,65
Hribovje Pohorja	5.03	55.854	740,68	18,89	87,75	4,40	36,20	35,81	35,03	12,61
Hribovje Razborja	5.04	5.433	712,55	23,02	87,15	5,24	46,06	40,65	42,54	15,54
Hribovje Maclja, Donačke gore in Boča	5.05	12.107	434,21	19,93	87,26	4,45	43,22	41,78	41,44	13,87
Svetinsko hribovje	5.06	6.139	477,57	18,96	91,37	4,31	42,49	42,78	41,64	13,54
Hribovje Rudnice in Žusma	5.07	4.477	402,43	17,71	88,54	3,89	41,21	43,09	41,22	12,66
Hribovje Lisce	5.08	7.974	509,17	21,83	82,48	5,21	42,70	36,68	38,60	14,91
Hribovje Bohorja	5.09	10.330	534,77	18,79	82,56	4,35	41,19	38,98	38,95	13,38
Bizeljsko hribovje (hribovje Orlice)	5.10	3.382	426,60	19,75	75,86	4,50	42,98	40,68	40,92	13,91

	oznaka na zemljevidu	površina (ha)	povprečna višina (m)	povprečni naklon (°)	povprečna ekspozicija (°)	višinski koeficient	naklonski koeficient	ekspozicijski koeficient	skupni koeficient	reliefni koeficient
Hribovje Dobroveljske planote	5.11	6.504	643,16	20,09	93,52	4,83	42,21	36,04	37,62	14,27
Hribovje Rakitovca	5.12	10.092	571,69	18,86	84,42	4,30	42,35	42,27	41,32	13,49
Hribovje Limbarske gore	5.13	7.861	476,98	15,90	85,64	3,58	41,52	46,22	42,31	12,20
Hribovje Slivne	5.14	13.236	480,74	17,71	86,47	4,10	41,90	38,42	38,77	13,11
Hribovje Čemšeniške planine	5.15	9.978	550,25	21,45	86,71	5,14	42,13	36,53	38,16	14,71
Hribovje Mrzlice	5.16	18.519	516,48	21,22	89,20	5,10	41,88	37,18	38,29	14,61
Trebeljevsko hribovje	5.17	27.460	457,54	16,93	86,06	3,70	39,57	43,67	40,72	12,09
Hribovje Jatne	5.18	27.200	455,41	16,20	83,42	3,58	38,95	42,74	39,89	11,81
Hribovje Gorjanci	5.19	19.900	511,40	14,95	98,01	3,44	35,82	38,71	36,04	11,10
Hribovje planote Mežakla	5.20	5.097	942,42	22,89	83,82	5,97	48,14	34,03	38,56	16,95
Hribovje planote Jelovica	5.21	11.352	1120,51	16,13	109,30	3,84	40,43	40,44	38,92	12,45
Hribovje planote Pokljuka	5.22	16.057	1115,30	18,72	80,24	4,71	45,00	38,24	39,41	14,56
Hribovje Fužinarske planote	5.23	3.468	1327,38	25,61	69,30	7,02	60,65	34,59	43,81	20,64
Hribovje planote Komna	5.24	4.996	1654,86	23,03	81,10	5,90	56,11	39,06	45,38	18,19
Škofjeloško hribovje	5.25	40.394	687,68	20,74	88,42	4,88	40,52	38,44	38,47	14,06
Polhograjsko hribovje	5.26	24.396	555,48	19,82	90,70	4,47	43,40	42,57	41,90	13,92
Hribovje Šmarne gore	5.27	3.675	374,06	10,19	83,40	2,27	31,06	43,33	34,29	8,40
Hribovje Krvavca	5.28	3.402	631,36	18,46	67,50	4,27	46,63	40,98	42,24	14,11
Hribovje Krma in Rakitniške planote	5.29	14.039	668,95	16,49	95,22	3,86	38,09	37,90	36,68	12,12
Hribovje Mokrc	5.30	8.262	643,75	15,61	95,05	3,64	40,41	39,62	38,59	12,13
Kočevsko hribovje	5.31	50.982	747,52	14,47	85,57	3,41	34,83	37,17	34,52	10,90
Hribovje Mala gora	5.32	8.219	640,53	11,69	79,29	2,80	27,13	32,61	28,32	8,71
Hribovje Kočevskega roga	5.33	51.708	599,47	11,70	87,11	2,73	29,01	35,90	31,11	8,90
Hribovje idrijskih planot	5.34	18.368	681,20	25,28	92,22	6,22	46,98	36,92	40,62	17,10
Hribovje planote Banjšice	5.35	17.001	624,54	17,01	92,06	3,99	37,67	37,99	36,63	12,27
Hribovje planote Trnovski gozd	5.36	24.259	893,52	18,79	83,20	4,49	42,16	38,05	38,79	13,76
Hribovje planote Nanos	5.37	10.497	762,80	16,62	89,16	4,01	36,88	34,05	33,97	12,17
Hribovje planote Hrušica	5.38	17.435	759,05	13,47	89,54	3,08	35,05	39,74	36,00	10,39
Senožeško hribovje (hribovje Vremščice)	5.39	11.913	629,42	10,03	86,83	2,26	26,95	39,63	31,48	7,81
Hribovje planote Javorniki	5.40	27.047	850,95	12,62	91,74	2,91	31,29	37,78	33,26	9,54
Hribovje Slavnika	5.41	6.047	739,95	13,20	102,24	3,12	30,70	34,81	31,54	9,79
Razgibano hribovje Golice (južni odrastki Golice)	6.01	7.604	778,34	22,47	67,19	5,45	39,90	33,03	35,43	14,75

	oznaka na zemljevidu	površina (ha)	povprečna višina (m)	povprečni naklon (°)	povprečna ekspozicija (°)	višinski koeficient	naklonski koeficient	ekspozicijski koeficient	skupni koeficient	reliefni koeficient
Razgibano hribovje Konjiške gore in Paškega Kozjaka	6.02	12.454	640,55	21,07	80,66	5,01	42,93	38,29	39,45	14,66
Razgibano hribovje Menine	6.03	15.036	784,63	19,42	86,48	4,64	41,05	36,65	37,49	13,81
Razgibano hribovje Kuma	6.04	12.445	617,43	20,90	92,52	4,93	43,68	39,71	40,57	14,68
Razgibano hribovje Bavhe (Korensko razgibano hribovje)	6.05	2.149	1219,11	25,22	49,55	6,27	40,18	29,35	33,41	15,87
Razgibano hribovje Porezna	6.06	7.939	775,95	26,46	87,52	6,57	44,18	35,57	38,81	17,04
Razgibano hribovje Ratitovca	6.07	7.151	864,81	26,04	71,04	6,48	44,80	34,39	38,20	17,04
Razgibano hribovje Kobarškega Stola	6.08	5.669	883,57	28,18	86,09	7,46	39,32	25,15	30,24	17,13
Razgibano hribovje Matajurja in Kolovrata	6.09	4.443	780,04	25,89	117,11	6,77	38,65	26,41	30,84	16,18
Razgibano hribovje Kambresko	6.10	8.854	432,01	24,11	88,01	5,81	43,19	37,69	39,32	15,84
Razgibano hribovje Snežnika	6.11	15.386	1158,74	16,86	92,01	3,79	39,57	41,14	39,47	12,24
Gorovje Urslje gore	7.01	3.918	975,26	26,07	88,78	6,45	43,12	35,35	38,16	16,68
Gorovje Pece	7.02	6.277	1099,48	26,51	76,70	6,63	43,58	34,34	37,76	17,00
Gorovje Smrekovca	7.03	12.613	1006,64	25,38	90,80	6,14	42,91	35,08	37,98	16,24
Gorovje Olševe	7.04	3.545	1182,90	26,35	66,33	6,69	44,96	32,74	37,32	17,34
Gorovje Raduhe	7.05	4.360	1109,90	27,23	76,20	6,97	44,01	31,70	36,51	17,51
Gorovje Golte	7.06	6.079	914,44	23,18	79,48	5,68	42,40	34,48	37,33	15,52
Gorovje Rogatca	7.07	8.540	802,42	23,13	91,52	5,60	40,92	36,14	37,60	15,14
Gorovje Dleskovške planote	7.08	4.064	1184,65	27,59	78,88	7,37	48,17	31,59	37,89	18,85
Gorovje Velika planina	7.09	4.546	1101,18	26,64	81,33	7,15	47,99	33,94	38,83	18,52
Gorovje Grintovci	7.10	18.375	1281,88	31,59	87,57	8,79	49,87	31,36	38,23	20,94
Gorovje Storžiča	7.11	7.640	1055,21	29,32	79,03	7,63	40,33	28,72	33,13	17,54
Gorovje Stegovnika	7.12	6.408	1154,06	24,27	81,23	5,99	42,85	33,92	37,17	16,03
Gorovje Košute	7.13	5.714	1229,32	27,31	58,97	6,93	44,19	33,60	37,57	17,51
Gorovje Dobrče	7.14	2.913	952,86	26,48	77,51	6,67	42,84	32,57	36,47	16,91
Gorovje Begunjščice	7.15	2.859	1138,42	29,50	71,60	7,63	45,26	33,24	37,70	18,59
Gorovje Stola	7.16	3.895	1336,18	27,76	55,31	7,26	44,68	30,24	35,70	18,01
Gorovje Zahodnih Karavank	7.17	8.555	1255,63	27,47	61,94	6,87	41,74	34,48	37,11	16,94
Gorovje Kanina	7.18	7.789	1285,22	31,33	58,12	8,76	52,31	29,38	37,86	21,40
Gorovje Mangarta	7.19	3.449	1420,47	31,94	69,86	9,23	53,60	29,23	38,20	22,24
Gorovje Jalovca	7.20	13.014	1328,92	35,36	81,89	10,48	54,77	28,43	38,16	23,96
Gorovje Škrlatice	7.21	9.168	1496,05	34,82	89,53	10,25	53,99	29,02	38,32	23,53
Gorovje Triglava	7.22	13.797	1556,36	33,31	94,75	9,85	57,35	30,01	40,04	23,77

	oznaka na zemljevidu	površina (ha)	povprečna višina (m)	povprečni naklon (°)	povprečna ekspozicija (°)	višinski koeficient	naklonski koeficient	ekspozicijski koeficient	skupni koeficient	reliefni koeficient
Gorovje Krna	7.23	13.100	1083,85	31,46	85,24	8,75	46,96	27,37	34,57	20,27
Gorovje Vogla	7.24	20.665	999,43	30,52	85,75	7,96	46,15	31,76	37,32	19,17
Dolina Drave med Pohorjem in Kozjakom	8.01	6.870	417,13	18,18	105,03	4,51	43,05	39,31	38,01	13,93
Dolina Savinje v Posavskem hribovju	8.02	2.381	283,42	17,91	96,79	4,32	45,33	38,90	40,51	14,00
Dolina Save v Posavskem hribovju	8.03	9.481	295,76	16,96	106,13	4,20	42,87	40,34	38,57	13,41
Dolina Save Dolinke med Karavankami in Julijskimi Alpami	8.04	4.628	714,77	14,42	78,19	3,73	40,68	35,56	34,68	12,31
Dolina Soče med Bovcem in Novo Gorico	8.05	5.117	258,18	17,83	84,36	4,55	45,43	34,97	37,37	14,38
skupaj		2.027.292	557,34	14,14	84,76	3,35	32,37	41,38	33,5	10,29

odklon ekspozicije površja ima enota Razgibano gričevje Ribniško podolje z 39°, največjega pa enota Ravnina ob spodnji Rižani in Badaševici s 64°.

Najmanjši povprečni višinski koeficient ima enota Ravensko in Dolinsko s skoraj 0, največji pa enota Gorovje Jalovca z 10. Najmanjši povprečni naklonski koeficient ima enota Ravensko in Dolinsko z 2, največji pa enota Hribovje Fužinarske planote z 61. Najmanjši povprečni ekspozicijski koeficient ima enota Razgibano hribovje Kobariškega Stola s 25, največji pa enota Ravnina Brežiškega polja s 60.

Najmanjši povprečni skupni koeficient ima enota Ravensko in Dolinsko z 10, največji pa enota Razgibano gričevje Haloz s 47. To pomeni, da je sta Ravensko in Dolinsko glede na prostorsko spreminjanje višine, naklona in ekspozicije površja najmanj razčlenjena enota, v Halozah pa se višina, naklon in ekspozicija površja prostorsko najhitreje spreminjata.

Najmanjši povprečni reliefni koeficient ima enota Ravensko in Dolinsko s skoraj 0, največji pa enota Gorovje Jalovca s 24.

Če torej upoštevamo le spremenljivost višine in naklona površja, so najbolj razgibane, razčlenjene slovenske pokrajine gorovja, če pa upoštevamo še spremenljivost ekspozicij površja, na prvo mesto glede razgibanosti pridejo razčlenjena hribovja in gričevja, kakršne so Haloze.

Metoda je razmeroma uspešna pri avtomatičnem določanju reliefnih oblik, kakrše so ravnine, vzpetine (grič, hrib, gora) in skupine vzpetin (gričevje, hribovje, gorovje), ali reliefnih oblik, kot so slemena, doline, robovi planot in vznožja vzpetin, slabša pa predvsem pri avtomatičnem določanju planot, kotlin in podobnih večjih reliefnih oblik.

8 Viri in literatura

- Badjura, R. 1953: Ljudska geografija. Ljubljana.
- Blejec, M. 1976: Statistične metode za ekonomiste. Ljubljana.
- Bognar, A. 1986: Geomorfološke i inženjersko-geomorfološke osobine kričkog brda. Geografski glasnik 48. Zagreb.
- Demek, J. 1972: Manual of detailed geomorphological mapping. Brno.
- Demek, J. 1976: Handbuch der geomorphologischen Detailkartierung. Wien.
- Digitalni model višin 25. Geodetska uprava Republike Slovenije. Zbirka podatkov. Ljubljana, 2005.
- Eastman, J. R. 1995: IDRISI for Windows. User's Guide. Worcester.
- Gabrovec, M., Hrvatin, M. 1998: Površje. Geografski atlas Slovenije. Ljubljana.
- Gams, I. 1983: Geografske značilnosti Slovenije. Ljubljana.
- Gams, I. 1984: Metodologija geografske razčlenitve ozemlja. Geografski vestnik 56. Ljubljana.
- Gams, I. 1985: Problemi sodobnega raziskovanja gorskih sistemov. Geografski vestnik 57. Ljubljana.
- Gams, I. 1986: Za kvantitativno razmejitev med pojmi gričevje, hribovje in gorovje. Geografski vestnik 58. Ljubljana.
- Gams, I. 1987: Omejitve alpskega sveta v Sloveniji. Geografski vestnik 59. Ljubljana.
- Gams, I. 1998: Relief. Geografija Slovenije. Ljubljana.
- Gams, I., Natek, K. 1981: Geomorfološka karta 1 : 100.000 in razvoj reliefa v Litijski kotlini. Geografski zbornik 21. Ljubljana.
- Hrvatin, M., Perko, D. 2002: Ugotavljanje ukrivljenosti površja z digitalnim modelom višin in njena uporabnost v geomorfologiji. Geografski informacijski sistemi 2001–2002. Ljubljana.
- Hrvatin, 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.
- Lipovšek - Ščetinin, B., Zupet, B. 1979: Gorsko izrazoslovje. Alpinistična šola 1. Ljubljana.
- Mäusbacher, R. 1985: Die Verwendbarkeit der geomorphologischen Karte 1 : 25.000. Berliner geographische Abhandlungen 40. Berlin.
- McCoy, J., Johnston, K. 2001: Using ArcGIS Spatial Analyst. Redlands.

- Melik, A. 1935: Slovenija. Geografski opis. Ljubljana.
- Melik, A. 1954: Slovenski alpski svet. Ljubljana.
- Melik, A. 1957: Štajerska s Prekmurjem in Mežiško dolino. Ljubljana.
- Melik, A. 1959: Posavska Slovenija. Ljubljana.
- Melik, A. 1960: Slovensko Primorje. Ljubljana.
- Melik, A. 1963: Slovenija, Geografski opis. Ljubljana.
- Natek, K. 1993: Tipi površja v Sloveniji 1. Geografski obzornik 40-4. Ljubljana.
- Perko, D. 2001a: Analiza površja Slovenije s stometrskim digitalnim modelom reliefa. Geografija Slovenije 3. Ljubljana.
- Perko, D. 2002: Določanje vodoravne in navpične razgibanosti površja z digitalnim modelom višin. Geografski vestnik 74-2. Ljubljana.
- Perko, D. 2007: Morfometrija površja Slovenije. Georitem 3. Ljubljana.
- Perko, D., Orožen Adamič, M. (ur.) 2001: Slovenija – pokrajine in ljudje. Ljubljana.
- Podobnikar, T. 2002: Koncept izdelave novega digitalnega modela reliefa Slovenije. Geografski vestnik 74-1. Ljubljana.
- Podobnikar, T. 2005: Production of integrated digital terrain model from multiple datasets of different quality. International Journal of Geographical Information Science 19-1. London.
- Podobnikar, T. 2006: Digitalni model reliefa iz različnih podatkov. Življenje in tehnika 57-4. Ljubljana.
- Speight, J. G. 1980: Methods and significance of slope mapping. Technical memorandum 80-7. Canberra.
- Wood, J. 1996: The geomorphological characterisation of digital elevation models. Doktorska naloga, Department of geography, University of Leicester. Leicester.

9 Summary: Morphometric indicators of landform units in Slovenia

(translated by the author)

In diverse Slovenia landform is often the most important factor in distinguishing between regions and is an important element of geographic classification, typification, and regionalization; this is why Slovenian geographers have developed several relief-based landform classifications of the territory.

The oldest landform typification of Slovenia was developed in 1935 by Anton Melik, who distinguished between sixteen landform units on his geomorphological map of Slovenia. The first computerized typification of Slovenia was developed in 1992 by the author in his doctoral dissertation, in which he divided Slovenian territory into eight landform groups. This method of landform determination has been improved several times.

This article describes Slovenia's landform units, their basic morphometric indicators and the revised method of their determination using the 25-meter and 100-meter digital elevation models and geographic information system.

A digital elevation model makes it possible to define surface distance, surface inclination, and surface curvature with regard to a horizontal or vertical plane in space. Their spatial variation, also called surface roughness, can be determined by local and regional surface roughness coefficients. The local coefficients are derived from the variability of the main cell and average of its neighboring cells, whereas the regional coefficients are derived from the variability of the main cell and average of all cells. The most applicable coefficients are the regional height, slope, and aspect coefficients of surface roughness.

The regional height coefficient (the relation between the standard deviation of the vertical distance of the cell and the average vertical distance of all cells multiplied by 100) determines the spatial variability of height. The highest coefficients are found for Alpine mountains, followed by Alpine hills, Dinaric plateaus, and Mediterranean low hills. The lowest coefficients are found for Pannonian plains, followed by Alpine plains, Dinaric plains, and Mediterranean plateaus.

The regional slope coefficient (the relation between the standard deviation of the vertical inclination of the cell and the average vertical inclination of all cells multiplied by 100) determines the spatial variability of slope. The highest coefficients are found for Alpine mountains, followed by Alpine hills, Dinaric plateaus, and Mediterranean low hills. The lowest coefficients are found for Pannonian plains, followed by Alpine plains, Dinaric plains and Mediterranean plateaus.

The regional aspect coefficient (the relation between the standard deviation of the horizontal inclination of the cell and the average horizontal inclination of all cells multiplied by 100) determines the spatial variability of aspect. The highest coefficients are found for Pannonian plains, followed by Dinaric plains, Alpine plains, and Pannonian low hills. The lowest coefficients are found for Alpine mountains, followed by Dinaric plateaus, Alpine hills, and Mediterranean plateaus.

The regional joint coefficient (the geometric mean of the regional slope coefficient and the regional aspect coefficient) determines the spatial variability of slope and aspect simultaneously. The highest coefficients are found for Alpine hills, followed by Alpine mountains, Dinaric plateaus, and Mediterranean low hills. The lowest coefficients are found for Pannonian plains, followed by Alpine plains, Dinaric plains, and Mediterranean plateaus.

In the article we identified surface roughness using a regional relief coefficient (i.e., the geometric mean of the regional height coefficient and the regional slope coefficient), which is similar to regional joint coefficient, but it determines the spatial variability of height and slope simultaneously instead of the spatial variability of slope and aspect. We used a geographic information system to filter the regional relief coefficient layer several times, thus obtaining uniform areas of the same morphological class, which we called morphological units or landform units.

In Slovenia 195 individual landform units and 8 landform unit groups were recognized using the regional relief coefficient:

- 1 Unrough plains *nerazgibane ravnine* (21 units, 9,52% surface, average height: 257,39 m, average slope: 1,84°, average relief coefficient: 1,77);
- 2 Rough plains *razgibane ravnine* (29 units, 5,81% surface, average height: 257,39 m, average slope: 4,49°, average relief coefficient: 4,00);
- 3 Unrough low hills *nerazgibana gričevja* (42 units, 24,01% surface, average height: 350,47 m, average slope: 9,50°, average relief coefficient: 7,61);
- 4 Rough low hills *razgibana gričevja* (22 units, 12,88% surface, average height: 478,40 m, average slope: 13,81°, average relief coefficient: 10,35);
- 5 Unrough high hills *nerazgibana hribovja* (41 units, 31,78% surface, average height: 670,48 m, average slope: 17,32°, average relief coefficient: 12,45);
- 6 Rough high hills *razgibana hribovja* (11 units, 5,16% surface, average height: 791,59 m, average slope: 22,03°, average relief coefficient: 14,87);
- 7 Mountains *gorovja* (24 units, 9,44% surface, average height: 1175,96 m, average slope: 29,43°, average relief coefficient: 19,33);
- 8 Large valleys *velike doline* (5 units, 1,40% surface, average height: 385,35 m, average slope: 17,08°, average relief coefficient: 13,58).

