

NARAVNE NESREČE IN DIGITALNI MODEL RELIEFA

Drago Perko*

UDK 502.5 : 911.2

Odnosi med pokrajinskimi sestavinami (relief, kamnine, prsti, rastje, vode, prebivalstvo, naselje itd.) vse bolj postajajo osnovni predmet geografije. Tako uvrščamo tudi pojav naravnih nesreč, ki so tesno povezane z nekaterimi sestavinami pokrajine, med značilne teme geografskih raziskav. Relief, ki je v primerjavi z ostalimi sestavinami sorazmerno nespremenljiv, ima skupaj s svojimi prvini (naklon, nadmorska višina, razčlenjenost itd.) pogosto odločilno vlogo pri oblikovanju in zunanji podobi pokrajine (še posebej v reliefno razgibani Sloveniji), prav tako pa tudi pri nastanku, poteku in posledicah nekaterih naravnih nesreč. Pri ugotavljanju pomena reliefa za posamezne vrste naravnih nesreč si lahko pomagamo z digitalnim modelom reliefa (DMR), ki ga je mogoče uporabiti tudi kot sestavni del (sloj, plast, layer) geografskega informacijskega sistema (GIS), s pomočjo katerega je možno natančno in vsestransko proučevanje naravnih nesreč.

Relief je z nekaterimi naravnimi nesrečami povezan šibkeje in bolj posredno, prek drugih sestavin pokrajine (potres, toča, suša, žled), z nekaterimi pa močneje in bolj neposredno (poplava, usad). Zato tudi njegov pomen pri posamezni vrsti naravne nesreče ni enak in v skladu s tem mu pri raziskovanju naravnih nesreč posvečamo različno pozornost.

Digitalni model reliefa

Digitalni model reliefa (DMR) predstavlja niz točk zemeljskega površja, ki so podane s tremi prostorskimi koordinatami (geografska dolžina, geografska širina in nadmorska višina) in shranjene v obliki matričnih polj na računalniškem mediju (magnetni trak). Za Slovenijo imamo na voljo dva digitalna modela reliefa: 500-metrski (DMR 500) in 100-metrski (DMR 100). V okviru dejavnosti Zavoda SR Slovenije za družbeno planiranje so v začetku sedemdesetih let izdelali DMR s pravilno (kvadratno) mrežo oziroma gridom 500 m (1). Vsaka enota 1 km krat 1 km v okviru sekcije 10 km krat 10 km in rajona 100 km krat 100 km je bila razdeljena na osnovne ploskve velikosti 500 m krat 500 m (od tod ime DMR 500), pri katerih so se koordinate za vogale določale v Gauss-Krügerjevem sistemu, nadmorske višine pa iz topografskih načrtov v merilu 1:5000 oziroma 1:10 000. Zanesljivost nadmorskih višin se matematično ocenjuje z možnimi napakami od 0,3 do 1,5 m navzgor ali navzdol (2 in 4).

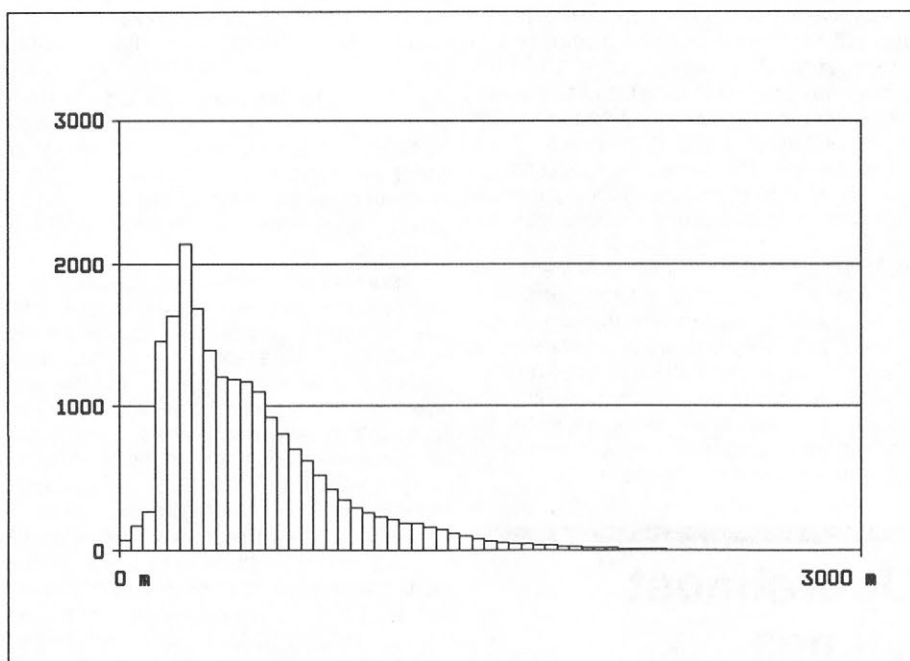
Za reševanje konkretnih problemov, kjer je osnovna enota ogroženosti zgradba ali zemljišče, je celo DMR 100 premalo natančen, pri raziskovanju splošnih značilnosti večjih območij (npr. Slovenije), kjer je osnovna enota ogroženosti naselje, pa bi potrebovali 1000-metrski digitalni model reliefa (DMR 1000). Na Geografskem inštitutu Antona Melika Znanstvenorazi-

skovalnega centra SAZU smo s pomočjo DMR 100 obdelali že več konkretnih primerov, za širši krog bralcev pa so bolj zanimivi prikazi cele Slovenije.

Pri primerjavi pogostostne porazdelitve nadmorskih višin po 50-metrskih pasovih za DMR 500 in za DMR 100 smo s pomočjo več statističnih testov ugotovili, da se pogostostni porazdelitvi značilno razlikujeta in da je DMR 500 slabo nadomestilo za DMR 100. Zato smo na osnovi DMR 100, ki nam da 100 nadmorskih višin v vsakem km², oblikovali DMR 1000, in to tako, da smo s pomočjo teh 100 višin za vsak km² določili ali izračunali: najmanjši naklon, največji naklon, razliko med največjim in najmanjšim naklonom, povprečni naklon, standardni odklon naklona, najmanjšo nadmorsko višino, največjo nadmorsko višino, višinsko razliko, povprečno nadmorsko višino, standardni

odklon nadmorske višine in še nekaj bolj zapletenih kazalcev (npr. koeficient reliefne razgibanosti). Pri primerjavi pogostostne porazdelitve nadmorskih višin po 50-metrskih pasovih med tako oblikovanim DMR 1000 in DMR 100 smo ugotovili, da v tem primeru ni značilnih razlik, tako da v splošnem DMR 1000 lahko nadomesti DMR 100. Do istih sklepov nas pripelje pogostostna razporeditev naklonov v vseh treh DMR, testiranje aritmetičnih sredin in podobno. Pogostostne porazdelitve nadmorskih višin posameznih DMR kažejo slike 1, 2 in 3. Ob natančnem pogledu lahko tudi s pomočjo teh slik (grafično, geometrijsko) ugotovimo, da sta si DMR 100 in DMR 1000 bolj podobna, kot to velja za DMR 100 in DMR 500. Še bolj nazorno to prikažejo razlike v pogostosti nadmorskih višin v posameznih višinskih razredih (slike 4 in 5). Zelo dobro je vidna nepravilna razporeditev pri DMR 500, kjer si pri višjih višinah izmenično sledijo razredi z višjo in manjšo frekvenco (slika 2).

Ocene ogroženosti, ki se oblikujejo na osnovi DMR 1000, so dokaj grobe in premalo natančne za ukrepanje na manjših območjih (krajevna skupnost, naselje, katastrska občina), vendar običajno dovolj dobre za splošne smernice v posameznih občinah in v Sloveniji kot celoti. Splošni prikazi nam omogočajo, da določimo tista manjša območja, za katera bi morali opraviti natančnejše raziskave.



Slika 1. Pogostostna porazdelitev nadmorskih višin Slovenije po 50-metrskih pasovih na osnovi DMR 100.

* Mag., Geografski inštitut Antona Melika, ZRC SAZU, Gosposka 13, Ljubljana.

Uporaba pri usadih

Kot primer uporabe digitalnega modela reliefa pri raziskovanju naravnih nesreč lahko vzamemo usade, ki so pogost geomorfološki in geografski pojav v nekaterih slovenskih pokrajinah. Za ugotavljanje splošnih značilnosti Slovenije smo v geografskem informacijskem sistemu povezali DMR 1000 in naselja, ki jih opredeljujejo geografske koordinate in prebivalstveni podatki (centroidi naselij, popisi prebivalstva), pri konkretnih raziskavah pa smo na podoben način povezali DMR 100 in hiše (evidenca hiš, popisi prebivalstva).

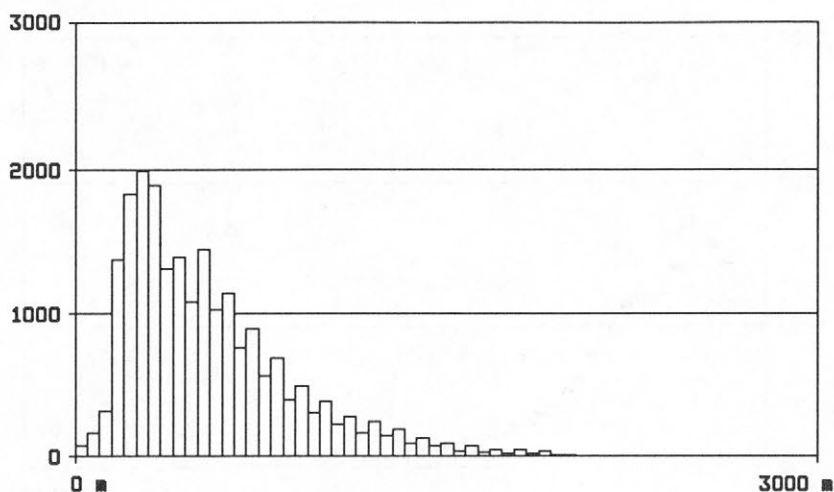
Pri usadih in drugih zemeljskih plazovih spada med najpomembnejše dejavnike naklon, ki je ena od osnovnih reliefnih prvin. V Sloveniji se usadi praktično nikjer ne pojavljajo na pobočjih z naklonom pod 6° . Pogostejši so šele na naklonih nad 12° , še posebej pa med 20° in 30° (3, 5 in 6).

Dobra petina Slovenije ima povprečni naklon pod 6° . Na tem območju je leta 1880 živela dobra tretjina, leta 1931 več kot dve petini in leta 1981 že več kot polovica vsega prebivalstva. Ob demografskem razvoju, kakršnega smo imeli med letoma 1961 in 1981, bosta na začetku prihodnjega tisočletja tu živeli že skoraj dve tretjini vsega prebivalstva. Na območjih z rahlo nevarnostjo usadov se je gostota prebivalstva med letoma 1880 in 1981 zvišala z 98 na kar 247 in bila prvo leto 69 % in drugo leto že 166 % nad povprečjem Slovenije.

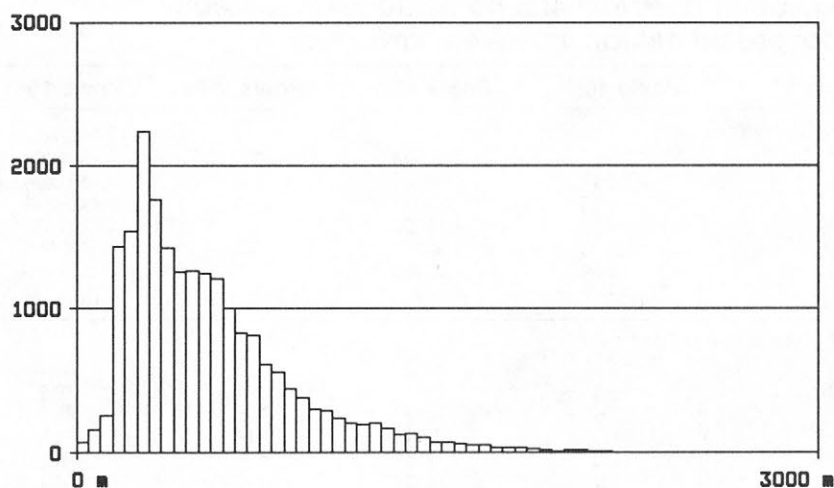
Na območjih, kjer nakloni (med 6° in 12°) pomenijo srednjo ogroženost (dobra četrtnina površine Slovenije), je leta 1880 živela tretjina, leta 1931 še tri desetine in leta 1981 le še četrtnina vsega prebivalstva Slovenije. Gostota prebivalstva je v obdobju med letoma 1880 in 1981 narasla s 73 na 93 ljudi/km² in bila tako prvo leto 25 % nad povprečjem Slovenije in drugo leto enaka slovenskemu povprečju.

Na močno ogroženih območjih (nad 12°) je v prejšnjem stoletju živela še tretjina, leta 1931 dobra četrtnina in 50 let kasneje niti četrtnina prebivalstva Slovenije. Skladno s tem je gostota prebivalstva v stoletnem obdobju padla s 36 na 34.

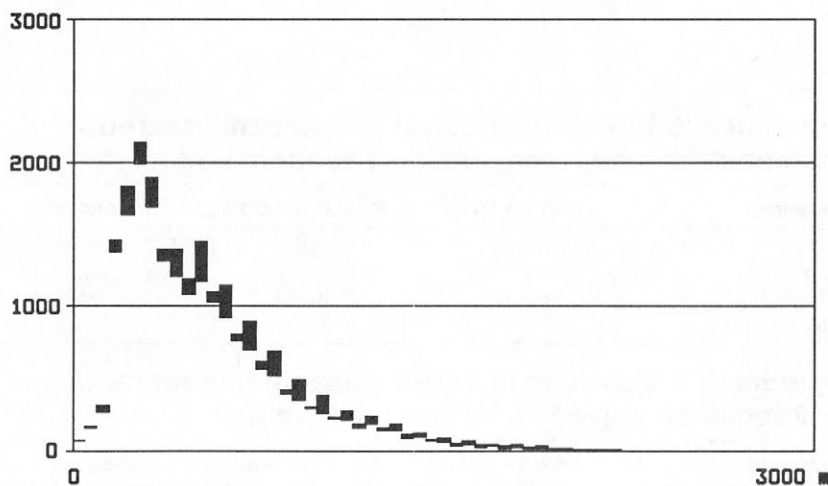
Predeli, kjer je glede na naklone nevarnost usadov največja, so torej območja stagnacije ali celo številčnega nazadovanja prebivalstva. To pomeni, da je sicer negativen razvoj prebivalstva z vidika ogroženosti zaradi usadov ugoden, saj se prebivalstvo zaradi različnih razlogov, ki z usadi nimajo veliko skupnega, seli z območij večje ogroženosti na območja manjše ogroženosti zaradi usadov glede na naklonske razmere. Tako imamo v Sloveniji več območij, kjer sovpadata demografska ogroženost in ogroženost zaradi usadov. Na močno ogroženih območjih še vedno živi okoli 350 000 ljudi ali šestina vseh prebivalcev Slovenije.



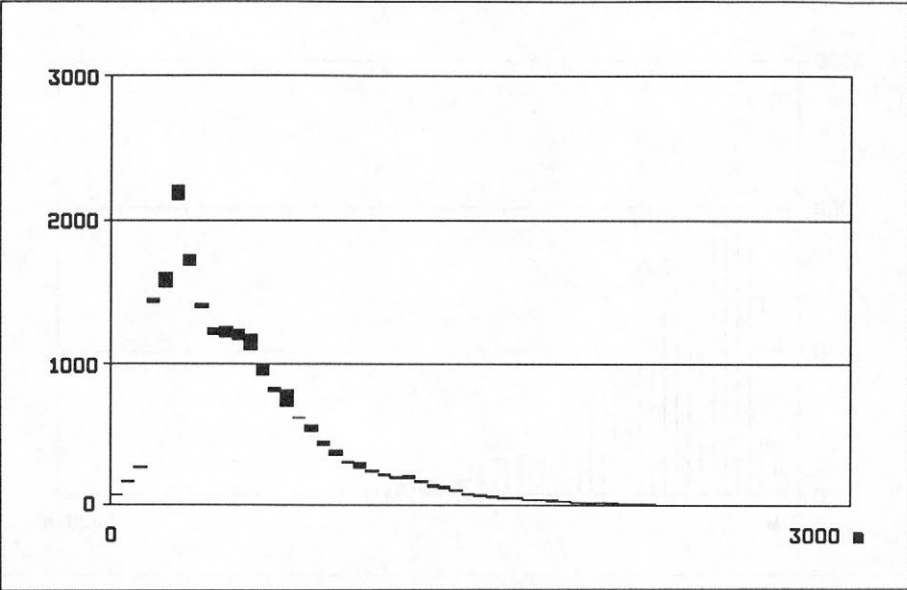
Slika 2. Pogostostna porazdelitev nadmorskih višin Slovenije po 50-metrskih pasovih na osnovi DMR 500.



Slika 3. Pogostostna porazdelitev nadmorskih višin Slovenije po 50-metrskih pasovih na osnovi DMR 1000, izvedenega iz DMR 100.



Slika 4. Razlike v pogostostni porazdelitvi nadmorskih višin Slovenije po 50-metrskih pasovih med DMR 100 in DMR 500.



Slika 5. Razlike v pogostostni porazdelitvi nadmorskih višin Slovenije po 50-metrskih pasovih med DMR 100 in DMR 1000.

Preglednica 1. Prebivalci po naklonskih razredih za povprečni naklon v vsakem km².

Nakloni v°	Popis 1880	Popis 1931	Popis 1961	Popis 1981
Število prebivalcev				
0—1	178992	264524	371233	531763
2—5	233547	293107	384895	501784
6—11	385316	427017	446492	489871
12—19	299438	311502	294123	281672
20—29	82523	90277	93004	85585
30—45	2459	2345	1776	1189
Skupaj	1182275	1388772	1591523	1891864
Delež prebivalstva (v %)				
0—1	15,1	19,0	23,3	28,1
2—5	19,8	21,1	24,2	26,5
6—11	32,6	30,8	28,1	25,9
12—19	25,3	22,4	18,5	14,9
20—29	7,0	6,5	5,8	4,5
30—45	0,2	0,2	0,1	0,1
Skupaj	100,0	100,0	100,0	100,0
Gostota prebivalstva (štev. ljudi/km²)				
0—1	94	139	196	280
2—5	102	128	168	219
6—11	73	81	85	93
12—19	48	50	47	45
20—29	23	25	26	24
30—45	3	2	2	1
Skupaj	58	69	79	93

Preglednica 2. Površine in deleži posameznih razredov ogroženosti za povprečni naklon v vsakem km².

Ogroženost	Naklon (°)	Površina (km²)	Delež (%)
Rahla	0— 5	4185	20,7
Srednja	6—11	5261	26,0
Močna	12— <	10810	53,3
Skupaj		20256	100,0

Preglednica 3. Površine in deleži posameznih razredov ogroženosti za največji naklon v vsakem km².

Ogroženost	Naklon (°)	Površina (km²)	Delež v %
Rahla	0— 5	1711	8,5
Srednja	6—11	1142	5,6
Močna	12— <	17403	85,9
Skupaj		20256	100,0

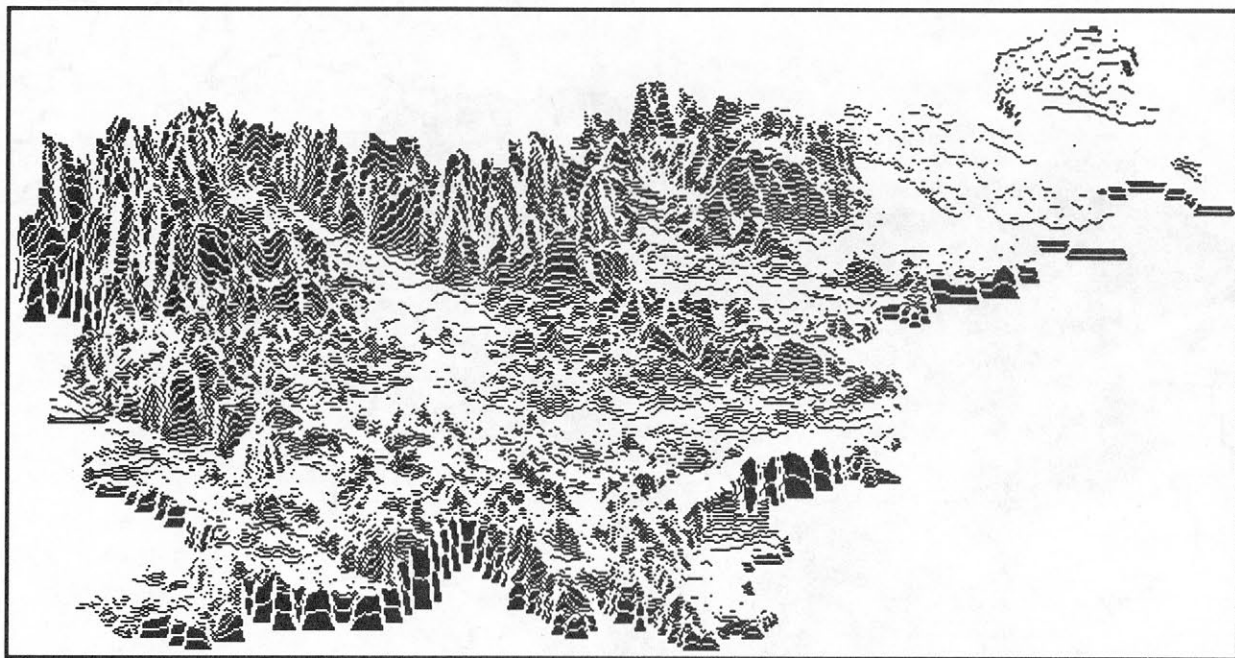
Podatek o povprečnem naklonu nam ne pove, kakšni so dejansko največji nakloni v posameznem km². Možno je, da so v nekem kvadratu, kjer je glede na povprečen naklon nevarnost usadov majhna, tudi manjše površine, kjer so nakloni tako veliki, da obstaja možnost za sprožitev manjših usadov. Pomagamo si lahko s podatki o največjih naklonih v vsakem km² iz DMR 1000. Tako je v Sloveniji le 1711 km², kjer v okviru 1 km² izmed stotih 100 m² velikih površin ni nobene z naklonom nad 6°. To so območja, kjer dejansko ni nevarnosti usadov. Območja srednje nevarnosti, kjer največji nakloni dosega vrednosti med 6° in 12°, merijo 1142 km² ali slabih 6 % Slovenije, območja z veliko nevarnostjo, kjer največji nakloni presegajo 12°, pa merijo kar 17 403 km² ali 86 % Slovenije. Po pregledu nekaterih, glede usadov raziskanih območij se je pokazalo, da je kriterij največjega naklona prestop in da so bolj zanesljivi podatki za povprečen naklon v vsakem km².

S pomočjo DMR 1000 smo tako dobili oceno, koliko ljudi živi na območjih, kjer je nevarnost usadov glede na naklonske razmere rahla, srednja ali močna. Če bi na podoben način obdelali tudi druge dejavnike, ki vplivajo na proženje plazov (kamninska zgradba, debelina prsti, vodne razmere, raba tal in podobno), bi z vsakim nadaljnjim upoštevanjem dejavnikom povečali natančnost ocene in se tako približali zelo natančni splošni oceni za Slovenijo in posamezne občine in hkrati našli tista območja, kjer je nevarnost usadov največja.

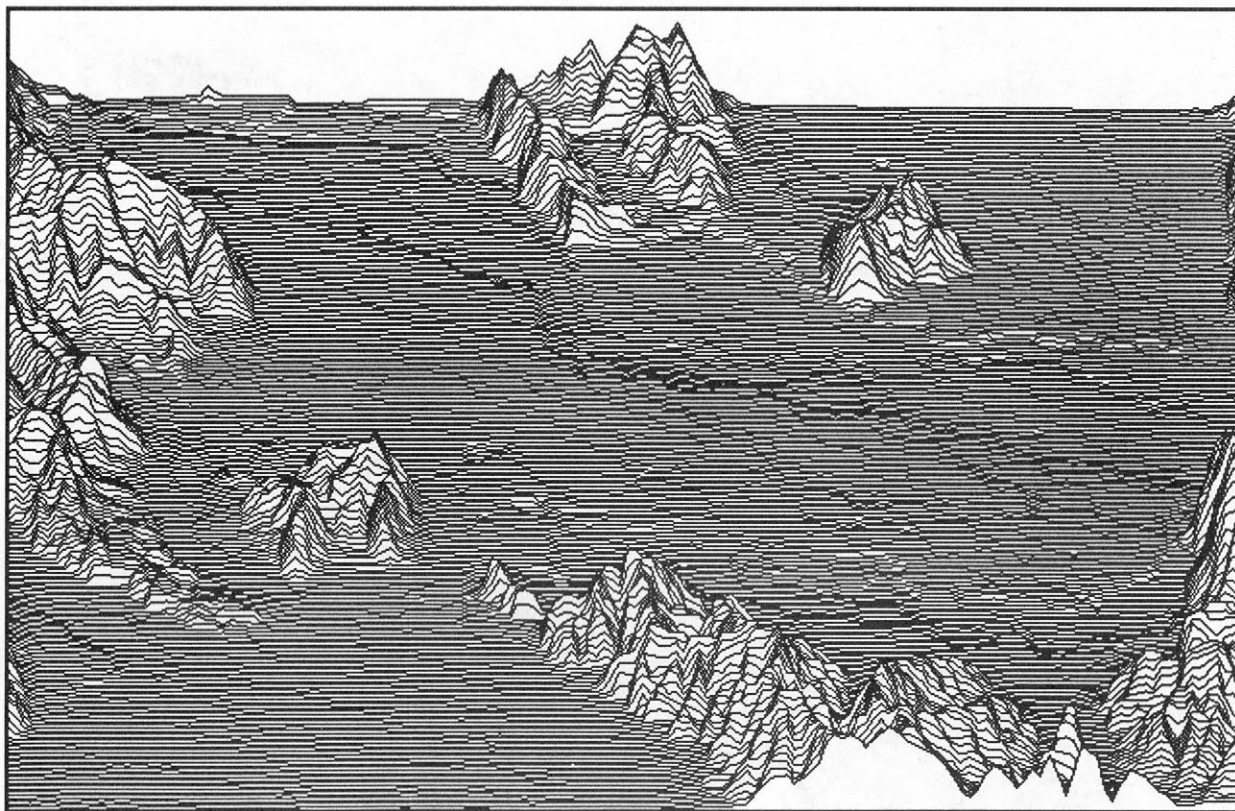
Taka območja bi morali v naslednji stopnji znanstvenega proučevanja raziskati bolj natančno. Tako bi si namesto z DMR 1000 lahko pomagali z DMR 100, ki je za take raziskave dovolj natančen, namesto naselij pa bi kot prebivalstveno enoto lahko vzeli EHIŠ (evidenca hiš), ki med drugim vsebuje tudi geografske koordinate, to pa nam omogoča, da lahko vsako hišo, vsako kmetijo, vsako gospodarsko poslopje, vsako zemljišče ali vsak usad lociramo na ustrezno mesto na DMR 100. Ker so na voljo tudi statistični podatki, ki se vežejo na posamezno hišo (podatki o hiši in prebivalcih v hiši), lahko zelo natančno določimo število ogroženih hiš in prebivalcev, in to za različne vrste naravnih nesreč.

Digitalni model reliefa je torej primerno orodje za raziskovanje naravnih nesreč tako pri splošnem obravnavanju (nivo občin, večjih pokrajin ali cele Slovenije) kot tudi pri raziskovanju konkretnih, manjših območij (kraj, dolina, hrib ipd.). Vendar pa ni dovolj ločeno obravnavanje reliefa, ampak ga je potrebno povezati z ostalimi sestavinami pokrajine in njihovimi prvinami, ki so pomembne pri posameznih vrstah naravnih nesreč, za to pa je najprimernejša uporaba geografskega informacijskega sistema.

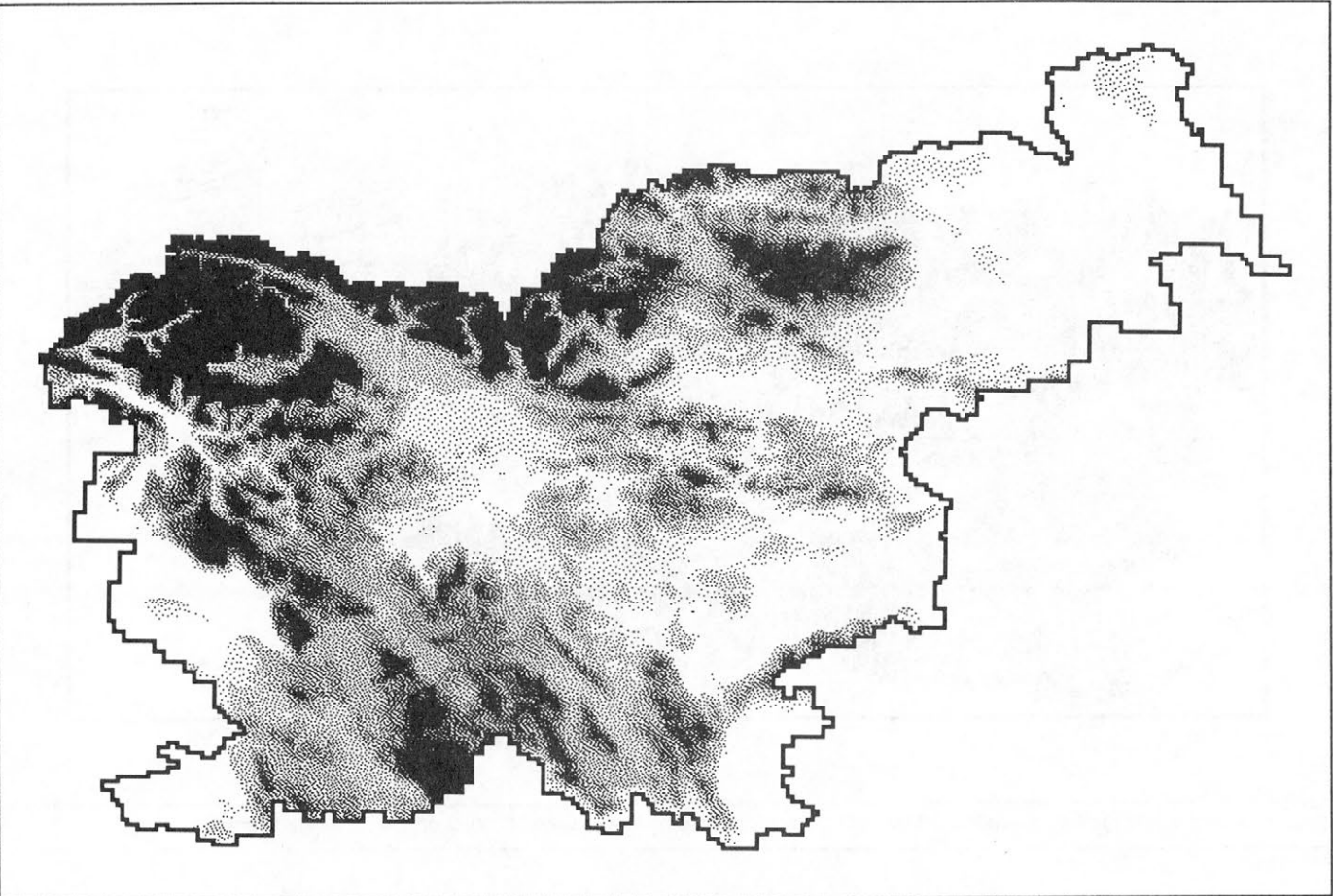
1. Digitalni model reliefa SRS 500 m. Zavod SR Slovenije za družbeno planiranje, 1978.
2. Digitalni model reliefa 100 m. Republiška geodetska uprava, 1991.



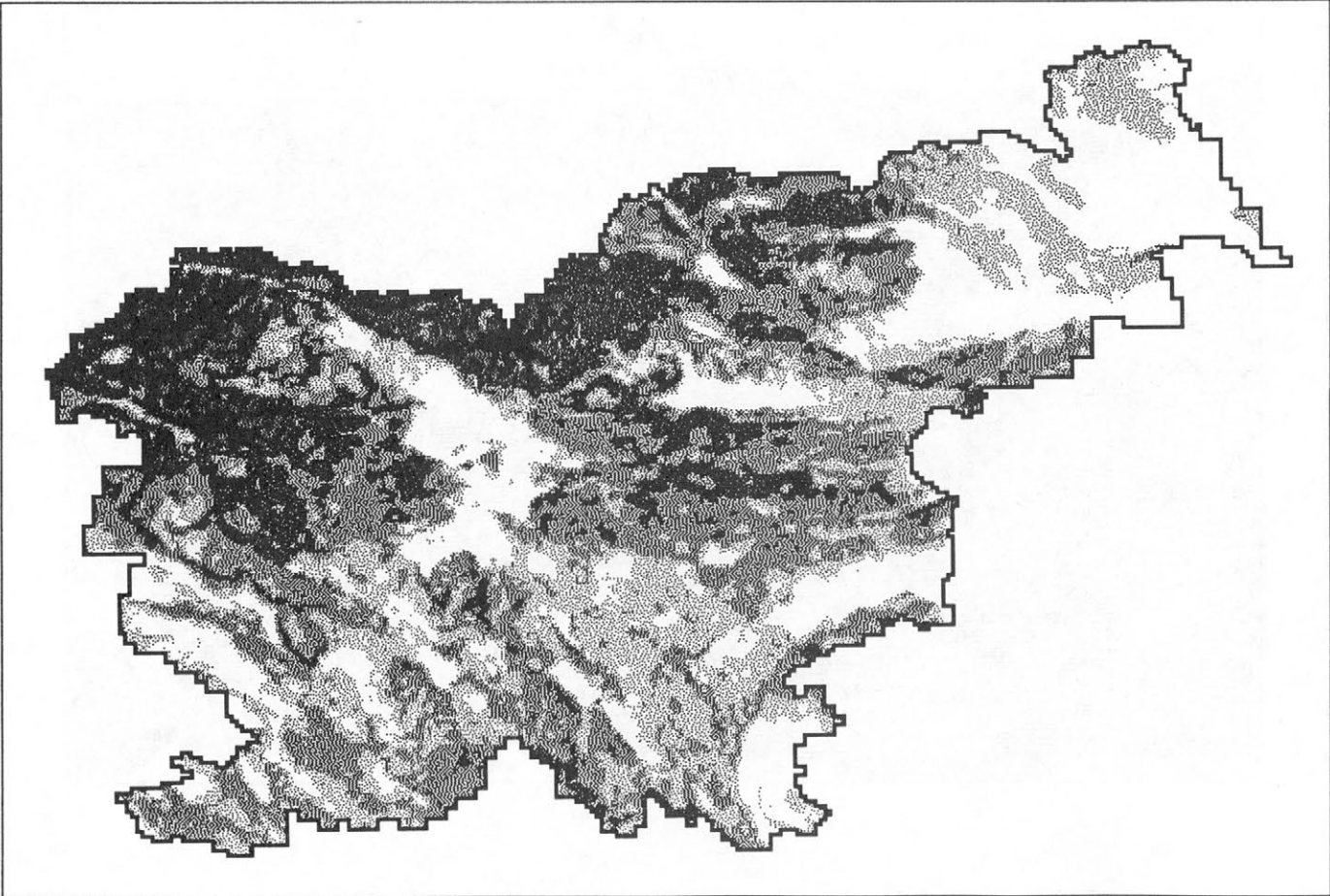
Slika 6. Slovenija (digitalni model reliefa 500 m, izpeljava iz DMR 100, pogled z juga, 43° nad obzorjem, inverzna slika).



Slika 7. Ljubljana z okolico (digitalni model reliefa 50 m, interpolacija iz DMR 100, pogled z juga, 50° nad obzorjem, priredil M. Orožen Adamič).



Slika 8. Prikaz stopnjevanja nadmorskih višin na osnovi DMR 1000.



Slika 9. Prikaz stopnjevanja povprečnih naklonov na osnovi DMR 1000.

Rahlo ogroženo



Srednje ogroženo



Močno ogroženo



Slika 10. Ogroženost Slovenije zaradi usadov glede na povprečni naklon v vsakem km².

Rahlo ogroženo



Srednje ogroženo



Močno ogroženo



Slika 11. Ogroženost Slovenije zaradi usadov glede na največji naklon v vsakem km².

Drago Perko

Natural Disasters and Digital Terrain Model

Relations between landscape elements (relief, rock formation, soil, vegetation, bodies of water, population, settlements, etc.) are increasingly becoming the fundamental subject of geography. In the same way, natural disasters, which are closely linked to certain landscape elements, are also characteristic subjects for geographic research. The relief, which is relatively unchangeable compared to the other elements, and its features (slope, height above sea level, diversity, etc) often play a decisive role in shaping the landscape (especially in countries with a varied landscape like Slovenia's), as well as in the development, occurrence, and consequences of certain natural disasters. In determining the significance of the relief for individual kinds of natural disasters, a digital terrain model (DTM) may be used. It can also be used as an integral part (layer) of the geographical information system (GIS), which facilitates an accurate and global analysis of natural disasters.

100-meter (DTM 100), 500-meter (DTM 500), and 1000-meter (DTM 1000) digital terrain models are available for Slovenia. For determining the general features of Slovenia, the geographical information system is combined with the DTM 1000 and population centers to define geographical coordinates and information about the population. In more specific studies, the DTM 100 is similarly combined with all dwellings. This article shows a simple example of the use of the DTM in the analysis of the significance of slope for landslides. Relative to slope, one fifth of Slovenia with a good half of the population faces a slight threat, one fourth of Slovenia with a quarter of the population a medium threat, and more than half of Slovenia with less than one quarter of the population a serious threat.

The digital terrain model is, therefore, a convenient tool for the study of natural disasters in both global research (districts, larger regions, or Slovenia as a whole) and in the study of concrete, smaller areas (specific localities, valleys, hills, etc.). However, the separate analysis of relief is not enough. It should be considered along with other landscape elements and their components that play a significant role in individual kinds of natural disasters. For this purpose, the use of the geographical information system is the most appropriate.

3. Gabrovec, M., V. Brečko, 1990. Poplave in usadi v dolini Lahomnice. Ujma 4, Ljubljana.

4. Lipej, B., 1991. Lociranje podatkov s pomočjo ROTE, EHIŠ in DMR. Geografski obzornik 1991/1, Ljubljana.

5. Natek, K., 1989. Vloga usadov pri geomorfološkem preoblikovanju Voglajnskega gričevja. Geografski zbornik 29, Ljubljana.

6. Radinja, D., 1974. Usadi na Sotelskem v pokrajinski luči. Deveto zborovanje slovenskih geografov, Ljubljana.