

# ZEMLJEVID OGROŽENOSTI ZGORNJE SAVINJSKE DOLINE ZARADI ZEMELJSKIH PLAZOV IN SKALNIH PODOROV

## Landslide and Rockfall Risk Map of the Upper Savinja Valley

Blaž Komac\*, Matija Zorn\*\* UDK 551.3(497.4)

Povzetek	Abstract
Zemljevidi ogroženosti prikazujejo ogroženost območij človekove dejavnosti zaradi različnih naravnih procesov. Temeljni namen zemljevidov ogroženosti je usmerjanje človekovih posegov v pokrajini na varna območja. Z metodo matrik smo določili obseg plazovitih in podornih območij v Zgornji Savinjski dolini ter ogroženost zaradi teh procesov glede na poselitve, državne ceste, rabo tal in vodotoke.	Risk maps illustrate the risks to areas of human activity due to various natural processes. The basic purpose of risk maps is to direct human encroachment on the landscape to safe areas. Using the matrix method, we established the extent of landslide and rockfall source areas in the Upper Savinja Valley and the risk due to these processes relative to settlement, roads, land use, and rivers and streams.

## Uvod

Metode izdelave zemljevidov ogroženosti delimo na neposredne oziroma kvalitativne ali izkustvene in posredne ali kvantitativne. Neposredna je metoda geomorfološkega kartiranja. Točnost te metode je odvisna od izkušenj in znanja tistih, ki kartirajo, zato izdelki zahtevajo več časa za izdelavo, so subjektivni, zaradi terenskega dela pa natančnejši in dražji od zemljevidov, izdelanih s posrednimi metodami (van Westen s sod., 1999).

Posredne metode delimo na probablistične oziroma statistične ali verjetnostne in deterministične. Izdelava zemljevidov s posrednimi metodami je cenejša in krajša. Deterministične metode so subjektivne, pri probablističnih metodah pa intenzivnost in razširjenost procesov ugotavljamo s primerjavo posredno določenih pokrajinskih prvin in dejanskega stanja (van Westen s sod., 1999; Komac, 2003).

Za Zgornjo Savinjsko dolino smo izdelali zemljevid ogroženosti zaradi zemeljskih plazov in skalnih podorov s tako imenovano metodo matrik (Zorn in Komac, 2004). Določili smo razširjenost plazovitih in podornih območij ter ogroženost zaradi zemeljskih plazov in skalnih podorov glede na poselitve, državne ceste, rabo tal in vodotoke.

Zemljevidi ogroženosti so model in prikazujejo le tisti del dejanske ali resnično prisotne ogroženosti, ki jo določajo uporabljene spremenljivke oziroma vplivni dejavniki. Dejanska ogroženost je lahko večja od ugotovljene, saj na nastanek skalnih podorov in zemeljskih plazov vplivajo še drugi, neznani ali nenapovedljivi dejavniki. Pride lahko tudi do "nesrečnega spleta okoliščin". Dejanska ogroženost pa je lahko manjša, saj je časovna razsežnost naravnega dogajanja povsem drugačna od človeškega dojemanja časa (Komac s sod., 2004).

## Uporaba zemljevidov ogroženosti

Iz zemljevidov naravnih procesov, ki prikazujejo razširjenost naravnih procesov in njihovo intenziteto, ob upoštevanju človekovega delovanja v pokrajini izdelamo zemljevide ogroženosti. So ena od temeljnih podlag za varovanje pred naravnimi nesrečami in prikazujejo ogroženost območij človekove dejavnosti ali bivanja zaradi različnih naravnih procesov. Na njihovi podlagi lahko določimo primernost nekega območja za določeno rabo (Mikoš, 1997). V Sloveniji izdelovanje zemljevidov ogroženosti še ni zažvelo, vendar bodo taki zemljevidi postali pomemben dejavnik prostorskega razvoja Slovenije. V Strategiji prostorskega razvoja Slovenije (2003) je med cilji, povezanimi z zmanjševanjem ogroženosti zaradi naravnih in drugih nesreč, med drugim navedeno, naj se z ustreznim načrtovanjem zagotavljata racionalna raba prostora in varnost prebivalstva (str. 6), naj se prostorski razvoj usmerja zunaj

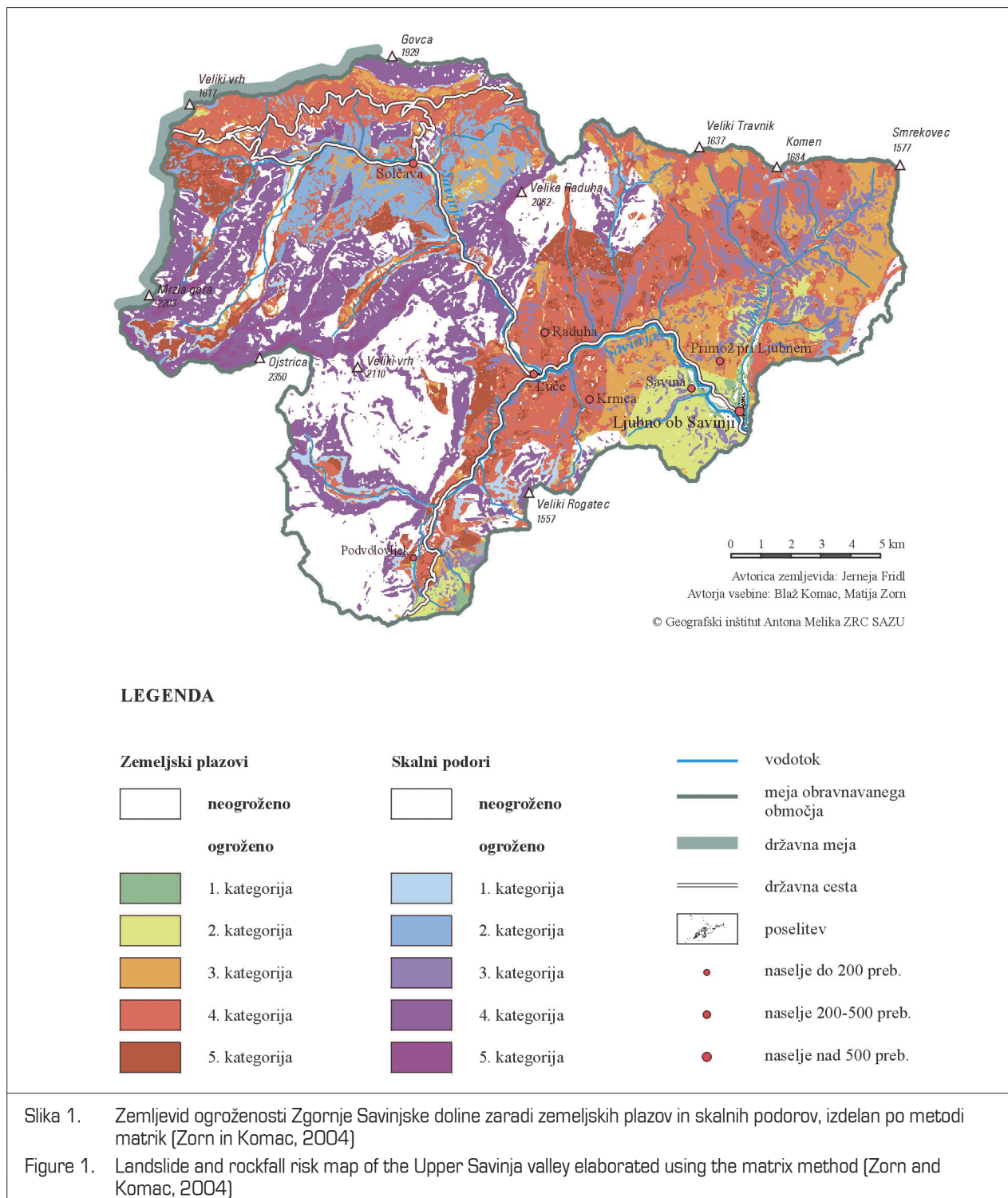
\* Mag., Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU, Gosposka ulica 13, Ljubljana, blaz.komac@zrc-sazu.si

\*\* Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU, Gosposka ulica 13, 1000 Ljubljana, matija.zorn@zrc-sazu.si

območij, ki so ogrožena zaradi naravnih ali drugih nesreč, oziroma naj se izboljša zaščita pred njihovimi posledicami (str. 7). Prostorski razvoj na ogroženih območjih naj bi se prilagajal stopnji ogroženosti (str. 18).

V nekaterih alpskih državah je določanje ogroženosti prostora razširjena in zakonodajno sprejeta oblika varstva pred naravnimi ujmami (Mikoš, 1997). V Avstriji so leta 1975 z zakonom o gozdovih (Forstgesetz, 1975) in leta 1976 s posebno odredbo (Verordnung, 1976) določili izdelavo načrtov ogroženosti "hudourniških in plazovitih območij". Dokument je javen in se mora uporabljati pri

prostorskem načrtovanju ter graditvi objektov (Komac in Zorn, 2002). V Sloveniji obstajata kataster zemeljskih (Ribičič s sod., 1994; Medmrežje 1) in snežnih plazov (Horvat, 2001; Pavšek, 2002), ki med seboj nista povezana in nista dostopna javnosti. V tujini so tudi zavarovalnice pogosti naročniki takšnih zemljevidov. Napačen pristop nekaterih ustanov v Sloveniji vidimo v obrazložitvi odločitve o zavrnitvi financiranja izdelave Atlasa ogroženosti Slovenije, z vidika naravnih in drugih nesreč: "Atlas ogroženosti Slovenije, z vidika naravnih in drugih nesreč, lahko predstavlja le posnetek nekega stanja v določenem času, ne more pa biti osnova za zagotavljanje pripravljene"



nosti države na naravne in druge nesreče, ker se ocene ogroženosti spreminjajo, dopolnjujejo, kot se spreminjajo dejavniki, ki na ocene ogroženosti vplivajo" (Ministrstvo, 2004).

## Izdelava zemljevida

Za izdelavo zemljevida smo uporabili metodo matrik (Zorn in Komac, 2004). Tu navedimo le osrednji del postopka, ki je povzet v enačbi ter omogoča določanje plazovitih in podornih območij:

$$\kappa = \frac{\prod_{k=1}^{\infty} (M_k)}{R_{\max}} = \frac{\prod_{k=1}^{\infty} \begin{pmatrix} kR_1 \\ kR_m \end{pmatrix}}{R_{\max}} = \frac{\prod_{k=1}^{\infty} \begin{pmatrix} k-1 R_1 * x_1 \\ k-1 R_m * x_m \end{pmatrix}}{R_{\max}}$$

Legenda:

$\kappa$  = zemljevid plazovitega oziroma podornega območja,

$k$  = zaporedna številka matrike,

$m$  = zaporedje v matriki,

$M$  = matrika,

$R$  = rang,

$R_{\max}$  = najvišji rang zadnje matrike,

$x$  = vplivni dejavnik.

Pri izdelavi smo upoštevali štiri vplivne dejavnike: kamninsko zgradbo, naklon površja, maksimalne 24-urne padavine in pokritost z gozdom. Uporabljeni informacijski sloji so bili v rastrski obliki, modelirali pa smo s programskim paketom Idrisi.

Podatke o kamninski zgradbi smo dobili iz geološkega zemljevida v merilu 1 : 100.000 (Mioč s sod., 1983; Premru, 1983). Naklone smo izračunali s pomočjo dīgi-

talnega modela višin z osnovno celico 25 x 25 m (Podobnikar s sod., 2000). Za vpliv maksimalnih padavin smo uporabili zemljevid Maksimalne 24-urne padavine za 100-letno povratno dobo v merilu 1 : 250.000 (Maksimalne, 1995). Podatke o pokritosti z gozdom smo dobili od območne enote Zavoda za gozdove v Nazarjah.

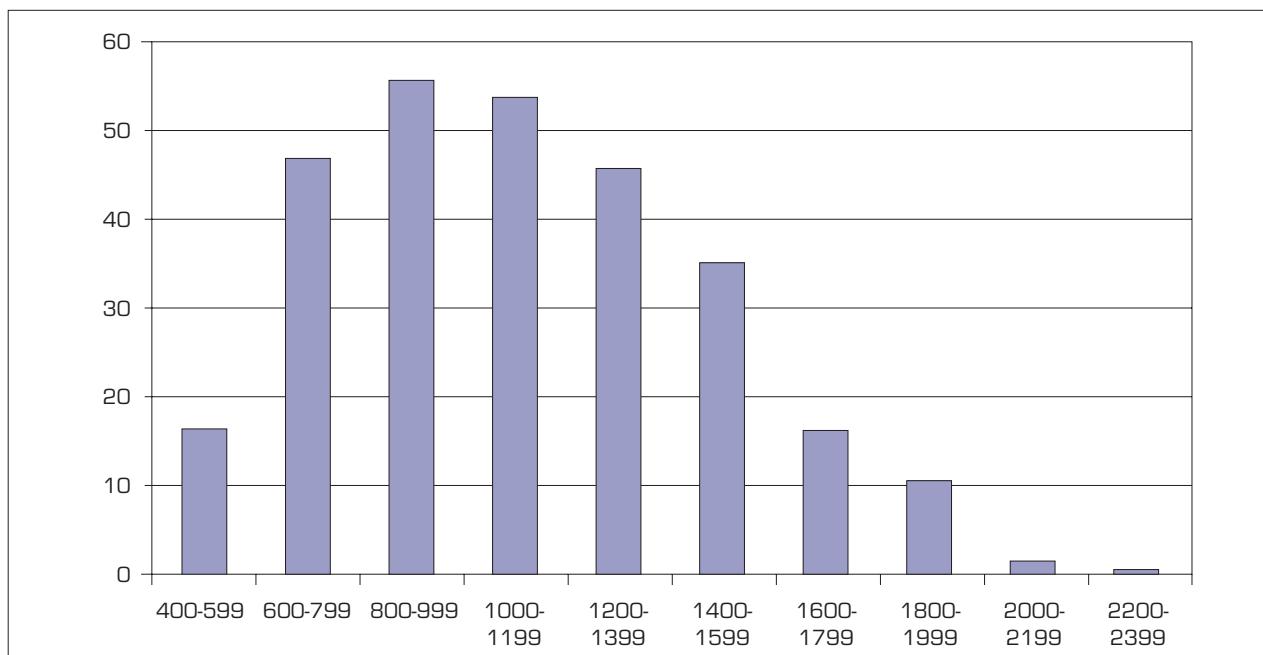
Za izdelavo zemljevida ogroženosti zaradi zemeljskih plazov in skalnih podorov smo zemljevid plazovitih in podornih območij, izdelan po zgornji enačbi, primerjali z družbenogeografskimi prviniami.

## Plazovita in podorna območja v Zgornji Savinjski dolini

### Značilnosti površja

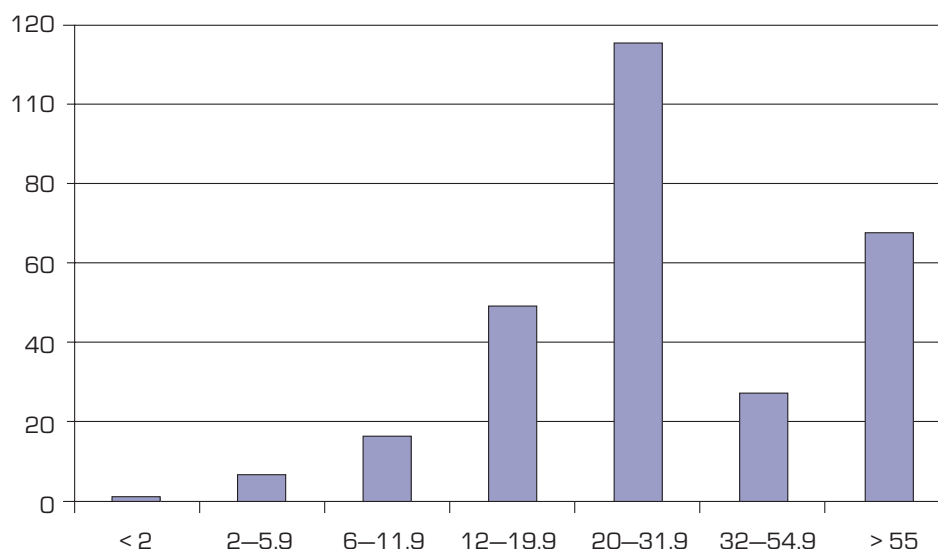
Porečje Savinje nad Ljubnim obsega 282,3 km<sup>2</sup>. Večina površja leži pod 1200 m, četrtno obsegajo območja v višinah 800–1200 m. Nad 1000 m sta skoraj dve petini porečja. Ozemlje v višinah 400–600 m obsega 16 km<sup>2</sup>, ozemlje v višinah 600–800 m pa 47 km<sup>2</sup>.

Le 0,1 % porečja, kjer ne potekajo močnejši pobočni procesi, ima naklon manjši od 2°. Zmerno odnašanje gradiva poteka na dveh odstotkih porečja z nakloni 2–6°. Močna erozija na kmetijskih površinah poteka na šestnajstini porečja z nakloni 6–11,9°. Zelo močno površinsko spiranje, ki ponekod že lahko preide v linijsko erozijo, poteka na 50 km<sup>2</sup> ozemlja z nakloni 12–19,9°. Na teh površinah že nastajajo usadi. Glede na naklone je velika nevarnost nastanka zemeljskih plazov na dveh petinah porečja. Stene obsegajo slabo četrtno porečja.



Slika 2. Površina porečja Savinje nad Ljubnim v km<sup>2</sup> po višinskih pasovih

Figure 2. Surface area of the Savinja watershed above Ljubno in km<sup>2</sup> according to altitude belts (m)



Slika 3. Površina porečja Savinje nad Ljubnim v km<sup>2</sup> po naklonskih razredih (naklon je v stopinjah)

Figure 3. Surface area of the Savinja watershed above Ljubno in km<sup>2</sup> according to slope classes (slope in degrees)

Naklonski razredi (°)	Površina (km <sup>2</sup> )	Delež površja (%)	Prevladujoči geomorfni procesi
do 2	0,36	0,13	Razmeroma šibko in pretežno površinsko spiranje gradiva s pogostim zastajanjem vode.
2–5,9	6,76	2,39	Zmerno odnašanje gradiva in erozija prsti na njivah ter polzerne prepereline v gozdu.
6–11,9	16,52	5,85	Močno odnašanje gradiva z erozijo prsti na njivah in travnikih ter proženje manjših zemeljskih plazov.
12–19,9	49,07	17,38	Zelo močno površinsko spiranje, ki prehaja v linijsko erozijo, pogosti zemeljski plazovi.
20–31,9	115,51	40,92	Zelo močno odnašanje gradiva s prevlado linijske erozije in pogostimi zemeljski plazovi.
32–54,9	26,99	9,56	Pri 32° je v naših razmerah naravni posipni kot, zato na površju ni sklenjene odeje prsti, pogosto podiranje.
nad 55	67,81	24,02	Stena, na kateri vsak odlučen delec kamnine pod vplivom gravitacije pade navzdol.

Preglednica 1. Površina porečja po naklonskih razredih in prevladujoči geomorfni procesi (Zorn in Komac, 2004)

Table 1. Surface area of watershed according to slope classes and dominant geomorphic processes (Zorn in Komac, 2004)

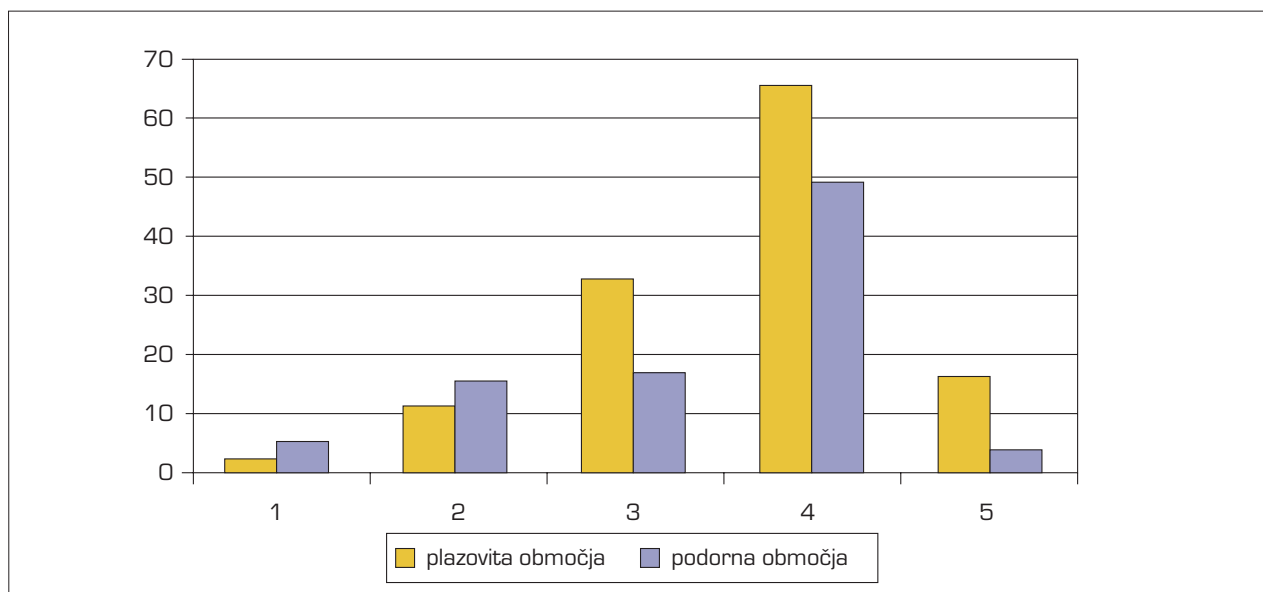
## Rezultati izračunov

Območja, na katerih naj se ne bi sprožali zemeljski plazovi in skalni podori, obsegajo približno četrtno porečja. Zemeljski plazovi se lahko pojavijo na šestih desetinah porečja, podori pa lahko nastanejo na tretjini porečja. Plazovitih ni 154 km<sup>2</sup> površin. Polovica plazovitih površin leži na območju četrte kategorije, četrtnina na območju tretje kategorije in osmina na območju pete kategorije. Podorno območje obsega 91 km<sup>2</sup> ali tretjino porečja. Od tega leži 54 % površja na območju četrte kategorije, po dobra petina na območju tretje in druge kategorije, po dvajsetina pa na območju prve in pete kategorije. Podori naj se ne bi sprožali na 191 km<sup>2</sup> površin.

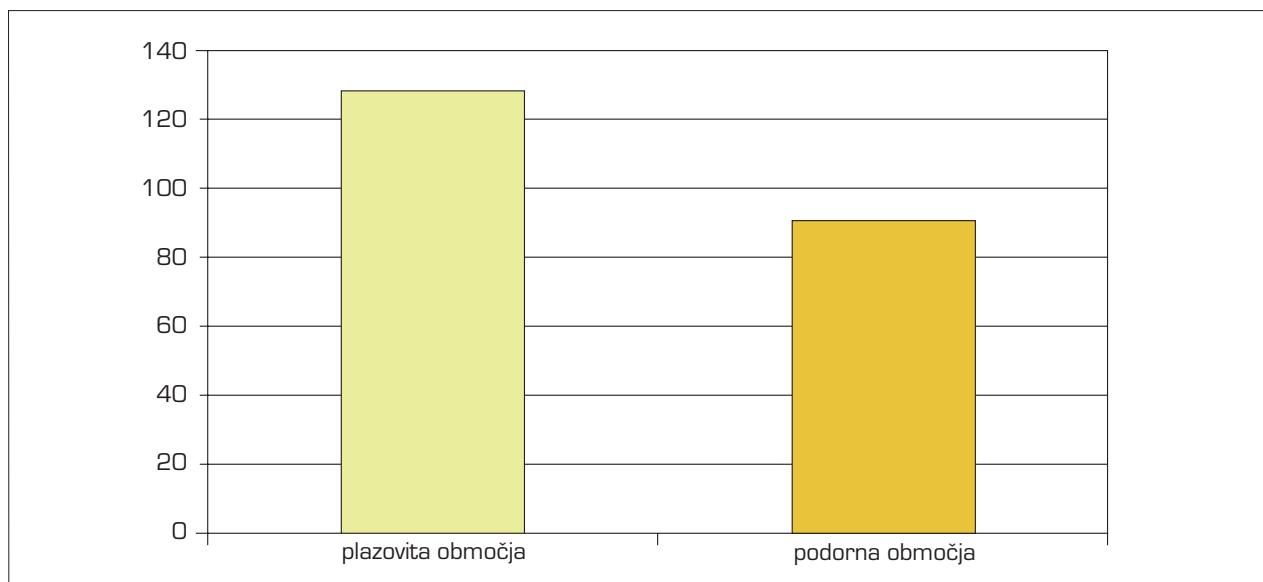
Kategorija	Plazovita območja (km <sup>2</sup> )	podorna območja (km <sup>2</sup> )
1	2,49	5,23
2	11,38	15,45
3	32,69	16,87
4	65,44	49,40
5	16,34	3,68
skupaj	128,34	90,64

Preglednica 2. Površina plazovitih in podornih območij  
Table 2. Extend of landslide and rockfall source areas





Slika 4. Primerjava površin (km<sup>2</sup>) plazovitih in podornih območij po kategorijah  
 Figure 4. Comparison of surface areas (km<sup>2</sup>) of landslide and rockfall source areas by categories



Slika 5. Primerjava skupnih površin (km<sup>2</sup>) plazovitih in podornih območij  
 Figure 5. Comparison of total surface areas (km<sup>2</sup>) of landslide and rockfall source areas

## Ogrožena območja zaradi zemeljskih plazov in skalnih podorov v Zgornji Savinjski dolini

V naslednji fazi smo procesni zemljevid primerjali z nekaterimi družbenogeografskimi prvinami, da bi dobili zemljevid ogroženosti. Ker zemljevid ogroženosti, izdelan po zgornji metodi, prikazuje le izvorna območja procesov, ne pa tudi vplivnih območij, smo pri modeliranju ogroženosti upoštevali še ogroženost območja v stometrski oddaljenosti od stavb, cest in vodotokov.

### Ogroženost območij poselitve

Poseljene površine obsegajo le 0,26 % površine (ugotovili smo 1218 stavb) preučevanega območja, toda preučevanje njihove ogroženosti je zaradi zagotavljanja varnosti prebivalcev zagotovo najpomembnejše.

Na območjih, ki jih zemeljski plazovi ne ogrožajo, je 452 ali slabi dve petini stavb. Za usmerjanje poselitve je pomembno, da kar 315 stavb leži na območju četrte stopnje ogroženosti, po desetina ogroženih stavb pa na območju prve in pete stopnje ogroženosti. V oddaljenosti 100 m od poseljenih območij je 13 km<sup>2</sup> površja, od tega obsega 4 km<sup>2</sup> območje v 50-metrski oddaljenosti. Polovica površine prvega pasu leži na območju četrte kategorije ogroženosti in petina na območju pete kategorije ogroženosti.

### Ogroženost območij poselitve zaradi zemeljskih plazov

Na območjih, ki jih zemeljski plazovi ne ogrožajo, je 452 ali slabi dve petini stavb. Za usmerjanje poselitve je pomembno, da kar 315 stavb leži na območju četrte stopnje ogroženosti, po desetina ogroženih stavb pa na območju prve in pete stopnje ogroženosti. V oddaljenosti 100 m od poseljenih območij je 13 km<sup>2</sup> površja, od tega obsega 4 km<sup>2</sup> območje v 50-metrski oddaljenosti. Polovica površine prvega pasu leži na območju četrte kategorije ogroženosti in petina na območju pete kategorije ogroženosti.

Kategorija ogroženosti	Poseljeno		Okolica 0-50 m		Okolica 50-100 m	
	število celic	ha	število celic	ha	število celic	ha
1	149	9,3125	748	46,75	837	52,3125
2	81	5,0625	672	42,00	1406	87,88
3	60	3,75	664	41,50	1863	116,44
4	309	19,3125	2974	185,88	7285	455,31
5	143	8,9375	1389	86,81	2844	177,75
skupaj	742	46,38	6447	402,94	14235	889,69

Preglednica 3. Površina ogroženosti območij poselitve in njihove bližnje okolice zaradi zemeljskih plazov  
Table 3. Risk to settlement areas and their immediate surroundings due to landslides

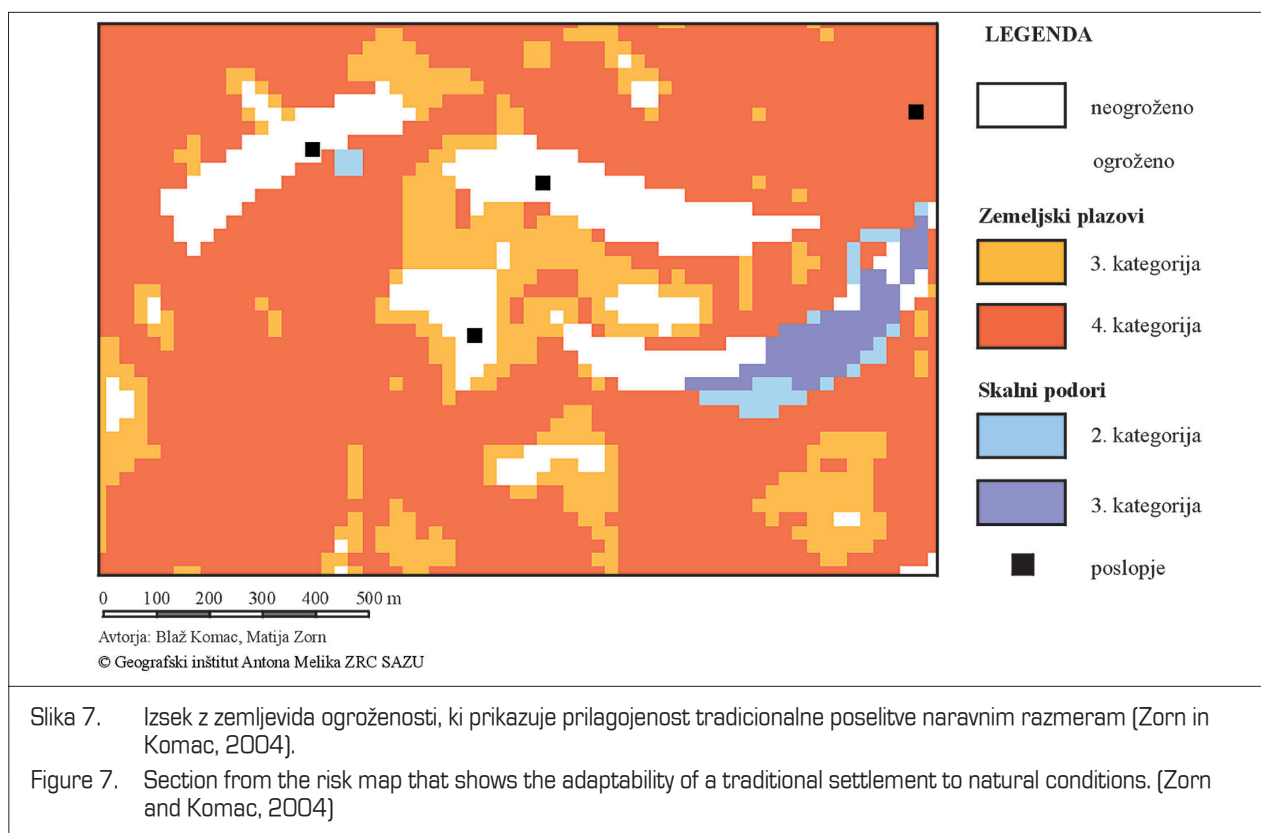
Kategorija ogroženosti	Poseljeno		Okolica 0-50 m		Okolica 50-100 m	
	število celic	ha	število celic	ha	število celic	ha
1	0	0,00	4	0,25	51	3,19
2	1	0,06	54	3,38	353	22,06
3	3	0,19	174	10,88	1002	62,63
4	1	0,06	18	1,13	117	7,31
5	1	0,06	18	1,13	117	7,31
skupaj	5	0,31	250	15,63	1523	95,19

Preglednica 4. Površina ogroženih območij poselitve in njihove bližnje okolice zaradi skalnih podorov  
Table 4. Risk to settlement areas and their immediate surroundings due to rockfalls



Slika 6. Na desni je viden zemeljski plaz v vasi Raduha, ki je nastal 3. 11. 1990, na levi je v plazni kotanji manjšega zemeljskega plazzu kmetija Slapnik. Nad domačijo je približno 400 m široka polkrožna plazna kotanja starejšega plazzu (foto: M. Zorn).

Figure 6. A landslide that occurred on November 3, 1990, in the village of Raduha is visible on the right; on the left, Slapnik farm is situated in the slide basin of a smaller landslide. Above the farm is the almost 400-meter-wide semicircular source area of an older landslide. (photo: M. Zorn)



### Ogroženost območij poselitve zaradi skalnih podorov

Zaradi skalnih podorov je ogroženih le pet stavb, kar je posledica redke poseljenosti na površju z velikimi nakloni. Na območju druge kategorije ogroženosti zaradi podorov je ena stavba, tri so na območju tretje kategorije in ena na območju četrte kategorije. V 100-metrski oddaljenosti od stavb je 1 km<sup>2</sup> površja, od tega obsega območje v 50-metrski oddaljenosti 15 ha. Tri petine prvega pasu so v tretji kategoriji ogroženosti, petina pa v drugi kategoriji ogroženosti.

### Ogroženost državnih cest

Za ugotavljanje ogroženosti državnih cest smo zemljevid plazovitih in podornih območij prekrili z informacijskim slojem državnega cestnega omrežja, ki je v Zgornji Savinjski dolini dolgo približno 55 km (Pregledna, 2002).

### Ogroženost državnih cest zaradi zemeljskih plazov

Zaradi zemeljskih plazov sta ogroženi dve tretjini cestnega omrežja. Na območju pete kategorije ogroženosti je 1,5 km državnih cest, na območju četrte kategorije ogroženosti pa 22,7 km ali štiri desetine državnih cest. V oddaljenosti 0–100 m je kar 8 km<sup>2</sup> ogroženih površin, največ na območju četrte kategorije ogroženosti.

### Ogroženost državnih cest zaradi skalnih podorov

Površine, ki jih ogrožajo podori obsegajo 3,5 ha. Štirideset odstotkov cestnih površin leži na območju druge kategorije ogroženosti, petina na območju tretje kategorije ogroženosti in tretjina na območju četrte kategorije ogroženosti. Na območju pete kategorije ogroženosti je 175 dolžinskih metrov cest, na območju prve kategorije ogroženosti 8,7

Kategorije ogroženosti	Državne ceste (ha)	Okolica 0–50 m (ha)	Okolica 50–100 m
1	1,69	34,22	25,05
2	1,95	41,47	37,38
3	3,11	67,87	65,62
4	11,38	250,35	241,04
5	0,78	19,21	23,84
skupaj	18,91	413,11	392,92

Preglednica 5. Površina ogroženosti državnih cest in njihove bližnje okolice zaradi zemeljskih plazov (ha)

Table 5. Roads and their immediate surroundings at landslide risk

Kategorije ogroženosti	Državne ceste (ha)	Okolica 0–50 m (ha)	Okolica 50–100 m
1	0,08	1,14	1,61
2	1,37	33,76	35,10
3	0,79	17,92	22,16
4	1,16	25,06	24,24
5	0,09	1,24	0,64
skupaj	3,49	79,12	83,75

Preglednica 6. Površina ogroženosti državnih cest in njihove bližnje okolice zaradi skalnih podorov

Table 6. Roads and their immediate surroundings at rockfall risk





Slika 8. Državna, tako imenovana Panoramska cesta, prečka Macesnikov plaz pod Olševo (foto: M. Zorn)  
 Figure 8. The "Panorama road" crossing the Macesnik landslide beneath Mount Olševa (photo: M. Zorn)

Kategorije ogroženosti	Njiva	Sadovnjak	Travnik	Gozd	Pozidano	Pašnik	Neporaslo	Vode
1	2,88	4,31	56,31	139,13	34,50	0,00	0,94	11,38
2	1,00	8,13	0,00	963,13	24,50	0,00	0,06	5,13
3	0,19	4,25	147,44	3062,13	40,06	5,06	5,31	4,44
4	2,38	0,00	1028,63	5315,38	137,50	7,94	9,13	9,81
5	0,56	15,69	493,56	983,31	60,38	16,94	61,25	2,56
skupaj	7,00	32,38	1725,94	10463,06	296,94	29,94	76,69	33,31

Preglednica 7. Površina ogroženosti po območjih rabe tal zaradi zemeljskih plazov (ha)  
 Table 7. Landlise risk to land use areas (ha)

Kategorije ogroženosti	Njiva	Sadovnjak	Travnik	Gozd	Pozidano	Pašnik	Neporaslo	Vode
1	0,00	0,00	1,19	483,81	0,31	4,69	32,81	0,00
2	0,00	0,19	9,94	1525,44	3,63	0,25	5,75	0,06
3	0,00	0,44	21,81	1650,38	6,13	0,06	8,25	0,13
4	0,00	0,00	5,06	3992,31	1,13	158,13	783,75	0,00
5	0,00	0,00	0,00	100,69	0,00	11,94	255,44	0,00
skupaj	0,00	0,63	38,00	7752,63	11,19	175,06	1086,00	0,19

Preglednica 8. Površina ogroženosti po območjih rabe tal zaradi skalnih podorov (ha)  
 Table 8. Rockfall risk to land use areas (ha)



km, na območju četrte kategorije ogroženosti pa 2,3 km. V oddaljenosti 100 m od cest je približno 160 ha ozemlja.

### Ogroženost zemljiških kategorij

Za ugotavljanje ogroženosti zemljiških kategorij smo zemljevid plazovitih in podornih območij primerjali z zemljevidom Raba kmetijskih zemljišč (2002).

### Ogroženost zemljiških kategorij zaradi zemeljskih plazov

Ogroženih je 127 km<sup>2</sup> površin. Najbolj so ogroženi neporasle površine, pašniki in sadovnjaki, saj ležijo štiri petine neporaslih

površin ter polovica pašnikov in sadovnjakov na območju pete kategorije ogroženosti. Tri petine ogroženih travnikov so na območju četrte kategorije ogroženosti, tri desetine pa na območju pete kategorije ogroženosti. Med pozidanimi površinami (v nasprotju z zgoraj obravnavano poselitvijo so tu upoštevane vse urbane površine), ki obsegajo 3 km<sup>2</sup>, leži skoraj polovica na območju četrte kategorije ogroženosti, petina pa na območju pete kategorije ogroženosti.

### Ogroženost zemljiških kategorij zaradi skalnih podorov

Ogrožene površine obsegajo 90 km<sup>2</sup>. Ogroženi so zlasti neporasle površine, pašniki in gozdovi. Četrтина nepo-



Slika 9. Spodnji del Macesnikovega plazu pod Olševo (foto: M. Zorn)

Figure 9. Lower part of the Macesnik landslide beneath Mount Olševa (photo: M. Zorn)



raslih območij leži na območju pete kategorije ogroženosti, preostali delež pa na območju četrte kategorije ogroženosti. Devet desetih pašnikov leži na območju četrte kategorije ogroženosti. Polovica gozdnih površin leži na območju četrte kategorije ogroženosti, petina na območjih druge in tretje kategorije ogroženosti, manjši delež pa na območju prve kategorije ogroženosti. Ogroženi travniki obsegajo 38 ha, šest desetih jih leži na območju tretje kategorije ogroženosti, četrtnina na območju druge kategorije ogroženosti, desetina pa na območju četrte kategorije ogroženosti. Podori neposredno ogrožajo 11 ha pozidanih površin, od tega leži več kot polovica na območju tretje kategorije ogroženosti, tretjina na območju druge kategorije ogroženosti in desetina na območju četrte kategorije ogroženosti. Ogroženih je 0,63 ha sadovnjakov, njihve pa zaradi skalnih podorov niso ogrožene.

## Ogroženost vodotokov

Za ugotavljanje "ogroženosti" vodotokov smo zemljevid plazovitih in podornih območij prekrili z zemljevidom vodotokov v Zgornji Savinjski dolini (Vodotoki, 2004). V dolžino vodotoki merijo približno 280 km in obsegajo po površini 0,5 % preučevanega območja. Analizo površinskih vodotokov smo tako kot analizo državnih cest naredili z digitalnim modelom višin 5 x 5 metrov, ki smo ga izdelali iz digitalnega modela višin 25 x 25 metrov.

Zemeljski plazovi in skalni podori lahko ustvarijo dolinske pregrade, kar povzroči poplave za pregradami, po njihovem preboju pa tudi pod njimi. Na obravnavanem območju je takšno pregrado novembra 1990 ustvaril Tratičnikov plaz v dolini Podvolovljek. Nastalo jezero je do streh zalilo nekaj hiš, po preboju pregrade pa je 2 m visok val razdejal nekaj

Kategorije ogroženosti	Vodotoki	Okolica 0-50 m	Okolica 50-100 m
1	5,93	95,42	41,33
2	13,04	236,38	164,11
3	51,24	677,37	440,39
4	57,53	1257,51	1038,55
5	9,37	231,15	219,41
skupaj	127,10	2497,83	1903,78
Preglednica 9. Površina ogroženosti vodotokov zaradi zemeljskih plazov (ha)			
Table 9. Landslide risk to rivers and streams (ha)			

Kategorije ogroženosti	Vodotoki	Okolica 0-50 m	Okolica 50-100 m
1	0,63	41,18	90,04
2	2,97	177,80	299,21
3	3,30	253,30	450,86
4	5,46	220,91	347,05
5	0,03	5,17	13,75
skupaj	12,39	698,37	1200,90
Preglednica 10. Površina ogroženosti vodotokov zaradi podorov (ha)			
Table 10. Rockfall risk to rivers and streams (ha)			



Slika 10. Odlomni rob Tratičnikovega plaz, ki je v Podvolovljeku ustvaril dolinsko pregrado, za katero je nastalo jezero (foto: M. Zorn).

Figure 10. The source area of the Tratičnik landslide, which formed a barrier across the Podvolovljek valley and created a temporary lake. (photo: M. Zorn)

kilometrov oddaljeni spodnji del Luč (Natek, 1991). Stopnjo take ogroženosti posameznih vodotokov smo določili s pomočjo opredelivitve ogroženosti okolice vodotokov.

### Ogroženost vodotokov zaradi zemeljskih plazov

Zaradi zemeljskih plazov je ogroženih 1,3 km<sup>2</sup> voda, od tega je skoraj polovica na območju četrte kategorije ogroženosti, tretjina pa na območju tretje kategorije ogroženosti.

### Ogroženost vodotokov zaradi skalnih podorov

Površine, ki jih ogrožajo skalni podori obsegajo 12 ha. Po četrtna površja leži na območju druge in tretje kategorije ogroženosti, dve petini na območju četrte kategorije ogroženosti. Na območju pete kategorije ogroženosti leži približno 50 m vodotokov. Območje v oddaljenosti 0–50 m od vodotoka obsega 7 km<sup>2</sup>, območje pasu v oddaljenosti 50–100 m od vodotoka pa 12 km<sup>2</sup>.

## Sklepne misli

Izračun po metodi matrik je pokazal, da lahko na osmih desetinah preučevanega površja nastanejo zemeljski plazovi ali skalni podori.

Polovica porečja sodi na območja četrte in pete kategorije možnosti za nastanek zemeljskih plazov in skalnih podorov, na katerih bi bilo nujno usmerjanje človekovih dejavnosti na varnejša območja. Na območjih zmerne možnosti zemeljskih plazov in skalnih podorov, ki obsegajo 50 km<sup>3</sup>, so človekove dejavnosti možne ob poprejšnjih ustreznih ukrepih. Velika možnost nastanka zemeljskih plazov in skalnih podorov je na 20 km<sup>2</sup> porečja. Na teh območjih bi se morali izogibati kakršne koli dodatne intenzivne rabe, zlasti gradnje. Stroški so najmanjši, če se nevarnosti izognemo, nekoliko dražje je preventivno delovanje, najdražje pa je odstranjevanje posledic geomorfnih procesov.

Vprašanje je, kakšni varnostni ukrepi bi bili potrebni na že poseljenih oziroma uporabljenih območjih najvišje kategorije, ki skupaj obsegajo 0,1 km<sup>2</sup>. Nujno morata v takih primerih izdelavi zemljevida ogroženosti slediti detajlno geomorfološko kartiranje in družbenogeografska preučitev ogroženega območja.

		Površina ogroženega območja (ha)
območje poselitve	zemeljski plazovi	76,00
	skalni podori	0,30
državne ceste	zemeljski plazovi	19,00
	skalni podori	3,00
vodotoki	zemeljski plazovi	127,00
	skalni podori	12,00

Preglednica 11. Površina ogroženih območij  
Table 11. Risk areas

Zemljevid ogroženosti zaradi zemeljskih plazov in skalnih podorov je ocena dejanskega stanja, ki jo dobimo z modeliranjem. Njena zanesljivost je odvisna od kakovosti uporabljenih zemljevidnih podlag in uporabljene metode. Ocena je do neke mere tudi mera verjetnosti, ki pove, da obstaja možnost nastanka nekega procesa na določenem območju. Natančnejšo mero verjetnosti dobimo, če deterministične zemljevide ogroženosti primerjamo z obsegom dejanskih zemeljskih plazov in podorov, ki jih ugotovimo s kartiranjem.

Kakovost zemljevidov ogroženosti je odvisna od uporabljenih podatkovnih slojev, zlasti temeljnega podatkovnega sloja za izračun naklonov površja, to je digitalnega modela višin. Pomemben je tudi podatkovni sloj s kamninami, ki je žal bistveno manj natančen, saj digitalni geološki zemljevid v merilu 1 : 25.000 še ni izdelan, zemljevid v merilu 1 : 100.000 pa je razmeroma nenatančen in uporaben le na regionalni ravni. Pomagamo si lahko z digitalnim pedološkim zemljevidom 1 : 25.000. Za izdelavo zemljevida plazovitih območij bi morali upoštevati še zemljevid debeline prepereline (Ribičič s sod., 2003), toda na ta dejavnik lahko za zdaj sklepamo le posredno. Zemljevid maksimalnih 24-urnih padavin je bil izdelan za celo Slovenijo in je zaradi širine razredov (50 mm) primeren le za uporabo na regionalni ravni.

Tako izdelani zemljevidi ogroženosti so nadvse uporabni na regionalni in državni ravni, za usmerjanje človekovih dejavnosti na krajevni ali individualni ravni pa je njihova natančnost za zdaj kljub sodobnim metodam in uporabljenim sredstvom majhna.

Na procesnih zemljevidih in zemljevidih ogroženosti prikazujemo predvsem prostorske razsežnosti pojavov in ugotavljamo, katera območja so bolj in katera manj

čas izdelave	–
kompleksnost postopka	–
subjektivnost	+
na končnem zemljevidu je mogoče razlikovati procese postopka	–
prikazuje neogrožena	+
preverljivost vplivnih dejavnikov do ravni posamezne celice digitalnega modela višin	–
prikazuje vplivno območje procesov	+
prikazuje intenziteto procesov	–
prikazuje čas nastanka procesov*	+

Opomba: + označuje dobro stran metode, – označuje slabo stran metode.  
\*Do zdaj še ni bil izdelan zemljevid, ki bi lahko napovedoval čas nastanka procesov.

Preglednica 12. Dobre in slabe strani metode matrik  
Table 12. Advantages and weaknesses of the matrix method

ogrožena. Zaradi kratkega obdobja opazovanja večinoma ne poznamo pogostosti pojavljanja zemeljskih plazov in skalnih podorov, zato je težko, če ne nemogoče, napovedati, kdaj se bo v neki pokrajini zgodil določen pojav in kakšna je verjetnost, da se bo zgodil v nekem trenutku. Zato je izjemnega pomena terensko delo, na podlagi katerega lahko določimo okvirne mejne vrednosti posameznih vplivnih dejavnikov.

Zemljevidi ogroženosti prikazujejo izvorna območja geomorfni procesov, ne pa nujno njihovih vplivnih območij. Tej pomanjkljivosti smo se izognili z izračunom površine ogroženega območja v neposredni bližini posameznih ogroženih objektov ali površin.

## Viri in literatura

1. Forstgesetz. Bundesgesetzblatt der Republik Österreich, 440/1975, 3. 7. 1975. Wien.
2. Horvat, A., 2001. Metode določanja erozijsko ogroženih območij. Doktorska disertacija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive vire.
3. Komac, B., Zorn, M., 2002. Aplikativne možnosti geografije pri preučevanju pobočnih procesov. Dela, 18, 171–193.
4. Komac, B., Natek, K., Pečnik, M., Zorn, M., 2004. Ogroženost Zgornje Savinjske doline zaradi recentnih geomorfni procesov. 19. zborovanje slovenskih geografov. Velenje, Erico.
5. Komac, M., 2003. Napoved tveganja pred plazovi z analizo satelitskih in drugih prostorskih podatkov. Doktorska disertacija. Ljubljana, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geologijo.
6. Maksimalne 24-urne padavine za 100-letno povratno dobo: merilo 1 : 250 000. 1995. Ljubljana, Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije, Oddelek za klimatologijo.
7. Medmrežje 1: [http://www.arso.gov.si/podrocja/sanacije/podatki/PLAZ-skupaj\\_2001j.xls](http://www.arso.gov.si/podrocja/sanacije/podatki/PLAZ-skupaj_2001j.xls) (29. 6. 2004).
8. Mikoš, M., 1997. Ocena ogroženosti alpskega sveta z naravnimi ujmami. Gradbeni vestnik, 46/1-3, 2–7.
9. Ministrstvo za šolstvo, znanost in šport, 29. 10. 2004 (sklep številka 404-03-16/2004/389), Ministrstvo za obrambo, 10. 11. 2004 (sklep številka 808-00-1/2004-360). Ljubljana.
10. Mioč, P., Žnidarčič, M., Jerše, Z., 1983. Ravne na Koroškem. Osnovna geološka karta SFRJ 1 : 100 000. Beograd, Zvezni geološki zavod.
11. Natek, K., 1991. Plazovi v Gornji Savinjski dolini. Ujma, 5, 62–65.
12. Pavšek, M., 2002. Snežni plazovi v Sloveniji. Geografija Slovenije, 6. Ljubljana, Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU.
13. Podobnikar, T., Stančič, Z., Oštir, K., 2000. Data integration for the DTM production. International Cooperation and Technology Transfer, Proceedings of the Workshop, 32-6W8/1, 134–139.
14. Pregledna karta državnega cestnega omrežja Republike Slovenije v merilu 1 : 250 000. 2002. Ljubljana, Direkcija Republike Slovenije za ceste.
15. Premru, U., 1983. Ljubljana. Osnovna geološka karta SFRJ 1 : 100 000. Beograd, Zvezni geološki zavod.
16. Raba kmetijskih zemljišč, različica 1.0. 2002. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano.
17. Ribičič, M., Buser, I., Hobljaj, R., 1994. Digitalno atributna/tabelarična baza zemeljskih plazov Slovenije za terenski zajem podatkov. V: Prvo slovensko posvetovanje o zemeljskih plazovih. Idrja, Rudnik živega srebra Idrja, 139–153.
18. Ribičič, M., Šinigoj, J., Komac, M., 2003. New general engineering geological map of Slovenia. Geologija, 46/2, 397–404.
19. Strategija prostorskega razvoja Slovenije. 2003. Ljubljana, Ministrstvo za okolje, prostor in energijo, Urad za prostorsko planiranje.
20. van Westen, C. J., Seijmonsbergen, A. C., Mantovani, F., 1999. Comparing Landslide Hazard Maps. Natural Hazards, 20/2-3, 137–158.
21. Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft über die Gefahrenzonenpläne. Bundesgesetzblatt der Republik Österreich, 436/1976, 30. 7. 1976. Wien.
22. Vodotoki. 2004. EIONET v Sloveniji. Medmrežje: <http://nfp-si.eionet.eu.int/ewnsi/index.htm> (30. 6. 2004).
23. Zorn, M., Komac, B., 2004. Deterministic modeling of landslide and rockfall risk. Acta geographica Slovenica, 44/2, 53–100.