

**METODE****DOLOČANJE MORFOLOŠKIH ENOT POVRŠJA V SLOVENIJI  
S PRIREJENO HAMMONDOVO METODO**

AVTORJA

**dr. Drago Perko, Mauro Hrvatin**

Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU, Gosposka ulica 13, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija

drago@zrc-sazu.si

mauro@zrc-sazu.si

UDK: 910.1:551.43(497.4)

COBISS: 1.01

## IZVLEČEK

**Določanje enot oblikovanosti površja v Sloveniji s prirjeno Hammondovo metodo**

Eno izmed najbolj znanih klasifikacij oblikovanosti površja je izdelal ameriški geograf Edwin H. Hammond, ki je površje Združenih držav Amerike razčlenil na 21 posameznih enot in 5 skupin enot. Njegovo metodo so kasneje s pomočjo geografskega informacijskega sistema in digitalnega modela višin še večkrat uporabili. Preizkus metode na primeru reliefno razgibane Slovenije je pokazal več slabosti, zato smo izvirno Hammondovo metodo ustrezno priredili. Spremenili smo obliko in velikost temeljne celice ter meje razredov klasifikacijskih prvin. S popravljeno metodo smo v Sloveniji določili 19 prirjenih enot oblikovanosti površja in 5 skupin enot, ki so bistveno bolj usklajene z dejanskimi reliefnimi značilnostmi slovenskih pokrajin kot izvirne enote. Skupina ravnine pokriva 18 % površja Slovenije, skupina planote z vzpetinami manj kot odstotek, skupina ravnine z vzpetinami 1 %, skupina vzpetine z ravninami 64 % in skupina vzpetine 17 %.

## KLJUČNE BESEDE

geomorfologija, enota oblikovanosti površja, Hammondova metoda, geografski informacijski sistem, digitalni model višin, Slovenija

## ABSTRACT

**Determination of landform units in Slovenia using adapted Hammond's method**

One of the best-known morphological classifications was developed by the American geographer Edwin H. Hammond, who classified the surface of the United States in twenty-one landform units grouped into five landform groups. Later on, his method was applied several times using a geographic information system and digital elevation model. Hammond's method of determining landform units has also been tested in Slovenia. Due to weaknesses that were revealed, Hammond's original method was suitably adapted: the form and size of the analysis window and the boundaries between classification element classes were changed. Nineteen landform units grouped into five landform groups were thus identified. According to Hammond's adapted method the group of plains occupies 18% of Slovenia, the group of tablelands less than 1%, the group of plains with elevations 1%, the group of elevations with plains 64%, and the group of elevations 17%.

## KEYWORDS

geomorphology, landform unit, Hammond's method, geographic information system, digital elevation model, Slovenia

Uredništvo je prispevek prejelo 12. oktobra 2009.

## 1 Uvod

Številne geografske klasifikacije, tipizacije in regionalizacije slonijo na oblikovanosti površja, saj je relief najpomembnejša naravna sestavina pri zgradbi in zunanji podobi večine slovenskih pokrajin (Perko 2001; Perko 2007).

Slovenski geografi so pripravili že več delitev ozemlja glede na relief. Najstarejšo reliefno tipizacijo je izdelal Melik, ki je na geomorfološki karti slovenskega ozemlja ločil 16 enot oblikovanosti površja (Melik 1935), po dolgem časovnem presledku pa je novo reliefno tipizacijo Slovenije pripravil Natek, ki je ločil 8 tipov površja (Natek 1993). Prvo računalniško zasnovano tipizacijo je v svoji doktorski disertaciji opravil Perko, ki je slovensko ozemlje razčlenil na 8 enot razgibanosti površja (Perko 1992; Perko 2001; Perko 2007), za Geografski atlas Slovenije pa sta svojo členitev pripravila Gabrovec in Hrvatin in Slovenijo razdelila na 6 reliefnih enot (Gabrovec in Hrvatin 1998).

Tudi v svetu imajo morfološke tipizacije površja že večdesetletno tradicijo. Eno najbolj znanih klasifikacij je opravil ameriški geograf Edwin H. Hammond, ki je podrobno klasificiral površje Združenih držav Amerike (Hammond 1964).

## 2 Izvirna Hammondova metoda

Hammond je kot temeljno površinsko enoto za računanje reliefnih prvin uporabil kvadratno celico z osnovnico 6 milj, kar je približno 9,65 km, in površino 93,12 km<sup>2</sup>. To se morda zdi veliko, v okvirih Združenih držav Amerike pa obsega le slabo stotisočinko ozemlja. Celice so si sledile ena za drugo brez medsebojnega prekrivanja. S pomočjo zemljevidov v merilu 1 : 250.000 je v vsaki celici ugotavljal tri prvine: naklon, krajevno višinsko razliko in vrsto prereza. Vsako prvino je označil z dogovorjenim znakom, z njihovimi kombinacijami pa je določil enote oblikovanosti površja.

Prva prvina Hammondove klasifikacije je naklon. Za vsako celico je ugotovil, kolikšen delež njene površine ima naklon manjši od 8 %, kar je približno 4,57°. Dogovorjeni znak, s katerim je označil to prvino, je velika črka:

- A: > 80 % površja je rahlo nagnjenega,
- B: 50–80 % površja je rahlo nagnjenega,
- C: 20–50 % površja je rahlo nagnjenega,
- D: < 20 % površja je rahlo nagnjenega.

Druga prvina Hammondove klasifikacije je krajevna višinska razlika. Za vsako celico je ugotovil maksimalno in minimalno nadmorsko višino ter izračunal njuno razliko. Dogovorjeni znak, s katerim je označil to prvino, je števka:

- 1: 0–30 m,
- 2: 30–90 m,
- 3: 90–150 m,
- 4: 150–300 m,
- 5: 300–900 m,
- 6: 900–1500 m.

Tretja prvina Hammondove klasifikacije je vrsta prereza. Za vsako celico je ugotovil, kolikšen delež rahlo nagnjenega površja leži pod ali nad povprečno nadmorsko višino celice. Dogovorjeni znak, s katerim je označil to prvino, je mala črka:

- a: > 75 % rahlo nagnjenega površja je v nižavju,
- b: 50–75 % rahlo nagnjenega površja je v nižavju,
- c: 50–75 % rahlo nagnjenega površja je v višavju,
- d: > 75 % rahlo nagnjenega površja je v višavju.

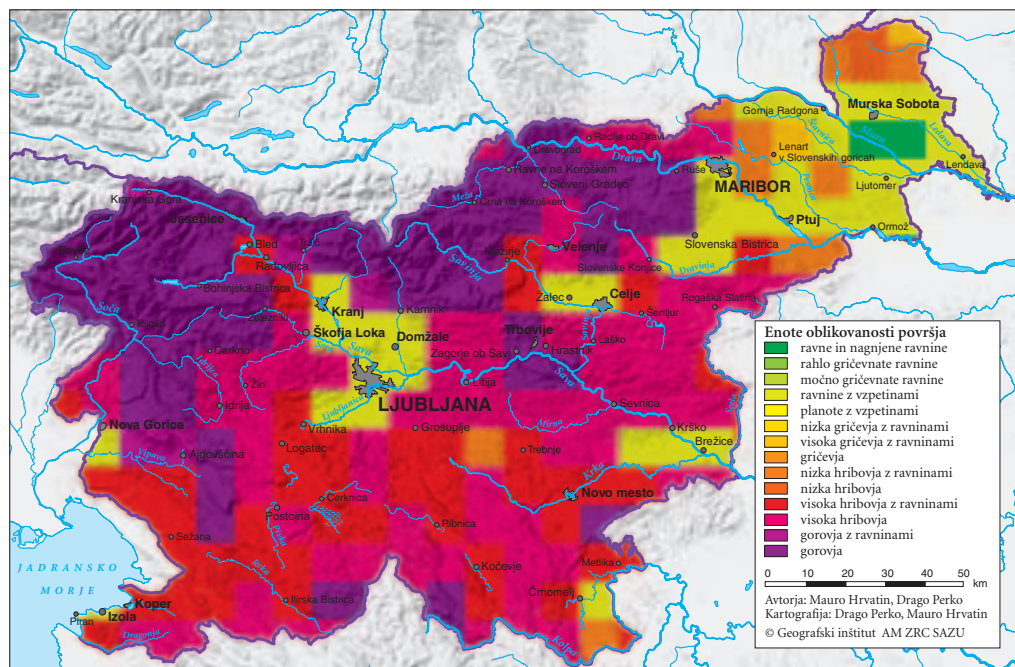
S kombiniranjem predstavljenih prvin je Hammond določil enote oblikovanosti površja. Vrisal jih je na velik barvni zemljevid v merilu 1 : 5.000.000. Rezultate klasifikacije pa ni predstavil v obliki kvadratov, temveč z mejami enot oblikovanosti površja, ki jih je določil subjektivno in sledil obrobju ravnin, planot, hribovij in podobnih velikih reliefnih oblik. Zemljevid je zaradi tega sicer nekoliko posplošen, vendar bolj pregleden.

Kasneje so njegovo metodo večkrat uporabili ob podpori računalnikov in digitalnega modela višin. Prvi, ki je uspešno prenesel Hammondovo metodo v računalniški algoritem, je bil Dikau pri členitvi Nove Mehike (Dikau 1991), sledila pa sta mu še Brabyn na Novi Zelandiji (Brabyn 1998) in Gallantova na Aljaski (Gallant s sodelavci 2005). Iwahashi in Pike sta pripravila pregled dvanajstih klasifikacij oblikovanosti površja, ki so bile objavljene v zadnjih letih, in prav vse so bile izdelane s pomočjo računalnika (Iwahashi in Pike 2006).

### 3 Preizkus izvirne Hammondove metode

Hammondovo metodo smo preizkusili tudi na primeru Slovenije (Hrvat in Perko 2009). Pri tem smo upoštevali izvirne klasifikacijske prvine in njihove razrede. Kot podatkovni vir smo namesto zemljevida v merilu 1 : 250.000 uporabili petindvajsetmetrski digitalni model višin, zato je vsaka temeljna kvadratna celica vključevala kar 148.996 točk.

Petindvajsetmetrski digitalni model višin smo leta 2005 izdelali na Znanstvenoraziskovalnem centru Slovenske akademije znanosti in umetnosti za Geodetsko upravo Republike Slovenije (Podobnikar 2002; Podobnikar 2005; Podobnikar 2006). Sestavljajo ga podatki o nadmorskih višinah točk, ki so od severa proti jugu oziroma od vzhoda proti zahodu oddaljene 25 m in so oglišča kvadratnih celic z osnovnico 25 m, diagonalo 35 m in površino 625 m<sup>2</sup> (Digitalni ... 2005). Testiranje je pokazalo, da je njegova



Slika 1: Enote oblikovanosti površja v Sloveniji po izvirni Hammondovi metodi.

natančnost za celo Slovenijo 3,2 m: za ravnine 1,1 m, za gričevja 2,3 m, za hribovja 3,8 m in za gorovja 7,0 m (Podobnikar 2006, 25; Hrvatin in Perko 2005, 9).

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

Hammond je za določanje enot oblikovanosti površja uporabil 3 prvine s štirimi, šestimi in še enkrat štirimi razredi, kar teoretično pomeni 96 kombinacij oziroma 96 možnih enot oblikovanosti površja. Dejansko se je odločil le za 21 enot, torej dobro petino možnih kombinacij, ki jih je združil v 5 skupin. Pri preizkusu izvirne Hammondove metode smo v Sloveniji našli vseh 5 skupin, a le 13 enot.

## 4 Prirejena Hammondova metoda

Pri klasifikaciji površja v Sloveniji po izvirni Hammondovi metodi so se pokazale številne slabosti (Hrvatin in Perko 2009), zato smo metodo ustrezno prilagodili značilnostim površja v Sloveniji. Za ozemeljsko majhno, vendar reliefno izredno pestro Slovenijo z raznolikimi geomorfnimi procesi (Zorn in Komac 2004; Zorn in Komac 2007; Hrvatin in Perko 2008) je kvadratna celica z osnovnico skoraj 10 km bistveno prevelika.

Že kvadratna oblika celice ni najboljša, saj v kvadratu robne točke niso enako oddaljene od središča. Pri prirejeni metodi smo se zato odločili za osnovno celico okrogle oblike s površino, ki se najbolj približa kvadratnemu kilometru. Glede na to, da smo izračune opravljali na petindvajsetmetrskem digitalnem modelu višin, smo izbrali krog z radijem 23 enot ali 575 m in površino 1,03 km<sup>2</sup>. Vsaka tako določena celica je vključevala 1653 točk digitalnega modela višin.

Pri izvirni Hammondovi metodi si osnovne kvadratne celice sledijo ena za drugo brez medsebojnega prekrivanja, mi pa smo se odločili za bolj natančno metodo delnega prekrivanja osnovne krožne celice s petindvajsetmetrskim korakom oziroma zamikom.

Prirediti smo morali tudi obseg posameznih razredov. Pri prvi prvini smo deleže rahlo nagnjenega površja spremenili takole:

- A: > 99 % površja je rahlo nagnjenega,
  - B: 50–99 % površja je rahlo nagnjenega,
  - C: 1–50 % površja je rahlo nagnjenega,
  - D: < 1 % površja je rahlo nagnjenega;
- pri drugi prvini pa višinske razlike takole:

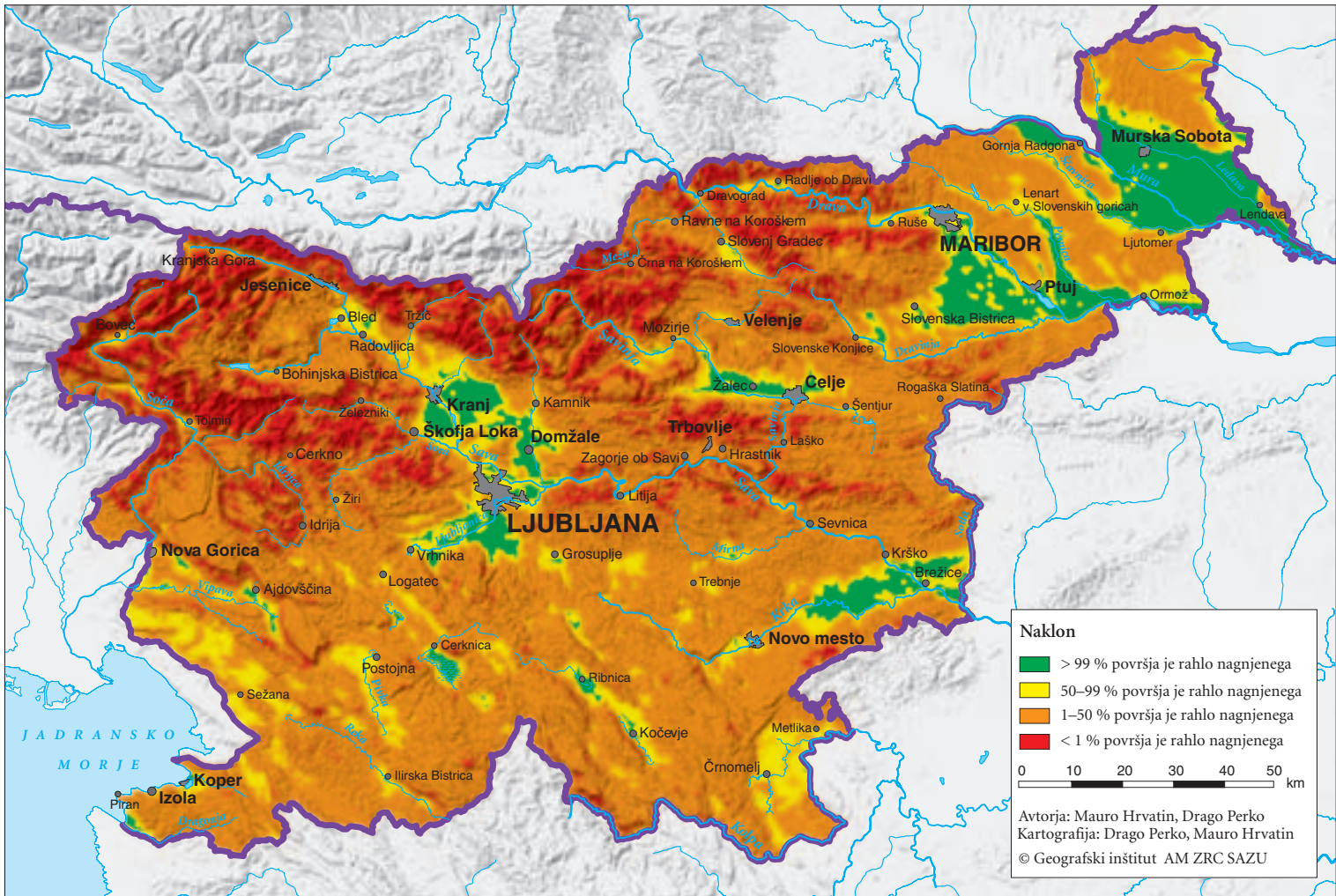
- 1: 0–50 m,
- 2: 50–100 m,
- 3: 100–200 m,
- 4: 200–300 m,
- 5: 300–400 m,
- 6: 400 m in več.

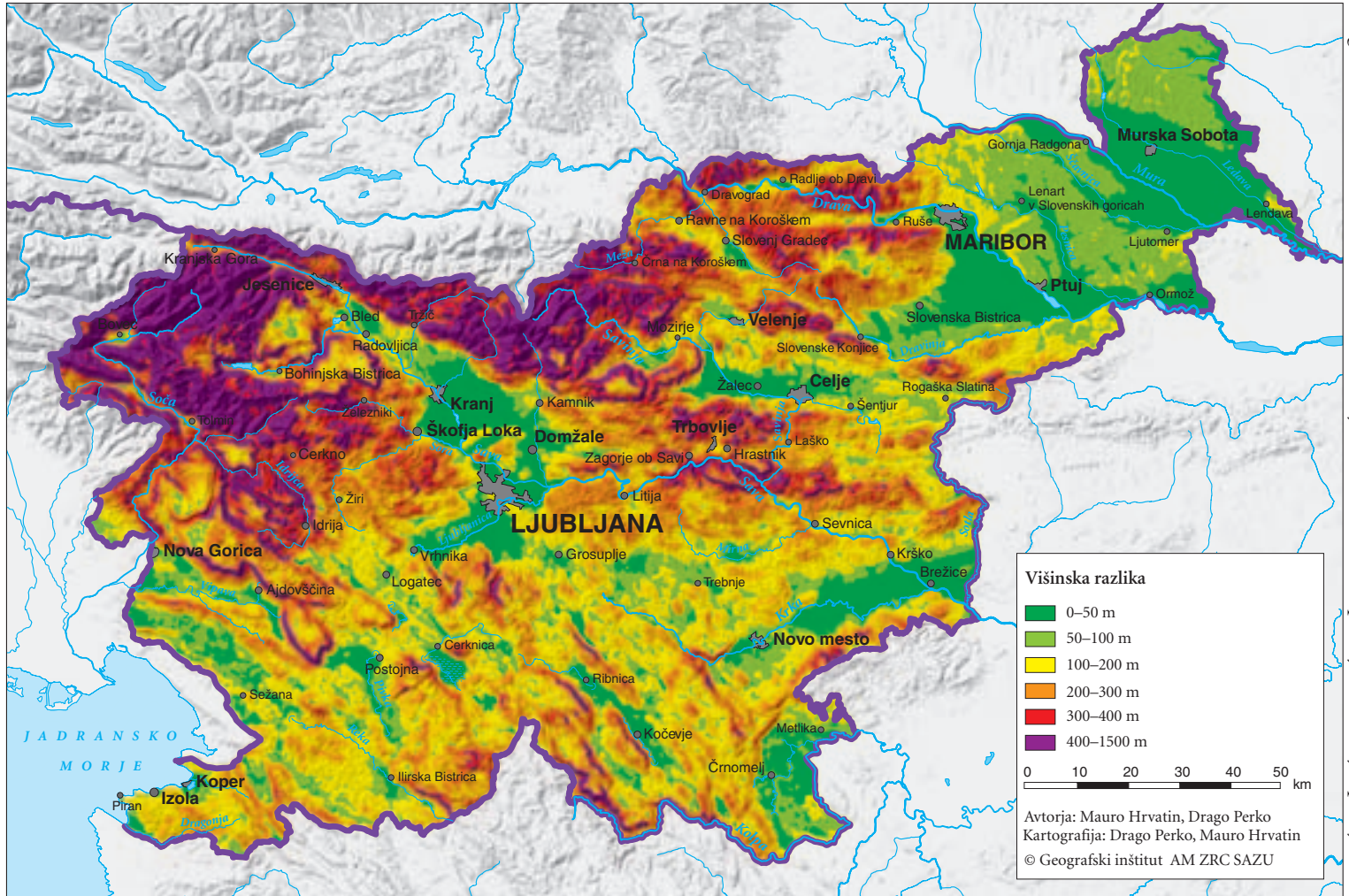
Nove meje razredov prve in druge prvine smo določili empirično z večkratnim poizkušanjem, kako se posamezne spremembe mej razreda približajo dejanskim razmeram v pokrajini (Hrvatin in Perko 2009). Tudi ostali avtorji sodobnih členitev so morali Hammondovo metodo prilagoditi reliefnim značilnostim obravnavanih pokrajin (Dikau 1991; Brabyn 1998; Gallant s sodelavci 2005).

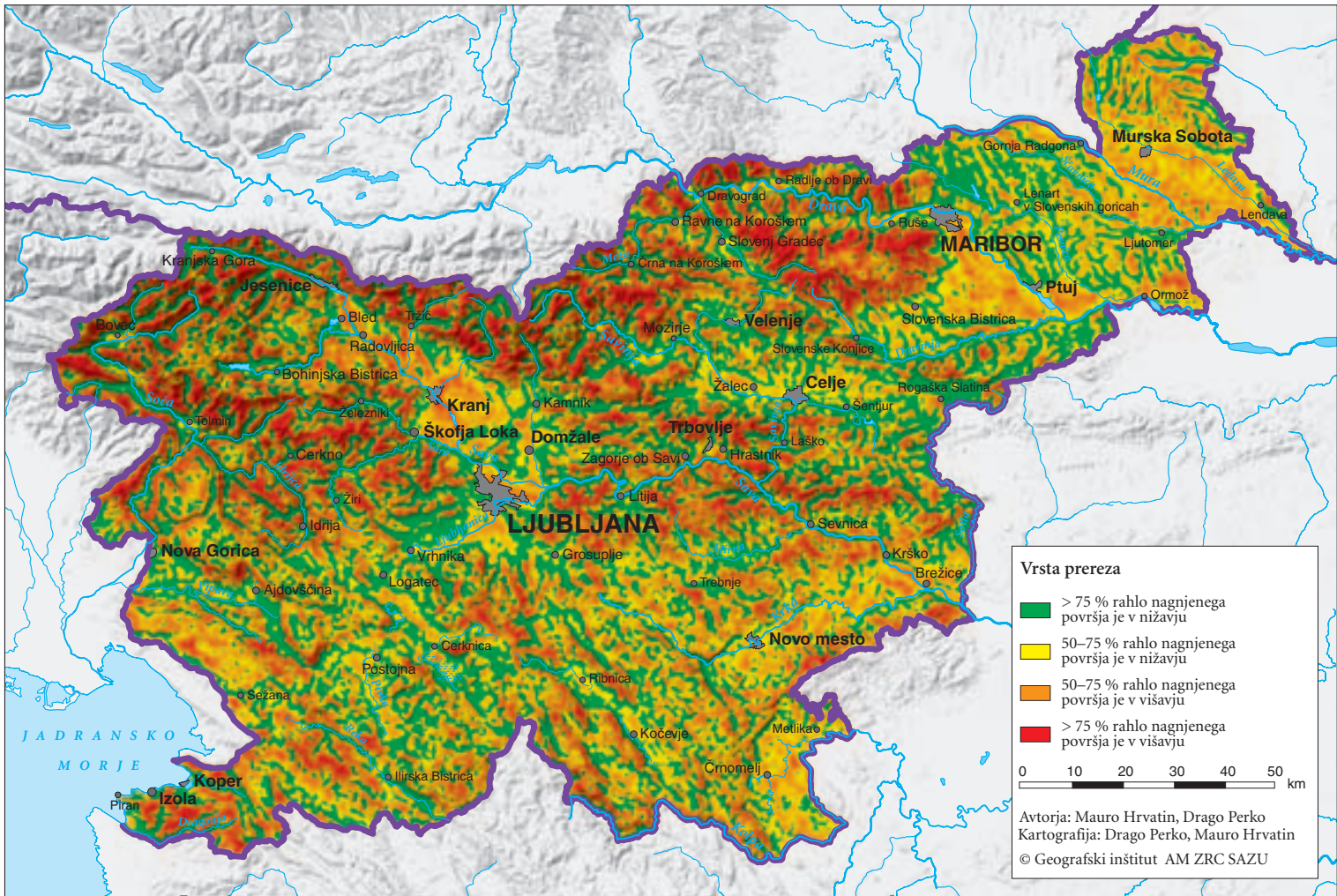
*Slika 2: Prva prirejena Hammondova prvina: naklon. ► str. 97*

*Slika 3: Druga prirejena Hammondova prvina: višinska razlika. ► str. 98*

*Slika 4: Tretja prirejena Hammondova prvina: lega rahlo nagnjenega površja. ► str. 99*







## 5 Vrste prirejenih Hammondovih enot oblikovanosti površja

Tudi po prirejeni Hammondovi metodi smo obdržali 5 skupin enot in 21 posameznih enot oblikovanosti površja, ki jih je Hammond, poenostavljeno rečeno, določil glede na višino vzpetin ter delež in konkavnost oziroma konveksnost površja, iznad katerega se dvigajo.

Prva skupina so ravnine s štirimi enotami oblikovanosti površja. To so:

- ravne ravnine, kjer ima vsaj 99 % površja naklon manjši od 8 %, višinske razlike pa so manjše od 50 m;
- nagnjene ravnine, kjer ima prav tako vsaj 99 % površja naklon manjši od 8 %, višinske razlike pa so med 50 in 100 m;
- rahlo gričevnate ravnine, kjer ima polovica do 99 % površja naklon manjši od 8 %, višinske razlike pa so manjše od 50 m;
- močno gričevnate ravnine, kjer ima polovica do 99 % površja naklon manjši od 8 %, višinske razlike pa so med 50 in 100 m.

Druga skupina so planote z vzpetinami s štirimi enotami prevladujočega izbočenega površja. To so:

- planote z griči, kjer ima polovica do 99 % površja naklon manjši od 8 %, višinske razlike pa so med 100 in 200 m;
- planote z nizkimi hribi, kjer ima polovica do 99 % površja naklon manjši od 8 %, višinske razlike pa so med 200 in 300 m;
- planote z visokimi hribi, kjer ima polovica do 99 % površja naklon manjši od 8 %, višinske razlike pa so med 300 in 400 m;
- planote z gorami, kjer ima polovica do 99 % površja naklon manjši od 8 %, višinske razlike pa so 400 m in več.

Tretja skupina so ravnine z vzpetinami s štirimi enotami prevladujočega vbočenega površja. To so:

- ravnine z griči, kjer ima vsaj polovica površja naklon manjši od 8 %, višinske razlike pa so med 100 in 200 m;
- ravnine z nizkimi hribi, kjer ima polovica do 99 % površja naklon manjši od 8 %, višinske razlike pa so med 200 in 300 m;
- ravnine z visokimi hribi, kjer ima polovica do 99 % površja naklon manjši od 8 %, višinske razlike pa so med 300 in 400 m;
- ravnine z gorami, kjer ima polovica do 99 % površja naklon manjši od 8 %, višinske razlike pa so 400 m in več.

Četrta skupina so vzpetine z ravninami s petimi enotami oblikovanosti površja. To so odprta, razložena gričevja, hribovja in gorovja s širšimi vmesnimi dolinami:

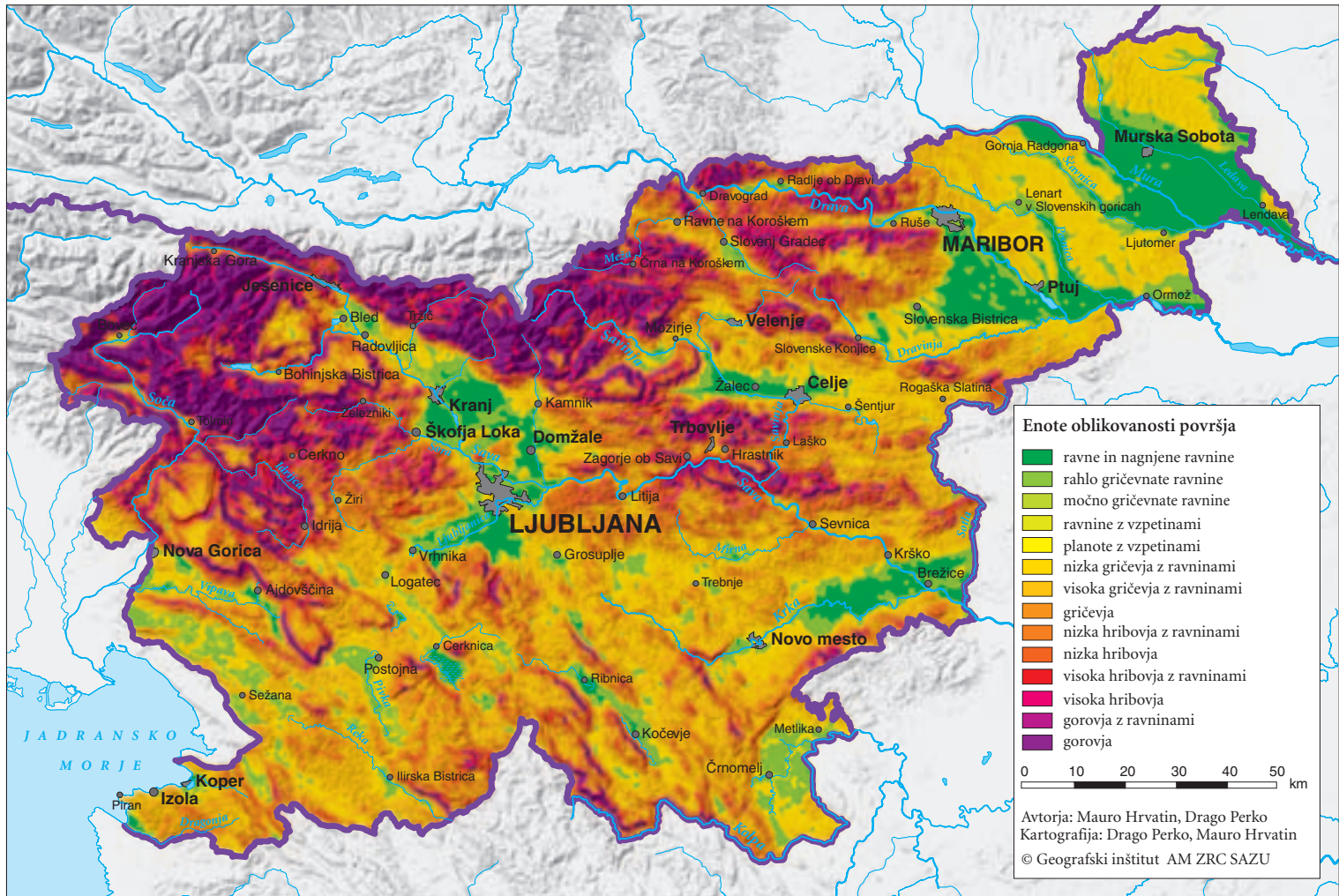
- nizka gričevja z ravninami, kjer ima odstotek do polovica površja naklon manjši od 8 %, višinske razlike pa so med 50 in 100 m;
- visoka gričevja z ravninami, kjer ima odstotek do polovica površja naklon manjši od 8 %, višinske razlike pa so med 100 in 200 m;
- nizka hribovja z ravninami, kjer ima odstotek do polovica površja naklon manjši od 8 %, višinske razlike pa so med 200 in 300 m;
- visoka hribovja z ravninami, kjer ima odstotek do polovica površja naklon manjši od 8 %, višinske razlike pa so med 300 in 400 m;
- gorovja z ravninami, kjer ima odstotek do polovica površja naklon manjši od 8 %, višinske razlike pa so 400 m in več.

Peta skupina so vzpetine s štirimi enotami oblikovanosti površja. To so:

- gričevja, kjer ima manj kot odstotek površja naklon manjši od 8 %, višinske razlike pa so med 100 in 200 m;

*Slika 5: Enote oblikovanosti površja v Sloveniji po prirejeni Hammondovi metodi. ►*





- nizka hribovja, kjer ima manj kot odstotek površja naklon manjši od 8 %, višinske razlike pa so med 200 in 300 m;
- visoka hribovja, kjer ima manj kot odstotek površja naklon manjši od 8 %, višinske razlike pa so med 300 m in 400 m;
- gorovja, kjer ima manj kot odstotek površja naklon manjši od 8 %, višinske razlike pa so 400 m in več.

## 6 Enote oblikovanosti površja v Sloveniji po prirejeni Hammondovi metodi

Od 21 prirejenih Hammondovih enot oblikovanosti površja smo jih v Sloveniji našli 19. Manjkata enoti nagnjene ravnine in planote z gorami.

V prvi skupini enot oblikovanosti površja z ravninami so v Sloveniji 3 enote:

- ravne ravnine pokrivajo 7 % površja Slovenije, tri četrtine jih leži v panonski Sloveniji, predvsem vzdolž Mure, Drave in Krke, šestina v alpski Sloveniji, predvsem vzdolž Save in Savinje, slaba desetina pa v dinarski Sloveniji, predvsem sredi večjih kraških polj;
- rahlo gričevnate ravnine prav tako pokrivajo 7 % površja Slovenije, dve petini jih leži v panonski Sloveniji, dobra četrtina v dinarski Sloveniji, slaba četrtina v alpski Sloveniji in desetina v sredozemski Sloveniji, najbolj tipična pokrajina te enote so Ormoške dobrave, kjer ta enota pokriva štiri petine njihovega površja;
- močno gričevnate ravnine pokrivajo 5 % površja Slovenije, slaba tretjina jih leži v panonski Sloveniji, dobra četrtina v dinarski Sloveniji, slaba četrtina v alpski Sloveniji in petina v sredozemski Sloveniji, najbolj tipični pokrajini te enote sta Slovenjegraška in Grosupeljska kotlina, kjer ta enota pokriva tretjino njenega površja.

Tudi v drugi skupini enot oblikovanosti površja s planotami so 3 enote:

- planote z griči pokrivajo manj kot desetinko odstotka površja Slovenije, dobra polovica jih leži v alpski Sloveniji in dve petini v sredozemski Sloveniji;
- planote z nizkimi hribi pokrivajo manj kot stotinko odstotka površja Slovenije, dve tretjini jih leži v alpski Sloveniji in tretjina v sredozemski Sloveniji;
- planote z visokimi hribi pokrivajo prav tako manj kot stotinko odstotka površja Slovenije in v celoti ležijo v sredozemski Sloveniji.

V tretji skupini enot oblikovanosti površja, kamor so vključene ravnine v vzpetinami, so 4 enote:

- ravnine z griči pokrivajo odstotek površja Slovenije, slaba polovica jih leži v alpski Sloveniji, dobra četrtina v dinarski Sloveniji, dobra desetina v sredozemski Sloveniji in prav tako dobra desetina v panonski Sloveniji, najbolj tipična pokrajina te enote je Staroselsko podolje, kjer ta enota pokriva četrtino njegovega površja;
- ravnine z nizkimi hribi pokrivajo desetinko odstotka površja Slovenije, tri četrtine jih leži v alpski Sloveniji in dobra petina v dinarski Sloveniji;
- ravnine z visokimi hribi pokrivajo manj kot stotinko odstotka površja Slovenije, kar 95 % jih leži v alpski Sloveniji;
- ravnine z gorami pokrivajo stotinko odstotka površja Slovenije in v celoti ležijo v alpski Sloveniji.

V četrti skupini enot oblikovanosti površja, kamor so vključene vzpetine z ravninami, je 5 enot:

- nizka gričevja z ravninami pokrivajo 12 % površja Slovenije, polovica jih leži v panonski Sloveniji, slaba tretjina v dinarski Sloveniji, desetina v alpski Sloveniji in slaba desetina v sredozemski Sloveniji, najbolj tipične pokrajine te enote so Slovenske gorice, kjer ta enota pokriva skoraj tri četrtine njihovega površja, Goričko, kjer pokriva dobri dve tretjini njihovega površja, ter pokrajini Tunjiško gričevje in Dravinjske gorice, kjer pokriva skoraj tri petine njenega površja;
- visoka gričevja z ravninami pokrivajo 27 % površja Slovenije, dve petini jih leži v dinarski Sloveniji, slaba tretjina v alpski Sloveniji, šestina v panonski Sloveniji in sedmina v sredozemski Sloveniji,

najbolj tipične pokrajine te enote so Brkini, Velikolaščanska pokrajina in Senovsko podolje, kjer ta enota pokriva več kot dve tretjini njihovega površja;

- nizka hribovja z ravninami pokrivajo 16 % površja Slovenije, polovica jih leži v alpski Sloveniji, dobra tretjina v sredozemski Sloveniji in slaba desetina v dinarski Sloveniji, najbolj tipični pokrajini te enote pa sta hribovji Slavnika in Snežnika, kjer ta enota pokriva več kot dve petini njenega površja;
- visoka hribovja z ravninami pokrivajo 6 % površja Slovenije, skoraj dve tretjini jih leži v alpski Sloveniji in tretjina v dinarski Sloveniji, najbolj tipična pokrajina te enote je Komna, kjer ta enota pokriva skoraj tretjino njenega površja;
- gorovja z ravninami pokrivajo 3 % površja Slovenije, dobre tri četrtine jih leži v alpski Sloveniji in petina v dinarski Sloveniji, najbolj tipična pokrajina te enote je Fužinarska planota, kjer ta enota pokriva skoraj polovico njenega površja.

V peti skupini enot oblikovanosti površja, kamor so vključene vzpetine, so 4 enote:

- gričevja pokrivajo desetinko odstotka površja Slovenije, polovica jih leži v alpski Sloveniji, tretjina v panonski Sloveniji in desetina v sredozemski Sloveniji;
- nizka hribovja pokrivajo 3 % površja Slovenije, štiri petine jih leži v alpski Sloveniji in slaba desetina v dinarski Sloveniji;
- visoka hribovja pokrivajo 5 % površja Slovenije, dobre štiri petine jih leži v alpski Sloveniji in dobra desetina v dinarski Sloveniji, najbolj tipični pokrajini te enote sta gorovji Uršlje gore in Smrekovca, kjer ta enota pokriva dobro četrtino njenega površja;
- gorovja pokrivajo 9 % površja Slovenije, devet desetih jih leži v alpski Sloveniji in zadnja desetina v dinarski Sloveniji, najbolj tipične pokrajine te enote so gorovja v Julijskih Alpah, kjer ta enota pokriva več kot dve tretjini njihovega površja.

Največja enota so visoka gričevja z ravninami s površino 5397 km<sup>2</sup>, najmanjša pa planote z visokimi hribi s površino komaj 350 arov. Enota z najmanjšo povprečno nadmorsko višino, najmanjšo povprečno višinsko razliko, najmanjšim povprečnim naklonom in najmanjšo povprečno naklonsko razliko so ravne ravnine, enota z z največjo povprečno nadmorsko višino, največjo povprečno višinsko razliko in največjim povprečnim naklonom so gorovja, enota z največjo povprečno naklonsko razliko pa planote z visokimi hribi, skoraj enako tudi ravnine z gorami (preglednica 1).

Zanimivo je, v katere enote oblikovanosti površja se uvrščajo nekatere večje slovenske pokrajine:

- panonsko gričevje Goričko na severovzhodu Slovenije: dobri dve tretjini pokrajine ležita v enoti nizka gričevja z ravninami, dobra desetina pokrajine leži v enoti rahlo gričevnata ravnina in slaba desetina v enoti visoka gričevja z ravninami (glede na izvirne Hammondove enote pa dobra tretjina pokrajine leži v enoti nizka hribovja z ravninami, tretjina v enoti nizka hribovja, dobra desetina v enoti ravnine z nizkimi hribi, prav tako dobra desetina v enoti visoka gričevja z ravninami in slaba desetina v enoti ravnine z griči);
- sredozemska kraška planota Kras na jugozahodu Slovenije: slaba tretjina pokrajine leži v enoti visoka gričevja z ravninami, dobra petina v enoti močno gričevnate ravnine, slaba petina v enoti rahlo gričevnate ravnine in še nekaj manj v enoti nizka gričevja z ravninami (glede na izvirne Hammondove enote pa skoraj štiri petine pokrajine ležijo v enoti visoka hribovja z ravninami);
- nizki dinarski kraški ravniki Bela krajina na jugovzhodu Slovenije: dobra tretjina pokrajine leži v enoti rahlo gričevnate ravnine, tretjina v enoti nizka gričevja z ravninami, slaba petina v enoti visoka gričevja z ravninami in dobra desetina v enoti močno gričevnata ravnine (glede na izvirne Hammondove enote pa slaba polovica pokrajine leži v enoti visoka hribovja z ravninami, slaba četrtina v enoti ravnine z nizkimi hribi in dobra petina v enoti nizka hribovja z ravninami);
- obsežno Posavsko hribovje: dobra tretjina pokrajine leži v enoti nizka hribovja z ravninami, slaba tretjina v enoti visoka gričevja z ravninami, desetina v enoti visoka hribovja z ravninami, desetina v enoti visoka hribovja in prav tako desetina v enoti nizka hribovja (glede na izvirne Hammondove enote pa več kot štiri petine pokrajine ležijo v enoti visoka hribovja);

- planotasto gorovje Pohorje: dobra četrtina pokrajine leži v enoti nizka hribovja z ravninami, slaba četrtina v enoti visoka gričevja z ravninami, petina v enoti visoka hribovja, dobra desetina v enoti nizka hribovja in slaba desetina v enoti gorovja (glede na izvirne Hammondove enote pa štiri petine pokrajine ležijo v enoti gorovja, dobra desetina leži v enoti ravnine z visokimi hribi in slaba desetina v enoti visoka hribovja);
- Julijske Alpe na severozahodu Slovenije: štiri petine pokrajine ležijo v enoti gorovja z ravninami in ena petina v enoti gorovja (glede na izvirne Hammondove enote pa 99 % pokrajine leži v enoti gorovja).

Zadnje tri slovenske pokrajine so glede na svoje dejanske morfološke značilnosti po izvorni Hammondovi metodi uvrščene razmeroma dobro, v prave enote oblikovanosti površja, in prve tri slabše, po prirejeni Hammondovi metodi pa so vse enote uvrščene razmeroma dobro.

Pri obsegu alpske, panonske, dinarske in sredozemske Slovenije smo upoštevali zemljevid Tipi pokrajin (Fridl in sodelavci 2007, 54), pri obsegu pokrajin pa zemljevid Enote razgibanosti površja (Perko 2009). Od 195 enot razgibanosti površja, kolikor jih je na tem zemljevidu, le pri štirih enotah (Ravensko in Dolinsko, Ormoška ravan, Ormoška dobrava in Ptujsko polje) ena sama enota oblikovanosti površja presega 80 % celotnega površja. Pri 34 enotah je ta delež med 60 in 80 %, pri 76 enotah med 40 in 60 %, pri 80 enotah med 20 in 40 %, manj od 20 % pa le pri 1 enoti (Dolina Drave med Pohorjem in Kozjakom).

*Preglednica 1: Reliefni kazalniki enot oblikovanosti površja po prirejeni Hammondovi metodi.*

enota	površina (ha)	delež površine (%)	povprečna višina (m)	povprečna višinska razlika (m)	povprečni naklon (°)	povprečna naklonska razlika (°)
ravne ravnine	139.524,13	6,88	228,18	6,44	0,45	2,75
nagnjene ravnine	0,00	0,00	–	–	–	–
rahlo gričevnate ravnine	142.485,71	7,03	284,35	30,53	2,21	13,99
močno gričevnate ravnine	93.131,54	4,59	322,84	68,34	3,54	23,13
planote z griči	1.116,62	0,06	427,49	122,50	4,67	35,86
planote z nizkimi hribi	37,37	0,00	490,36	222,32	4,72	51,25
planote z visokimi hribi	3,50	0,00	309,50	329,51	1,41	65,02
planote z gorami	0,00	0,00	–	–	–	–
ravnine z griči	18.939,92	0,93	343,92	129,49	3,16	33,23
ravnine z nizkimi hribi	1.550,15	0,08	388,58	232,18	2,68	44,44
ravnine z visokimi hribi	210,51	0,01	462,97	337,41	2,70	55,41
ravnine z gorami	62,36	0,00	558,78	465,78	3,59	64,89
nizka gričevja z ravninami	249.580,81	12,31	344,26	76,79	8,05	22,87
visoka gričevja z ravninami	539.664,56	26,62	507,97	148,88	12,47	31,44
nizka hribovja z ravninami	319.033,14	15,74	628,30	242,18	17,29	37,38
visoka hribovja z ravninami	116.088,67	5,73	729,33	341,59	21,66	43,87
gorovja z ravninami	67.725,60	3,34	899,72	503,90	28,48	54,28
gričevja	1.697,36	0,08	505,57	186,92	18,76	35,46
nizka hribovja	54.580,41	2,69	639,12	263,55	20,38	37,23
visoka hribovja	100.372,14	4,95	777,55	349,84	23,53	40,55
gorovja	181.487,74	8,95	1093,68	584,34	31,86	50,84
skupaj	2.027.292,25	100,00	556,75	207,76	14,19	31,60

Glede na 9 tipov pokrajine (Fridl in sodelavci 2007, 54) ima enota ravne ravnine največjo gostoto v tipu pokrajine panonske ravnine z 72 ha te enote na km<sup>2</sup> tega tipa pokrajine, enota rahlo gričevnate

ravnine v tipu pokrajine alpske ravnine z 31 ha na km<sup>2</sup>, enota močno gričevnate ravnine pa v tipu pokrajine sredozemske planote z 18 ha na km<sup>2</sup>.

Enota planote z griči ima največjo gostoto v tipu pokrajine sredozemske planote z 1 ha te enote na km<sup>2</sup> tega tipa pokrajine, enota planote z nizkimi hribi v tipu pokrajine sredozemske planote z manj kot 1 ha na km<sup>2</sup>, enota planote z visokimi hribi pa v tipu pokrajine sredozemska gričevja, prav tako z manj kot 1 ha na km<sup>2</sup>.

Enota ravnine z griči ima največjo gostoto v tipu pokrajine alpske ravnine s 3 ha te enote na km<sup>2</sup> tega tipa pokrajine, enota ravnine z nizkimi hribi tudi v tipu pokrajine alpske ravnine z manj kot 1 ha na km<sup>2</sup>, enota planote z visokimi hribi in enota planote z gorami pa v tipu pokrajine alpska gorovja, prav tako z manj kot 1 ha na km<sup>2</sup>.

Enota nizka gričevja z ravninami ima največjo gostoto v tipu pokrajine panonska gričevja z 41 ha te enote na km<sup>2</sup> tega tipa pokrajine, enota visoka gričevja z ravninami v tipu pokrajine sredozemska gričevja z 49 ha na km<sup>2</sup>, enota nizka hribovja z ravninami v tipu pokrajine alpska hribovja in dinarske planote s 27 oziroma 26 ha na km<sup>2</sup>, enota visoka hribovja z ravninami v tipu pokrajine alpska gorovja z 11 ha na km<sup>2</sup>, enota gorovja z ravninami pa prav tako v tipu pokrajine alpska gorovja s 14 ha na km<sup>2</sup>.

Enota gričevja ima največjo gostoto v tipu pokrajine sredozemska gričevja z manj kot 1 ha te enote na km<sup>2</sup> tega tipa pokrajine, enota nizka hribovja v tipu pokrajine alpska hribovja z 8 ha na km<sup>2</sup>, enota visoka hribovja v tipu pokrajine alpska hribovja z 12 ha na km<sup>2</sup>, enota gorovja pa v tipu pokrajine alpska gorovja z 42 ha na km<sup>2</sup>.

## 7 Sklep

Izvirna Hammondova metoda je uspešna pri členitvi morfološko obsežnih in razmeroma enotnih pokrajin, novejša študije (Dikau 1991; Brabyn 1998; Gallant s sodelavci 2005) pa kažejo, da je lahko uspešna tudi pri členitvi morfološko pestrejših pokrajin, če jo ustrezno priredimo. V Sloveniji, kjer se morfološke značilnosti površja prostorsko hitro spreminjajo, je izvirna metoda premalo podrobna, zato se mnoge pokrajine uvrščajo v enote, ki ne kažejo njihovih dejanskih morfoloških značilnosti. Izvirna temeljna celica s površino skoraj 100 km<sup>2</sup> je namreč za ugotavljanje vseh treh Hammondovih prvin za Slovenijo bistveno prevelika.

Morfološkim značilnostim slovenskih pokrajin smo se prilagodili tako, da smo spremenili obliko in velikost temeljne celice ter meje razredov klasifikacijskih prvin. S tako prirejeno metodo smo v Sloveniji določili 19 enot oblikovanosti površja (Hrvat in Perko 2009).

Po izvirni Hammondovi metodi je v Sloveniji dve tretjini površja s hribi, slaba tretjina z gorami, komaj 4 % z griči in niti odstotek ravnin brez vzpetin, po prirejeni Hammondovi metodi pa je v Sloveniji dobri dve petini površja z griči, slaba tretjina s hribi, dobra desetina z gorami in slaba desetina z ravninami brez vzpetin.

Primerjava deležev med površinami izvirnih in prirejenih Hammondovih enot pokaže (preglednica 2), da se je po prirejanju najbolj povečal delež enote visoka gričevja z ravninami, skoraj za štiridesetkrat, in delež enote ravne ravnine, za štirinajstkrat (če ne upoštevamo, da enot rahlo gričevnate in močno gričevnate ravnine, enot planote z nizkimi hribi, visokimi hribi in gorami, enote ravnine z gorami, enote nizka gričevja z ravninami ter enote gričevja po izvirni metodi sploh ni), najbolj pa zmanjšal delež enot ravnin z nizkimi in visokimi hribi ter enote nagnjene ravnine. Zanimivo je, da v Sloveniji nismo našli enote planote z gorami niti po izvirni niti po prirejeni metodi, čeprav je pri nas veliko planot, iznad katerih se dvigajo gore. Mežakla, na primer, ima največji delež površja v enoti gorovja z ravninami, Komna v enoti nizka hribovja z ravninami, enako tudi Banjšice in Trnovski gozd, Jelovica v enoti visoka gričevja z ravninami, enako Pokljuka, Šentviška in Črnovrška planota, planotasto Idrijsko hribovje pa celo v enoti gorovje.

Dejstvo je, da tudi prirejena Hammondova metoda ne zazna v zadovoljivi meri planot, ampak upošteva le njihov uravnani vrhnji del in ga najpogosteje opredeli kot nizka hribovja z ravninami ali visoka gričevja z ravninami.

V prihodnje bi bilo smiselno preizkusiti še katero od sodobnih morfometričnih oziroma kvantitativnih metod razvrščanja ozemlja v enote oblikovanosti površja na temelju podobnih ali povsem drugih reliefnih kazalnikov (Iwahashi in Pike 2006) in jo po potrebi ustrezno prirediti reliefnim značilnostim Slovenije.

*Preglednica 2: Primerjava izvirnih in prirejenih Hammondovih enot oblikovanosti površja v Sloveniji.*

enota	izvirna enota		prirejena enota		razmerje deležev prirejene (P) in izvirne (I) enote P:I
	ha	%	ha	%	
ravne ravnine	9.981,16	0,49	139.524,13	6,88	13,98
nagnjene ravnine	9.337,93	0,46	0,00	0,00	0,00
rahlo gričevnate ravnine	0,00	0,00	142.485,71	7,03	–
močno gričevnate ravnine	0,00	0,00	93.131,54	4,59	–
planote z griči	193,21	0,01	1.116,62	0,06	5,78
planote z nizkimi hribi	0,00	0,00	37,37	0,00	–
planote z visokimi hribi	0,00	0,00	3,50	0,00	–
planote z gorami	0,00	0,00	0,00	0,00	–
ravnine z griči	60.933,96	3,01	18.939,92	0,93	0,31
ravnine z nizkimi hribi	110.547,32	5,45	1.550,15	0,08	0,01
ravnine z visokimi hribi	137.072,88	6,76	210,51	0,01	0,00
ravnine z gorami	0,00	0,00	62,36	0,00	–
nizka gričevja z ravninami	0,00	0,00	249.580,81	12,31	–
visoka gričevja z ravninami	14.140,83	0,70	539.664,56	26,62	38,16
nizka hribovja z ravninami	81.976,40	4,04	319.033,14	15,74	3,89
visoka hribovja z ravninami	398.932,95	19,68	116.088,67	5,73	0,29
gorovja z ravninami	41.094,11	2,03	67.725,60	3,34	1,65
gričevja	0,00	0,00	1.697,36	0,08	–
nizka hribovja	14.720,70	0,73	54.580,41	2,69	3,71
visoka hribovja	600.192,86	29,61	100.372,14	4,95	0,17
gorovja	548.167,93	27,04	181.487,74	8,95	0,33
skupaj	2.027.292,25	100,00	2.027.292,25	100,00	1,00

## 8 Viri in literatura

- Brabyn, L. 1998: GIS analysis of macro landform. 10<sup>th</sup> colloquium of the Spatial Information Research Centre, University of Otago. Dunedin.
- Digitalni model višin 25. Geodetska uprava Republike Slovenije. Zbirka podatkov. Ljubljana. 2005.
- Dikau, R., Brabb, E. E., Mark, R. K. 1991: Landform classification of New Mexico by computer. U. S. Department Interior, U. S. Geological Survey. Menlo Park.
- Eastman, J. R. 1995: IDRISI for Windows. User's Guide. Worcester.

- Fridl, J., Kladnik, D., Orožen Adamič, M., Pavšek, M., Perko, D., Repolusk, P., Urbanc, M. (ur.) 2007: Slovenia in focus. Ljubljana.
- Gabrovec, M., Hrvatin, M. 1998: Površje. Geografski atlas Slovenije. Ljubljana.
- Gallant, A. L., Douglas, D. B., Hoffer, R. M. 2005: Automated mapping of Hammond's landforms. IEEE geoscience and remote sensing letters 2-4. Piscataway.
- Geografija. Zbirka Tematski leksikoni. Tržič 2001.
- Hammond, E. H. 1964: Analysis of properties in landform geography: An application to broadscale landform mapping. Annals of Association of American Geographers 54. Washington.
- Hrvatin, M., Perko, D. 2005: Differences between 100-m and 25-m digital elevation models according to relief types in Slovenia. Acta geographica Slovenica 45-1. Ljubljana.
- Hrvatin, M., Perko, D. 2008: Landscape characteristics of common land in Slovenia. Acta geographica Slovenica 48-1. Ljubljana.
- Hrvatin, M., Perko, D. 2009: Suitability of Hammond's method for determining landform units in Slovenia. Acta geographica Slovenica 49-2. Ljubljana.
- Iwahashi, J., Pike, R. J. 2006: Automated classifications of topography from DEMs by an unsupervised nested-means algorithm and a three-part geometric signature. Geomorphology 86. Amsterdam.
- McCoy, J., Johnston, K. 2001: Using ArcGIS Spatial Analyst. Redlands.
- Melik, A. 1935: Slovenija. Geografski opis. Ljubljana.
- Natek, K. 1993: Tipi površja v Sloveniji 1. Geografski obzornik 40-4. Ljubljana.
- Perko, D. 1992: Zveze med reliefom in gibanjem prebivalstva 1880–1981 v Sloveniji. Doktorska disertacija. Ljubljana.
- Perko, D. 2001: Analiza površja Slovenije s stometrskim digitalnim modelom reliefa. Geografija Slovenije 3. Ljubljana.
- Perko, D. 2007: Morfometrija površja Slovenije. Georitem 3. Ljubljana.
- Perko, D. 2009: Morfometrični kazalniki enot oblikovanosti površja v Sloveniji. Geografski vestnik 81-1. 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.
- Zorn, M., Komac, B. 2004: Deterministic modeling of landslide and rockfall risk. Acta geographica Slovenica 44-2. Ljubljana.
- Zorn, M., Komac, B. 2007: Probability modeling of landslide hazard. Acta geographica Slovenica 47-2. Ljubljana.

## 9 Summary: Determination of landform units in Slovenia using adapted Hammond's method

(translated by the authors)

Because of Slovenia's diverse relief, 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. Such classifications also have a long tradition elsewhere around the world. One of the best known was developed by the American geographer Edwin H. Hammond, whose detailed landform classification of the United States had a great impact. His method was later used several times with the support of computers and a digital elevation model.

Hammond's method proved to be of relatively high quality in classifying landforms in the United States. However, in the case of Slovenia, where the morphological characteristics of the surface change rapidly, this method is not sufficiently accurate. Due to weaknesses that were revealed, Hammond's original method was suitably adapted: the form and size of the analysis window and the boundaries between classification element classes were changed. Nineteen landform units were thus identified in Slovenia using the adapted method.

According to Hammond's original method, two thirds of Slovenia consists of hills and low mountains, just under a third consists of high mountains, barely four percent consists of low hills, and not even one percent consists of flat plains. However, according to Hammond's adapted method, more than two fifths of Slovenia consists of low hills, just under a third consists of hills, a good tenth consists of high mountains, and just under a tenth consists of flat plains.