

# PREUČEVANJE ZEMELJSKIH PLAZOV V SLOVENIJI V PRETEKLIH DVEH DESETLETJIH Z VIDIKA GEOLOGIJE IN SORODNIH VED TER PREDSTAVITEV PRIMERA METODOLOGIJE PROSTORSKE ANALIZE POJAVLJANJA ZEMELJSKIH PLAZOV

## THE GEOLOGICAL AND GEOLOGY-RELATED STUDY OF LANDSLIDES IN SLOVENIA IN THE PAST TWO DECADES AND THE PRESENTATION OF METHODOLOGY OF SPATIAL ANALYSIS OF THE LANDSLIDES OCCURRENCE

**Marko Komac**

pridr: prof. dr., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova cesta 2, Ljubljana, m.komac@telemach.net

### Povzetek

Podan je kronološki pregled raziskav zemeljskih plazov v Sloveniji od prve polovice 90-ih let 20. stoletja do danes. Zajema mnogo vidikov raziskav zemeljskih plazov: od pridobivanja osnovnih podatkov, njihovega urejanja z namenom izboljšati analize pojavnosti in modeliranja ter ocene vpliva na človekovo okolje. V drugem delu prispevka je podrobno opisan praktičen primer metodologije prostorske analize pojavljanja zemeljskih plazov z vidika vpliva prostorsko-časovnih dejavnikov.

### Abstract

The paper presents a chronological overview of research performed in the field of landslide occurrences in Slovenia, starting with the first half of 1990s. It encompasses all aspects of landslide research, from the basic data collection, their organisation into databases with the purpose of improving the occurrence analyses and modelling and assessing their impact on the anthropogenic environment. In the second part of the paper, a detailed description of one of the methodologies for the assessment of landslide occurrence is given. The main objective of the paper was to assess the occurrence of this phenomenon from the spatiotemporal perspective.

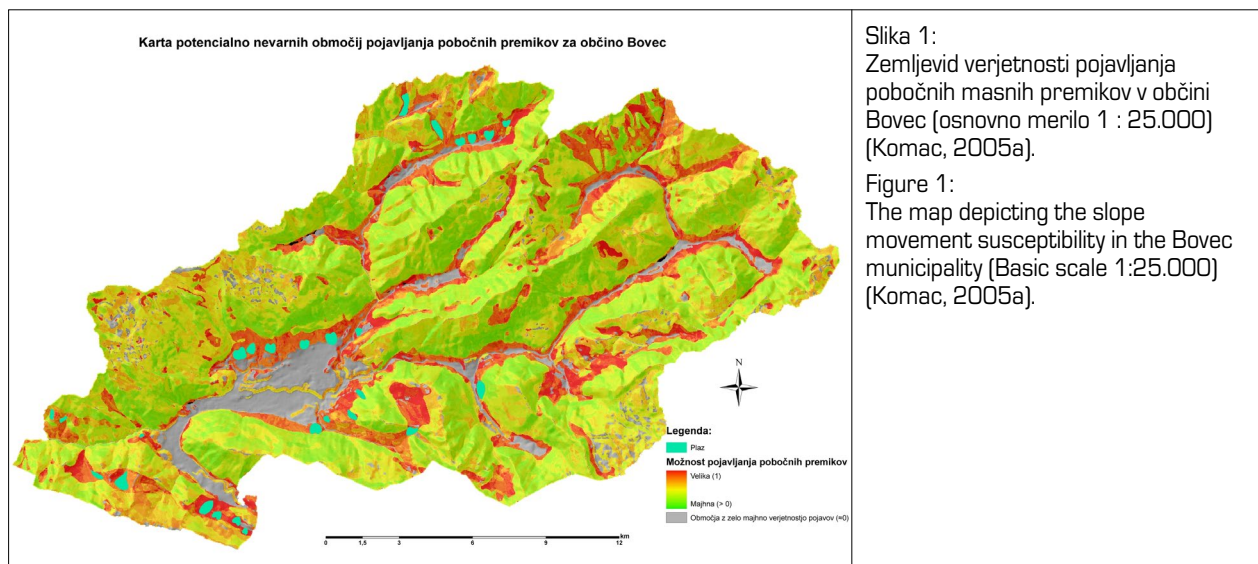
## Uvod

Pred letom 1990 so analize pojavljanja zemeljskih plazov v Sloveniji temeljile na posamičnih in prostorsko zelo omejenih poskusih (npr. Sore, 1970; Sovinc in Kmet, 1970; Damjanič, 1989; Dolinar, 1990). Obsegale so večinoma zbiranje podatkov o pojavih in ustvarjanje katastra zemeljskih plazov, redki avtorji pa so se lotevali tudi prostorskih analiz v omejenem prostorskem obsegu (npr. Gabrovec in Grubar, 1990; Natek, 1990). Kljub omejitvam tedanjih analitičnih rezultatov so zbrani podatki izrednega pomena za analize, predstavljene v nadaljevanju. Razvoj informatike in geografskih informacijskih sistemov (GIS) po letu 1990 sta omogočila obsežnejše prostorske analize pojavljanja zemeljskih plazov, dejavnikov vpliva na njihovo pojavljanje ter izdelave različnih napovedi pojavljanja, od regionalnih do lokalnih meril. Tudi v Sloveniji smo sledili trendom razvoja GIS-ov na področju geologije in geotehnike.

Pojem zemeljski plazovi, ki je uporabljen v tem prispevku, je mišljen v njegovem najširšem pomenu. Povzet je po Geološkem terminološkem slovarju (Pavšič (ur.), 2006) in obsega vse vrste pobočnih masnih premikanj glede na njihovo kinematiko – zemeljske plazove (drsenje gmote), skalne podore (padanje gmote) in drobirske tokove (tekočinam podobno premikanje gmote). Prispevek se osredotoča na raziskave s področja geologije, obenem pa za boljše razumevanje kompleksnosti tematike in z njo povezanih raziskav navaja tudi nekatere raziskave z znanstvenih področij, ki so blizu geologiji.

## Zemeljski plazovi v Sloveniji

V Sloveniji naj bi bilo po oceni Ribičiča in sodelavcev (1994) sredi devetdesetih let med 7000 in 10.000 večjih plazov. Škoda zaradi plazov je med letoma 1994 in 2008



dosegla skupno vrednost okoli 100 milijonov evrov (Zorn in Hrvatin, 2015; SURS, 2016); stroški sanacije in preventivnih ukrepov niso vštetni v to oceno. Poznejši podatki o škodi niso dostopni, a Komac in Hribernik (2015) ocenjujeta, da je ta med letoma 2008 in 2013 znašala med šest in dvanajst milijonov evrov. Glede na navedeni škodni vpliv zemeljskih plazov v Sloveniji se je pojavila potreba po sistematičnem urejanju predstavljene problematike.

Prispevek povzema raziskave na področju napovedi vseh treh načinov premikanja pobočnih masnih premikov v Sloveniji, kot jih opredeljujeta Skaberne (2001) in Ribičič (2002) – zemeljskih plazov, drobirskih tokov in skalnih podorov.

## Razvoj raziskav pojavljanja zemeljskih plazov v Sloveniji po letu 1990

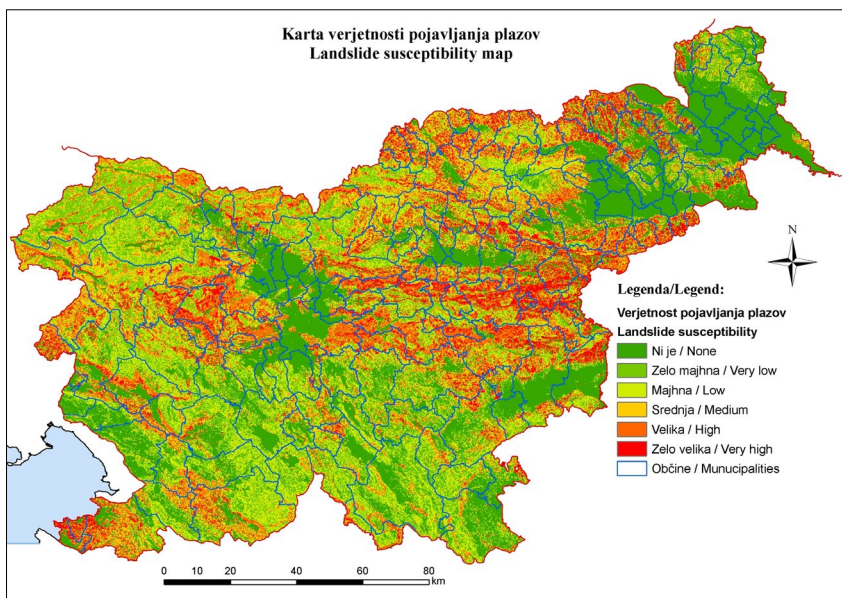
Na splošno lahko raziskave na omenjenem področju združimo v več skupin, ki sledijo naravnemu razvoju zapletenosti raziskav: a) zbiranje podatkov o plazovih in grajenje katalogov (tudi katastrof) oziroma zbirke podatkov; b) analiza njihovih vzrokov in sprožilcev; c) izdelava prostorsko-časovnih modelov verjetnosti pojavljanj v prihodnje in č) ocena izpostavljenosti prebivalstva. Ker je namen tega prispevka dati zgodovinski pregled raziskav, bodo le-te predstavljene v časovnem sosledju, katerega razvoj je zgolj splošno sledil zgoraj omenjenemu razvoju raziskav.

Prvi pregledni pristop k določitvi pomembnosti dejavnikov vpliva na pojave plazenj na območju Slovenije so izvedli Petkovšek in sodelavci (1993), sledili pa so jim Ribičič s sodelavci (1995), Ribičič in Šinigoj (1996), Janža in Ribičič (1998), Vukadin in Ribičič (1998) ter Urbanc in sodelavci (2000). Temeljili so na izkustvenem pristopu. Nekateri (Hafner, 1999) so se lotili problematike z metodami

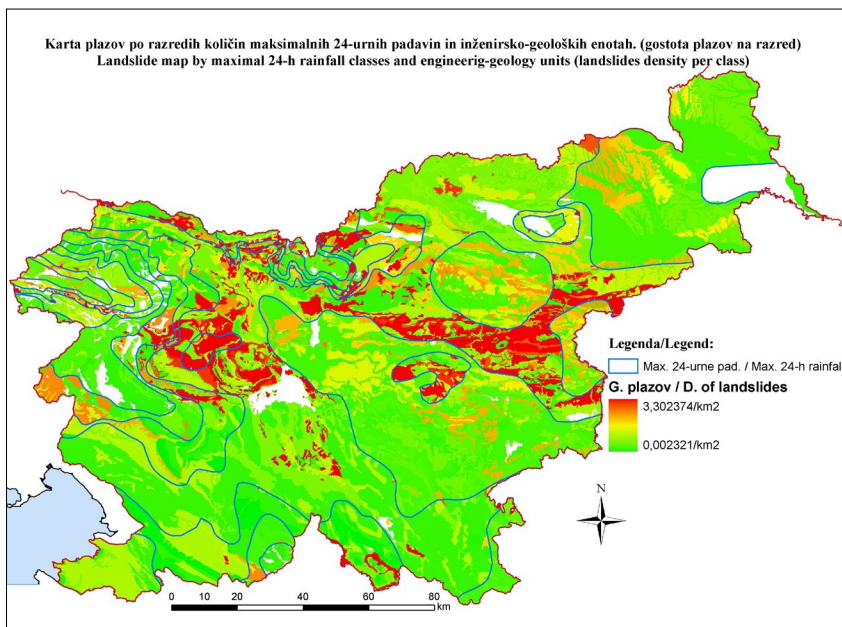
strojnega učenja ozirom umetne inteligence. Slednje so bile zaradi procesorskih in spominskih omejitev takratnih računalnikov močno prostorsko omejene in časovno zamudne. Sredi 90-ih 20. stoletja let so se Ribičič in sodelavci (1994) tudi prvič resneje lotili izdelave podatkovne zbirke zemeljskih plazov. Perko (1990) je na območju vzhodne krške kotline izdelal enostaven model karte ogroženosti zaradi naravnih nesreč, Petkovšek in Marolt (1994) pa sta na kratko predstavila metodologijo za izdelavo karte ogroženosti in podala tudi oceno materialne škode kot posledice vseh oblik naravnih nesreč, tudi plazov za leto 1993 v Sloveniji. Leta 1994 sta Ribičič in Vidrih (1994) prvič ocenila vplive potresnih intenzitet na sprožanje zemeljskih plazov, pristop pa sta dokazovala še na dejanskih primerih plazov, nastalih ob velikonočnem potresu v Posočju leta 1998 (Ribičič in Vidrih, 1998), nedavno pa se je tega lotil tudi Komac (2015).

Komac (2002) je z uporabo enostavne metode prostorske statistike, analize prekrivanja, analiziral vpliv prostorskih dejavnikov na pojavljanje plazov, ki jo je pozneje (Komac, 2003; 2004a; 2004b) nadgradil s kompleksnejšimi prostorskimi analizami vzrokov pojavljanj zemeljskih plazov. Končni rezultat teh analiz je bil model napovedi nevarnosti zaradi zemeljskih plazov v osrednji Sloveniji (Komac, 2006a). Na podlagi tega modela je izdelal tudi napoved ogroženosti prebivalstva na obravnavanem območju (Komac, 2004c). Uporabnost je avtor preizkusil tudi na delu slovenskih Alp (2006b). Sorodne analize sta se na območju Zgornje Savinjske doline lotila Zorn in Komac (2004), na območju Goriških brd Komac in Zorn (2007, 2009), Zorn in Komac (2007), Ciglič in sodelavci (2010) pa so za ugotavljanje plazljivosti na istem območju uporabili metode strojnega učenja.

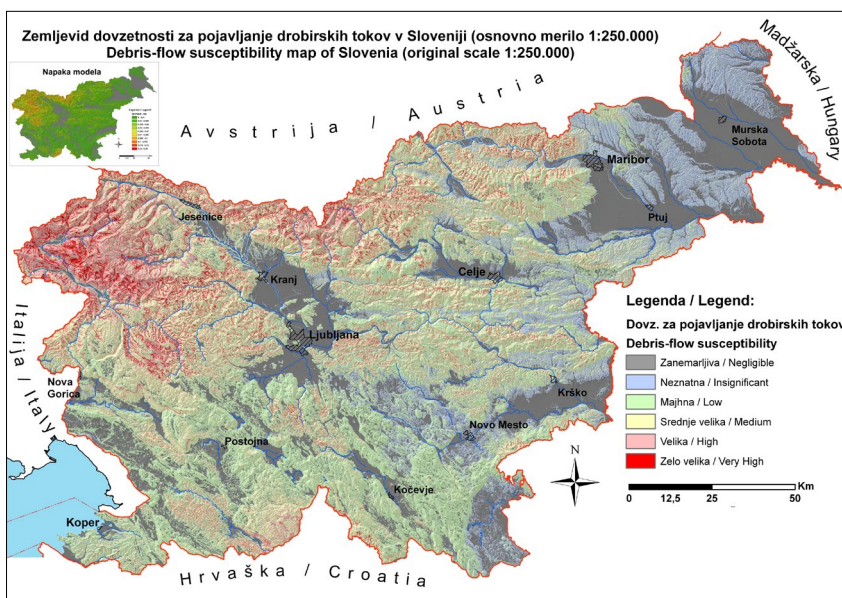
Omenjene analize so pomenile temelj za razvoj metodologije ocene verjetnosti pojavljanja pobočnih masnih premikov na preskusnem območju občine Bovec (Bavec in sod., 2005; Komac, 2005a) (slika 1). Metoda je bila nato uporabljena na podlagi podatkov o zemeljskih plazovih iz informacijskega sistema GIS\_UJME (Ribičič in



Slika 2:  
Zemljevid verjetnosti pojavljanja zemeljskih plazov v Sloveniji (osnovno merilo 1 : 250.000) (Komac, 2012a).  
Figure 2:  
Map depicting landslide occurrence in Slovenia (Basic scale 1 : 250.000) (Komac, 2012a).



Slika 3:  
Zemljevid gostote zemeljskih plazov glede na površino presečnih razredov med količinami 24-urnih padavin in inženirsko-geološkimi enotami (Komac, 2005b).  
Figure 3:  
The map depicting the density of landslides in relation to the classes derived from the intersection between the amount of a 24-hour rainfall and the engineering-geological units (Komac, 2005b).



Slika 4:  
Zemljevid dovzetnosti za pojavljanje drobirskih tokov v Sloveniji (osnovno merilo 1 : 250.000) (Komac in sod., 2010).  
Figure 4:  
The map depicting the debris-flow susceptibility in Slovenia (Basic scale 1:250.000) (Komac et al., 2010).

sod., 2006) za oceno verjetnosti pojavljanja zemeljskih plazov za območje celotne Slovenije (Komac in Ribičič, 2006) (slika 2), Komac pa je pozneje še nadgradil model z boljšo metodo ocene napak (2012a). Model ocene verjetnosti pojavljanja zemeljskih plazov, ki je potem izšel tudi kot tiskana karta v merilu 1 : 250.000 (Komac in Ribičič, 2008), je služil kot podlaga za oceno izpostavljenosti človekovega okolja v Sloveniji zaradi potencialnih zemeljskih plazov (Komac, 2006c). Zorn in Komac (2008), Komac in Zorn (2010) ter Komac (2015) so pozneje izdelali podobne zemljevide plazljivosti, ki so temeljili na sorodnih pristopih. Vzporedno procesu razvijanja modela ocene verjetnosti pojavljanja zemeljskih plazov (Komac in Ribičič) so bile prvič za območje Slovenije izdelane podrobnejše analize vpliva intenzivnih, 24-urnih padavin (slika 3) in dolgotrajnejših padavin na pojavljanje (sprožanje) zemeljskih plazov (Komac, 2005b).

Model verjetnosti pojavljanja skalnih podorov na občinski ravni, natančneje za občino Bovec, so pozneje nadgradili Čarmanova in sodelavci (2015).

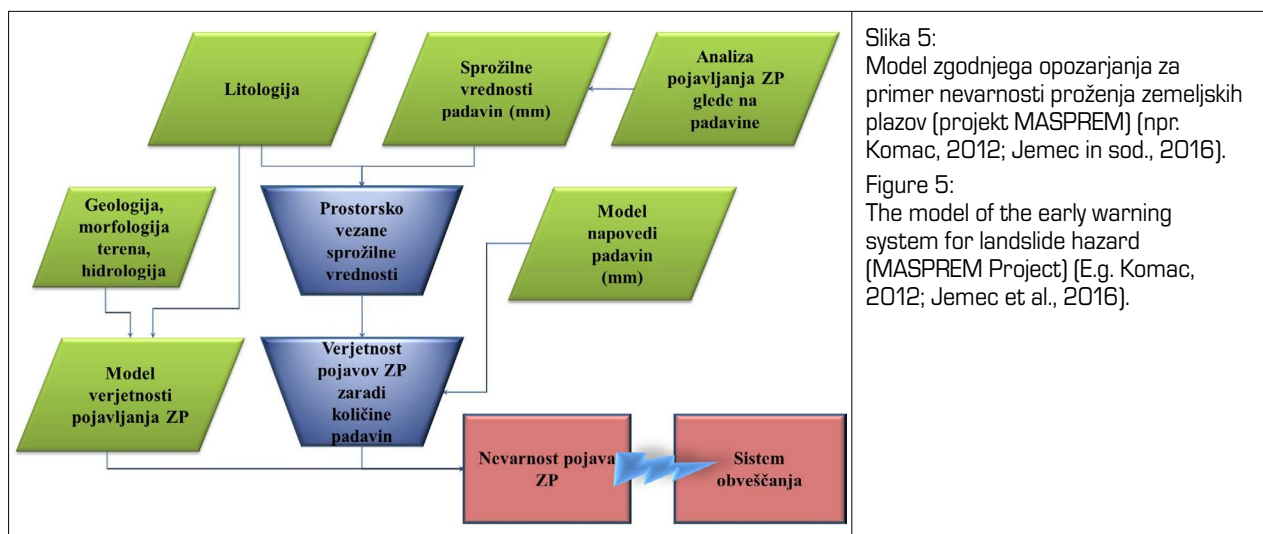
Sledile so analize, usmerjene v izdelavo modela verjetnosti pojavljanja drobirskih tokov na območju Slovenije (Komac in sod., 2009 in 2010), ki je že obsegala tudi oceno napak modela (slika 4).

Pridobivanje novih podatkov o spremembah zemeljskega površja s sodobnimi modernimi metodami daljinskega zaznavanja, konkretnije radarsko interferometrijo, je omogočalo sicer omejeno, a kontinuirano spremljanje počasnejših zemeljskih plazov. Z metodo radarske interferometrije permanentnih sipalcev sta Komac in Jemčeva (2010; 2013a) ocenila premikanja v okolici Cerknega, širše območje pa so analizirali Žibret in sodelavci (2012). Metoda permanentnih sipalcev, ki je bila nadgrajena z dodatnimi GPS-meritvami, je bila uspešno prenesena na območje Potoške planine, kjer so jo Komac in sodelavci (2012a; 2012b, 2014) uporabili za natančno spremljanje počasnega premikanja velikega zemeljskega plazov. Meritve še potekajo. Jemčeva in sodelavci (2013) so uporabili metodo permanentnih sipalcev za dolo-

čanje vplivnih dejavnikov na pojavljanje zemeljskih plazov v osrednji Sloveniji. Čarmanova in sodelavci (2014) so metodo uporabili za analizo premikov uranove jalovine Boršt v sosesčini Rudnika urana Žirovski vrh, Jemčeva in sodelavci (2015) pa za opazovanje premikanj plinovodnih cevi zaradi zemeljskih plazov v severovzhodni Sloveniji.

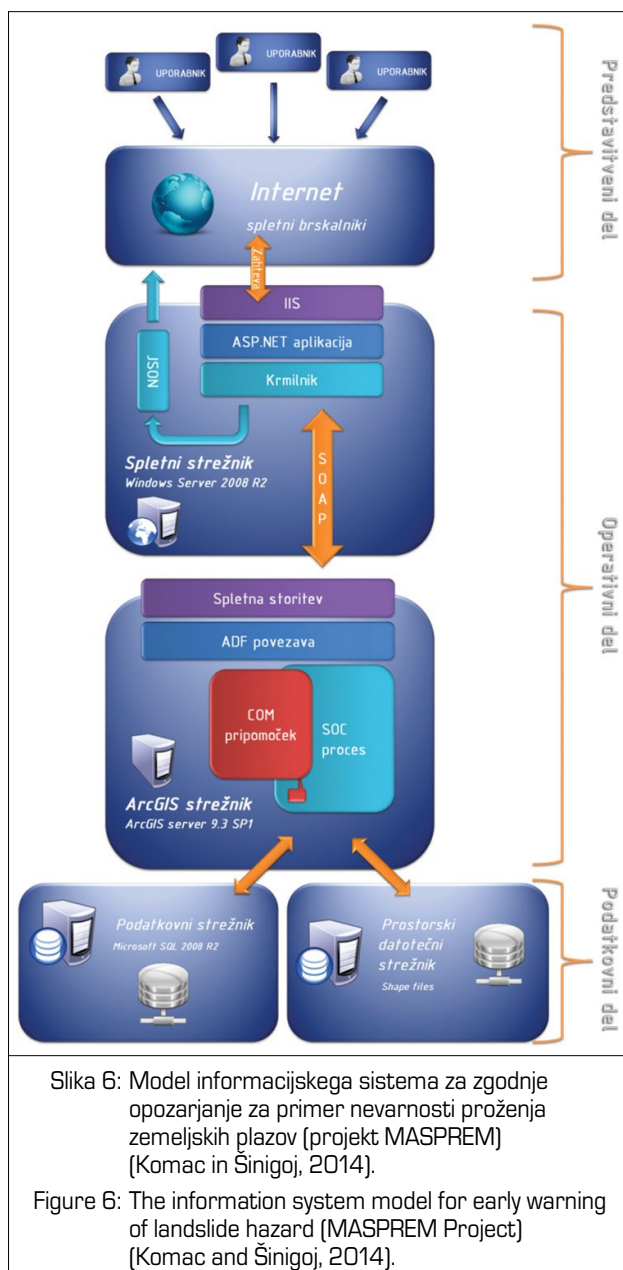
Bavec in sodelavci (2012) ter Čarmanova in sodelavci (2012) so v okviru projekta Geohazard 14 dopolnili in posodobili podatkovno zbirko zemeljskih plazov s podatki 17 slovenskih občin, Jemčeva in Komac (2012) sta podrobno opisala celoten postopek razvoja nacionalne zbirke podatkov zemeljskih plazov, od zbiranja podatkov, do izgradnje sistema in njegovega vzdrževanja. Končno obliko je nacionalna zbirka podatkov o zemeljskih plazovih dobila leto pozneje, ko so jo Komac in sodelavci (2013) za potrebe projekta MASPREM dopolnili in nadgradili (Komac, 2012b; Jemec Auflič in sod., 2016). Za njeno vzdrževanje je pristojen Geološki zavod Slovenije. Zbirka podatkov o plazovih se nenehno dopolnjuje tudi s podatki, zbranimi iz različnih zunanjih virov, na primer izdelava ocen verjetnosti pojavljanja zemeljskih plazov v občinah Jesenice (Pavlič in Praznik, 2011) ali Tržič (Mrak in sod., 2012).

Mikoš in sodelavci (2013) so na podlagi zgodovinskih zapisov in analiz nedavnih dogodkov, vključujoč izkuštvne ocene za območje celotne Slovenije, ocenili vplive potresov na sprožanje zemeljskih plazov. Jemčeva in sodelavci (2013) so analizirali intenzivnejši padavinski dogodek v novembru 2012 in z njim povezane pojave zemeljskih plazov z namenom ugotoviti sprožilne pragove slednjih. Na podlagi teh in drugih analiz (npr. Komac, 2005b; Jemec in Komac, 2013b) so se Šinigojeva in sodelavci (2013), Komac in sodelavci (2014a, 2014b) ter Komac in Šinigojeva (2014) lotili razvoja sistema za zgodnje opozarjanje za primer nevarnosti proženja zemeljskih plazov – projekt Masprem (Komac, 2012; Jemec in sod., 2016; slika 5, slika 6), Peternelovi in sodelavcem (2013, 2014) pa so strokovne podlage za namen istega projekta služile za izdelavo kart izpostavljenosti prebivalstva, objektov in infrastrukture zaradi potencialnih pojavov zemeljskih plazov.



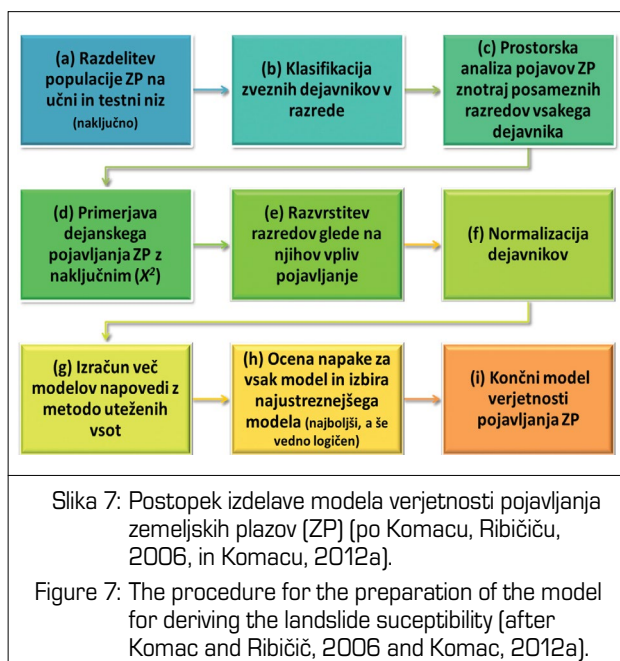
Slika 5: Model zgodnjega opozarjanja za primer nevarnosti proženja zemeljskih plazov (projekt MASPREM) (npr. Komac, 2012; Jemec in sod., 2016).

Figure 5: The model of the early warning system for landslide hazard (MASPREM Project) (E.g. Komac, 2012; Jemec et al., 2016).



## Primer analize pojavljanja zemeljskih plazov zaradi prostorsko-časovnih dejavnikov in izdelava modela verjetnosti pojavljanja plazov za območje celotne Slovenije

Izdelava modela podvrženosti plazenju za območje celotne Slovenije je bila opravljena v okviru dveh vsebinsko povezanih, a časovno ločenih raziskav. Komac in Ribičič (2006) sta opravila analizo pojavljanja zemeljskih plazov po posameznih prostorsko-časovnih dejavnikih z univairatno statistično metodo Hi kvadrat ( $X^2$ ). Cilj



analize je bil določiti vpliv posameznega razreda znotraj vsakega dejavnika. Koraki celotnega postopka so prikazani na sliki 7.

Pred začetkom analize sta zemeljske plazove razdelila na učni in testni niz (slika 7a). Prvi je služil za izvedbo zgoraj opisanih analiz vpliva in posledično razvoja modela, drugi pa preizkušanju uspešnosti modela. Nepisano pravilo pri taki razdelitvi je, da je učni niz vsaj dvakrat večji od preizkušane, ki pa mora biti reprezentativen, torej ne sme biti premajhen. Komac in Ribičič (2006) sta izbrala delitev populacije zemeljskih plazov na 2/3 in 1/3 v korist učnega niza. 3257 zemeljskih plazov sta razdelila na 2176 učnih in 1081 preizkusnih pojavov. Niza sta seveda najbolj reprezentativna, če je razdelitev populacije naključna. Da bi zagotovila reprezentativnost znotraj posamezne litološke enote (oziroma inženirsko-geološke enote), sta razdelitev opravila po posameznih enotah in ne za celotno populacijo naenkrat. Nominalni dejavniki so bili že razdeljeni v razrede (npr. litološke značilnosti so prikazane s predvidoma homogenimi območji posameznega litološkega člena), zvezne dejavnike pa sta na podlagi literature in izkušenj razdelila na razrede (npr. naklon terena sta razdelila na razrede po 3°, začevši z naklonom 5°). Po takem postopku sta vse zvezne dejavnike razdelila na razrede, kar je predpogoj za izvedbo analitične metode  $X^2$  (slika 7b). Sledila je prostorska analiza prekrivanja pojavov zemeljskih plazov po razredih posameznega prostorsko-časovnega dejavnika z uporabo statistične metode  $X^2$  (slika 7c, d, e), katere primer je prikazan v preglednici 1. Najprej se v GIS-u z metodo prekrivanja analizira dejanska porazdelitev zemeljskih plazov (preglednica 1 - »Dejansko«), ta pa se nato primerja z naključno teoretično porazdelitvijo zemeljskih plazov, ki bi veljala, če dejavnik ne bi imel vpliva na pojavljanje plazov (preglednica 1 - »Pričakovano«). Metoda  $X^2$  temelji na izračunu absolutnega vpliva razredov, kar

pomeni, da končni rezultat ne upošteva razlike med negativnim ali pozitivnim vplivom. Posledično sta Komac in Ribičič (2006) vpeljala dodatno oceno vpliva »VR«, na podlagi katere sta prerazvrstila razrede (»REKL«). Da bi se izognili pristranskemu vplivu dejavnikov z več razredi, so bile vrednosti razredov normalizirane na razpon vrednosti med 0 in 1 (slika 7f). Ta razpon je lahko tudi drugačen, a mora biti enak za vse dejavnike, ki jih analitik v nadaljnjih korakih uporabi za izračun modelov.

Normalizacija vrednosti razredov je bila opravljena po naslednji enačbi (enačba 1):

$$NV = \frac{SV - min}{max - min}, \quad \text{(enačba 1)}$$

kjer  $NV$  pomeni novo, normalizirano vrednost,  $SV$  pomeni staro (nominalno) vrednost razreda po prerazvrstitvi,  $min$  je najmanjša nominalna vrednost (običajno 1) in  $max$  največja nominalna vrednost (ki je enaka številu razredov po klasifikaciji).

Za izračun modela verjetnosti pojavljanja zemeljskih plazov za vsako celico posebej so Komac in Ribičič (2006) ter Komac (2012b) izbrali metodo uteženih vsot (Vooght, 1984) (enačba 2):

$$VPZP_R = \sum_{j=1}^n w_j \times f_{ij}, \quad \text{(enačba 2)}$$

kjer  $VPZP_R$  pomeni standardizirano relativno verjetnost pojavljanja zemeljskih plazov (razpon vrednosti 0-1) na posamezni lokaciji (celici),  $w_j$  pomeni utež posameznega dejavnika in  $f_{ij}$  pomeni vrednost zvezne ali diskretne

spremenljivke na dani lokaciji (v danem primeru vrednost razreda po normalizaciji). Vrednost vsote uteži vseh dejavnikov, uporabljenih pri izračunu posameznega modela, je vedno 1 oziroma 100 %.

Da bi izračunali kar najboljši model napovedi verjetnosti zemeljskih plazov, so v nadaljevanju omenjeni avtorji uporabili navidezni pristop Monte-Carlo, s katerim so nadzorovano simulirali avtomatično izračunavanje modelov z različnimi kombinacijami uteži dejavnikov. Srednje vrednosti uteži dejavnika so Komac in Ribičič (2006) ter Komac (2012a) povzeli iz predhodnih raziskav (Komac 2005a, 2005b, 2012a) (preglednica 2), nato so jih določili razpon od najmanjše uporabljene vrednosti pri izračunu modelov ( $min_u$  – najmanjša uporabljena vrednost uteži v modelu), do največje pri izračunu modelov ( $max_u$  – največja uporabljena vrednost uteži v modelu) ter vrednost koraka uteži posameznega dejavnika ( $K$  – vrednost koraka uteži) (slika 7g). Pristop sledi principom metode Monte-Carlo, a izbira uteži ni popolnoma naključna, temveč je programirana oziroma načrtovana. Ta poteka tako, da so vrednosti uteži izbrane po vrstnem redu in ob upoštevanju robnih pogojev  $min_u$ ,  $max_u$  in  $K$ , od prvega do zadnjega dejavnika, obenem pa se kombinacija uteži nikoli ne ponovi. Nekatere vrednosti uporabljenih uteži so prikazane v preglednici 2.

Za primerjavo uspešnosti napovedi posameznega modela z drugimi modeli so bile vrednosti standardizirane in reklasificirane v sto razredov na podlagi pravila enakih površin razredov. To pomeni, da so bili vsi modeli razdeljeni na razrede z enako površino, ki je predstavljala 1 % celotne površine analiziranega ozemlja, znotraj vsakega razreda pa so bile razvrščene tiste celice, katerih vrednost je glede na preostale vrednosti pripa-

#	Razred	Dejansko	Pričakovano	D-P	(D-P) <sup>2</sup>	VR	REKL	NORM
1	ravno	1	30,63	-29,63	28,66	-28,66	1	0,1
2	S	246	269,93	-23,93	2,12	-2,129	3	0,3
3	SV	254	277,36	-23,36	1,97	-1,97	4	0,4
4	V	272	260,13	11,87	0,54	0,54	7	0,7
5	JV	271	249,49	21,51	1,85	1,85	8	0,8
6	J	343	281,66	61,34	13,36	13,36	9	0,9
7	JZ	290	283,74	6,26	0,14	0,14	6	0,6
8	Z	262	259,64	2,37	0,02	0,02	5	0,5
9	SZ	217	243,43	-26,43	2,87	-2,87	2	0,2
vsota		2156	2156	0,0	51,53	-	-	-

Preglednica 1: Primer analize pojavljanja zemeljskih plazov (ZP) z metodo  $X^2$  za dejavnik usmerjenost površja – po posameznih razredih; Skupna  $X^2 = 51,53$ ;  $df = 8$   $p < 0,00$ ; D – dejansko pojavljanje ZP po razredih; P – pričakovano pojavljanje ZP po razredih (P = skupno število ZP × površina razreda % – naključna porazdelitev ZP); VR – vpliv razreda (vrednost  $(D-P)^2/P$  z dodanim predznakom pozitivnega vpliva »+« ali negativnega »-« vpliva razreda na pojavljanje ZP; REKL – nova razvrstitev razredov glede na vrednost »VR«; NORM – izračunana normalizirana vrednost »VR« (enačba 1).

Table 1: The example of analysis of landslide occurrence (ZP) with the  $X^2$  for the factor of the slope aspect – by individual grades; Sum  $X^2 = 51,53$ ;  $df = 8$   $p < 0,00$ ; D – the actual occurrence of ZP by classes; P – the expected occurrence of landslides by classes (P = the joint number of ZP × surface of the classes % - the random distribution of ZP); VR – the influence of the classes (value  $(D-P)^2/P$  with the added symbol of positive “+” or negative “-” impact of the classes on the occurrence of ZP; REKL – the new distribution of classes based on their value “VR”; NORM – calculated normalized value “VR” (equation 1).

Prostorsko-časovni dejavnik	Najmanjša vrednost uteži	Največja vrednost uteži	Korak
litologija (inženirsko-geološke enota)	min. = 0,2	maks. = 0,6	K = 0,02
oddaljenost od strukturnih elementov (m)	min. = 0,0	maks. = 0,2	K = 0,02
naklon terena (°)	min. = 0,2	maks. = 0,6	K = 0,02
ukrivljenost (brez enot)	min. = 0,0	maks. = 0,3	K = 0,02
usmerjenost (tudi ekspozicija) (°)	min. = 0,0	maks. = 0,2	K = 0,02
raba tal / površinski tipi (razred)	min. = 0,0	maks. = 0,4	K = 0,02
število izračunanih modelov	156.169		
Preglednica 2: Nekatere uporabljene vrednosti uteži prostorsko-časovnih dejavnikov ( $min_v, max_v$ in $K$ ), ki jih je uporabil Komac (2012a). Table 2: Some of the used values of the spatio-temporal factor weights ( $min_v, max_v$ in $K$ ) used by Komac (2012a).			

dala zaporednemu odstotku v porazdelitvi standardizirane relativne verjetnosti pojavljanja zemeljskih plazov. Razred z najmanjšim odstotkom deleža standardizirane relativne verjetnosti pojavljanja zemeljskih plazov je dobil vrednost 1, razred z najvišjim pa vrednost 100 ( $VPZP_{reklas} = 1-100$ ).

Naslednji korak je bila ocena napake napovedi posameznega modela (slika 7h). Komac in Ribičič (2006) sta uporabila zgolj preizkusni niz dejanskih pojavov zemeljskih plazov po posameznih razredih reklasificiranih modelov standardizirane relativne verjetnosti pojavljanja zemeljskih plazov, kjer sta uspešnost modela ocenjevala s številom pojavov plazov v razredih z višjo vrednostjo. Komac (2012a) je šel korak dlje in preveril oba tipa statističnih napak,  $\alpha$  in  $\beta$ , zato je preizkusnemu nizu zemeljskih plazov (1076) dodal še lokacije, na katerih se plazovi ne bi smeli pojavljati. Za slednje je naključno izbral dodatnih 729 lokacij, kjer se glede na statistične lastnosti posameznih dejavnikov zemeljski plazovi ne bi smeli pojavljati. Pričakovati je, da bi bilo pri uspešnih modelih pojavljanje zemeljskih plazov v zgornji polovici razredov ( $VPZP_{reklas} = 51-100$ ) mnogo višje kot v spodnji polovici ( $VPZP_{reklas} = 1-50$ ) ter pojavljanje lokacij, kjer se plazovi ne morejo pojavljati, v spodnji polovici razredov precej višja kot v zgornji polovici. To je preveril z metodo Cohenovega indeksa  $\kappa$  (kapa) (Cohen, 1960; enačba 3):

$$\kappa = \frac{P_C - P_E}{1 - P_E}, \quad (\text{enačba 3})$$

kjer  $P_C$  pomeni delež pravilno razvrščenih kontrolnih točk (ali lokacije dejanskih zemeljskih plazov ali pa lokacije, kjer se le-ti ne bi smeli pojavljati),  $P_E$  pa je delež teoretično pravilno razvrščenih kontrolnih točk.

Kot pomoč pri izbiri končnega oziroma najboljšega modela verjetnosti pojavljanja zemeljskih plazov (slika 7i) je Komac (2012a) izbral postopek povprečenja več modelov (npr. najboljših 10, 25 ... ali najboljših 5 %, 10 % itd.). Tak pristop je izbral, da bi se izognil preveliki napaki, ki bi lahko izvirala iz pretreniranosti izbranega modela. Rezultati povprečenja so pokazali, da je povprečni model najboljših desetih modelov enako uspešen pri napovedi pojavljanja zemeljskih plazov kot model, ki mu je uteži določil strokovnjak. Temu tesno sledi model, ki predstavlja povprečne vrednosti uteži najboljših 5 % vseh izračunanih modelov. V izognitev omenjeni »pretreniranosti« modela je kot končni model izbral tega, ki je prikazan na sliki 2. Na tej sliki so rezultati predstavljeni s šestimi opisnimi razredi verjetnosti pojavljanja zemeljskih plazov: 1 – none / je ni; 2 – very low / zelo majhna; 3 – low / majhna; 4 – moderate / srednja; 5 – high / velika; 6 – very high / zelo velika. Razdelitev v opisne razrede je temeljila na metodi Jenksove optimizacije (Jenks, 1967) porazdelitve vrednosti modela, kjer se maksimizira razlika med razredi in minimizira razlika vrednosti znotraj vsakega razreda. Taka poenostavitev je bila nujna, da je model (in karta) razumljiva končnemu uporabniku, ki ni nujno strokovnjak.

## Sklepne misli

Raziskave pobočnih procesov v Sloveniji so v zadnjih dvajsetih letih doživele velik napredek predvsem zaradi aktualne tematike, po mnenju avtorja vsaj delnega razumevanja odločevalcev (npr. financiranje projekta MASPREM s strani MORS, projekta G14 s strani MOP) ter razvoja orodij. Ugotovitve so le del poti k razumevanju pojavov, ki ji je treba slediti tudi v prihodnje. Poleg raziskovalnega dela je treba vključiti tudi aktivnosti ozaveščanja nestrokovne javnosti, odločevalske in laične.

## Viri in literatura

- Bavec, M., Budkovič, T., Komac, M., 2005. Geohazard – geološko pogojena nevarnost zaradi procesov pobočnega premikanja. Primer občine Bovec = Estimation of geohazard induced by mass movement processes. The Bovec municipality case study. *Geologija*, 48/2, 303–310.
- Bavec, M., Čarman, M., Durjva, D., Jež, J., Krivic, M., Kumelj, Š., Požar, M., Komac, M., Šinigoj, J., Rižnar, I., Jurkovšek, B., Trajanova, M., Poljak, M., Celarc, B., Demšar, M., Milanič, B., Mahne, M., Otrin, J., Čertalič, S., Štih, J., Hrvatina, M., in sod., 2012. Izdelava prostorske baze podatkov in spletnega informacijskega sistema geološko pogojenih nevarnosti zaradi procesov pobočnega premikanja, erozijskih kart ter kart snežnih plazov – pilotni projekt: sumarno poročilo. Geološki zavod Slovenije, 40.
- Cohen, J., 1960. A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurements*, 20/1, 37–46.

4. Ciglič, R., Zorn, M., Komac, B., 2010. Ugotavljanje plazovitosti z metodo odločitvenih dreves. V: Perko, D. (ur.), Zorn, M. (ur.). Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2009–2010, Založba ZRC, 111–120.
5. Čarman, M., Bavec, M., Komac, M., Krivic, M., 2015. Rockfall susceptibility assessment at the municipal scale (Bovec municipality, Slovenia). V: Lollino, G. (ur.), et al. Engineering geology for society and territory. Vol. 2, Landslide processes. Springer International Publishing, 2017–2021.
6. Čarman, M., Bavec, M., Komac, M., Kumelj, Š., Jemec Auflič, M., 2012. Landslide and debris flows hazard assessment at municipal scale (Vrhniko municipality, Slovenia). V: 2nd Project Workshop of the Croatia – Japan Project on Risk Identification and Land-use Planning for Disaster Mitigation of Landslides and Floods in Croatia, 15–17 December 2011, Rijeka. Ožanić, N. (ur.), in sod. Monitoring and analyses for disaster mitigation of landslides, debris flow and floods : book of proceedings. Rijeka: University of Rijeka, 156–158.
7. Čarman, M., Jemec Auflič, M., Komac, M., 2014. Landslides at a uranium mill tailing deposit site Boršt (Slovenia) detected by radar interferometry. *Landslides*, 11/3, 527–536, doi:10.1007/s10346-013-0454-9.
8. Damjanič, F., 1989. Nove ideje za analizo zemeljskih plazov. Zbornik 11. zborovanja gradbenih konstruktorjev Slovenije, Bled, 19. do 20. oktobra 1989, 93–99.
9. Dolinar, J., 1990. Poplavna in plazovita območja, povzročena z obilnimi padavinami ob porečju Savinje, Save, Sore in Kamniške Bistrice. Geodetski zavod Republike Slovenije, Oddelek za prostorsko urejanje.
10. Gabrovec, M., Brečko Grubar, V., 1990. Poplave in usadi v dolini Lahomnice. *Ujma*, 4, 16–19.
11. Hafner, J., 1999. Integracija GIS-a in umetne inteligence v geologiji: doktorska disertacija. FNT – Montanistika, Oddelek za geologijo, 170.
12. Janža, M., Ribičič, M., 1998. Prediction of landslide occurrence possibilities with spatial decision support system. International Conference on GIS for Earth Science Applications, Ljubljana 98 – proceedings, IGGG, 91–99.
13. Jemec Auflič, M., Čarman, M., Komac, M., 2013. Assessing of spatio-temporal factors influencing landslides using PSInSAR. V: Margottini, C. (ur.), Canuti, P. (ur.), Sassa, K. (ur.). *Landslide science and practice*. Vol. 2, Early warning, instrumentation and monitoring. Springer, 371–378, doi: 10.1007/978-3-642-31445-2\_48.
14. Jemec Auflič, M., Komac, M., 2012. From national landslide database to national hazard assessment. V: Mambretti, S. (ur.). *Landslides, (Safety & Security Engineering Series, ISSN 2047-7686)*. WIT Press, 11–26.
15. Jemec Auflič, M., Komac, M., 2013a. Using remotely sensed data to identify areas at risk: a case of central Slovenia. V: 8th International Conference on Simulation in Risk Analysis and Hazard Mitigation, Brač, 19–21 September 2012. Brebbia, C. A. (ur.). *Risk analysis VIII*. WIT Press, 43–54.
16. Jemec Auflič, M., Komac, M. 2013b. Rainfall patterns for shallow landsliding in perialpine Slovenia. *Natural hazards*, 67/3, 1011–1023, doi: 10.1007/s11069-011-9882-9.
17. Jemec Auflič, M., Komac, M., Šinigoj, J., 2015. Modern remote sensing techniques for monitoring pipeline displacements in relation to landslides and other slope mass movements. V: NATO Advanced Research Workshop, Moscow, Russia, 30–31 October 2012. Culshaw, M. (ur.), in sod. Environmental security of the European cross-border energy supply infrastructure, (NATO science for peace and security series, C, Environmental security). Springer, 31–48.
18. Jemec Auflič, M., Peternel, T., Komac, M. 2013. Sprožilne padavine in nastanek zemeljskih plazov: primer padavinski dogodek 4. in 5. novembra 2012. V: 21. posvetovanje slovenskih geologov, Ljubljana, 2013 = 21st Meeting of Slovenian Geologists, Ljubljana, 2013. Rožič, Boštjan (ur.). *Razprave, poročila = Treatises, reports, Geološki zbornik* 22, 47–51.
19. Jemec Auflič, M., Šinigoj, J., Krivic, M., Podboj, M., Peternel, T., Komac, M., 2016. Landslide prediction system for rainfall induced landslides in Slovenia (Masprem) = Sistem opozarjanja na nevarnost proženja zemeljskih plazov v Sloveniji (Masprem). *Geologija*, 59/2, 259–271.
20. Jenks G. F., 1967. The data model concept in statistical mapping. *International Yearbook of Cartography*, 7, 186–190.
21. Komac, B., 2015. Modeliranje obpotresnih pobočnih procesov v Sloveniji. *Geografski vestnik*, 87/1, 117–133.
22. Komac, M., 2002. Vpliv prostorskih dejavnikov na pojavljanje plazov (analiza prekrivanja) = Influence of the spatial factors on the landslide occurrence (cross-tabulation statistics). *Geologija*, 45/2, 439–444.
23. Komac, M., 2003. Geohazard map of the Central Slovenia – the mathematical approach to landslide prediction. *Geologija*, 46/2, 367–372.
24. Komac, M., 2004a. Model stopnje ogroženosti plazov na osnovi multivariatne analize = Landslide-exposed areas modeling using the multivariate analysis. *Geologija*, 47/2, 237–247.
25. Komac, M., 2004b. Statistical landslide prediction map as a basis for a risk map. V: Brebbia, C. A. (ur.). *Risk analysis IV, (Management information systems, Vol. 9)*, WIT Press, 319–330.
26. Komac, M., 2004c. Napoved ogroženosti prebivalstva zaradi plazov na območju osrednje Slovenije. V: Podobnikar, T. (ur.), et al. *Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2003–2004, Založba ZRC*, 223–233.
27. Komac, M., 2005a. Verjetnostni model napovedi nevarnih območij glede na premike pobočnih mas – primer občine Bovec = Probabilistic model of slope mass movement susceptibility – a case study of Bovec municipality, Slovenia. *Geologija*, 48/2, 311–340.
28. Komac, M., 2005b. Intenzivne padavine kot sprožilni dejavnik pri pojavljanju plazov v Sloveniji = Rainstorms as a landslide-triggering factor in Slovenia. *Geologija*, 48/2, 263–279.
29. Komac, M., 2006a. A landslide susceptibility model using the analytical hierarchy process method and multivariate statistics in perialpine Slovenia. *Geomorphology*, 74–1/4, 17–28. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2005.07.005>.
30. Komac, M., 2006b. Application of a perialpine landslide susceptibility model in the Alpine region (Slovenia) = Uporabnost predalpskega modela verjetnosti pojavljanja plazov na alpskem območju. *Geologija*, 49/1, 141–150.
31. Komac, M., 2006c. Potencialno plazovita območja v Sloveniji in izpostavljenost človekovega okolja. V: Perko, D. (ur.), et al. *Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2005–2006, Založba ZRC*, 73–82.
32. Komac, M., 2012a. Regional landslide susceptibility model using the Monte Carlo approach – the case of Slovenia. *Geological Quarterly*, 56/1, 41–54.
33. Komac, M., 2012b. MASPREM – a project for landslides hazard forecast in Slovenia. *Proceedings of the 34th International Geological Congress 2012, 5–10 August 2012, Brisbane, Australia*, p. 1127.
34. Komac, M., Holley, R., Mahapatra, P., Van Der Marel, H., Bavec, M., 2015. Coupling of GPS / GNSS and radar interferometric data for a 3D surface displacement monitoring of landslides. *Landslides*, 12/2, 241–257, doi: 10.1007/s10346-014-0482-0.
35. Komac, M., Hribernik, K., 2015. Slovenian national landslide database as a basis for statistical assessment of landslide phenomena in Slovenia. *Geomorphology*, 249, 94–102, doi: 10.1016/j.geomorph.2015.02.005.
36. Komac, M., Jemec Auflič, M., 2010. Ocena premikov počasnega plazjenja z interferometrično metodo permanentnih sipalcev in GIS. V: Perko, D. (ur.), Zorn, M. (ur.). *Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2009–2010, GIS v Sloveniji*, 10, Založba ZRC, 121–129.



37. Komac, M., Jež, J., Celarc, B., Milanič, B., Bavec, M., 2012a. Prvi rezultati merjenja premikov površja na območju Jesenic in Potoške planine s kombinacijo InSAR in GPS meritev. V: Ciglič, R. (ur.), Perko, D. (ur.), Zorn, M. (ur.). Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2011–2012, GIS v Sloveniji, 11., Založba ZRC, 25–31.
38. Komac, M., Kumelj, Š., Ribičič, M., 2009. Model dovzetnosti za pojavljanje drobirskih tokov v Sloveniji v merilu 1 : 250.000 = Debris-flow susceptibility model of Slovenia at scale 1 : 250,000. Geologija, 52/1, 87–104.
39. Komac, M., Kumelj, Š., Ribičič, M., 2010. Zemljevid dovzetnosti za pojavljanje drobirskih tokov v Sloveniji 1 : 250.000 = Debris-flow susceptibility map of Slovenia 1 : 250.000. Ljubljana: Geološki zavod Slovenije: = Geological survey of Slovenia.
40. Komac, M., Milanič, B., Mahapatra, P., Hanssen, R F., Van Der Marel, H., Fromberg, A., Holley, R., 2012b. I2GPS – a new approach to 3D surface displacement monitoring. V: Sassa, K. (ur.), Takara, K. (ur.), He, Bin (ur.). Proceedings IPL Symposium Kyoto, 2012 : 20 January 2012, Venue: Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University Uji, Kyoto, Japan. Tokyo: International Consortium on Landslides, 119–133.
41. Komac, M., Ribičič, M., 2006. Landslide susceptibility map of Slovenia at scale 1 : 250.000 = Karta verjetnosti pojavljanja plazov v Sloveniji v merilu 1 : 250.000. Geologija, 49/2, 295–309.
42. Komac, M., Ribičič, M., 2008. Zemljevid verjetnosti pojavljanja plazov v Sloveniji 1 : 250.000 = Landslide susceptibility map of Slovenia 1 : 250.000. Ljubljana: Geološki zavod Slovenije: = Geological Survey of Slovenia.
43. Komac, M., Šinigoj, J., 2014. Spletni sistem zgodnjega opozarjanja na povečano nevarnost proženja zemeljskih plazov: rezultati projekta Masprem. V: Ciglič, R. (ur.), Perko, D. (ur.), Zorn, M. (ur.). Digitalni prostor, GIS v Sloveniji, 12, Založba ZRC, 219–226.
44. Komac, M., Šinigoj, J., Jemec Auflič, M., 2014. A national warning system for rainfall-induced landslides in Slovenia. V: Sassa, K. (ur.), Canuti, P. (ur.), Yin, Y. (ur.). Landslide science for a safer geoenvironment. Vol. 2, Methods of landslide studies. Cham ... [etc.], Springer, 577–582, doi: 10.1007/978-3-319-05050-8\_89.
45. Komac, M., Šinigoj, J., Jemec Auflič, M., Peternel, T., Krivic, M., Požar, M., Podboj, M., Bavec, M., Jež, J., Čarman, M., Otrin, J., Krajnik, M., 2013. Sistem opozarjanja na nevarnost proženja zemeljskih plazov – MASPREM. Model verjetnosti pojavljanja zemeljskih plazov v Sloveniji: DP1 – Končno poročilo. Geološki zavod Slovenije, Ljubljana, 34.
46. Komac, M., Šinigoj, J., Jemec Auflič, M., Čarman, M., Krivic, M., 2014. Landslide hazard forecast in Slovenia – MASPREM. V: 1st Regional Symposium on Landslides in the Adriatic-Balkan Region with the 3rd Workshop of the Croatian-Japanese Project »Risk Identification and Land-Use Planning for Disaster Mitigation of Landslides and Floods in Croatia«, Zagreb, Croatia from March 6th to 9th, 2013. Mihalič Arbanas, S. (ur.), Arbanas, Ž. (ur.). Landslide and flood hazard assessment. Zagreb: Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering of the University of Zagreb; Rijeka, 225–230.
47. Komac, B., Zorn, M., 2007. Modeliranje naravnih procesov na primeru zemeljskih plazov. Dela, 28, 75–90, doi: 10.4312/dela.28.6.75-90.
48. Komac, B., Zorn, M., 2010. Statistično modeliranje plazovitosti v državnem merilu. V: Zorn, Matija (ur.), et al. Od razumevanja do upravljanja, (Naravne nesreče, knj. 1), Založba ZRC, 65–74.
49. Mikoš, M., Jemec Auflič, M., Ribičič, M., Čarman, M., Komac, M., 2013. Earthquake-induced Landslides in Slovenia : Historical Evidence and Present Analyses. V: Ugai, K. (ur.), Yagi, H. (ur.), Wakai, A. (ur.). Earthquake-induced Landslides: Proceedings of the International Symposium on Earthquake-induced Landslides, Kiryu, Japan, 2012, Springer Verlag, 225–233, ilustr., doi: 10.1007/978-3-642-32238-9\_23.
50. Mrak, I., Natek, K., Repe, B., Stepišnik, U., Novak, M., 2012. Kataster zemeljskih plazov, hudournikov in snežnih plazov v občini Tržič: elaborat. Oddelek za geografijo Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani, 298.
51. Natek, K., 1990. Geomorfološke značilnosti usadov v Halozah. Ujma, 4, 11–15.
52. Pavlič, M. U., Praznik, B., 2011. A GIS-based approach for mapping hazardous areas due to geological slope processes: case study for Jesenice municipality in Slovenia. ISGSR 2011 - Vogt, Schuppener, Straub & Bräu (eds), 2011 Bundesanstalt für Wasserbau, 165–171.
53. Pavšič, J., 2006. Geološki terminološki slovar (ur.). Založba ZRC, 331.
54. Perko, D., 1990. Ogroženost vzhodne Krške kotline zaradi naravnih nesreč. Ujma, 4, 91–96.
55. Petkovšek, B., Fifer, K., Hafner, J., Volk, J., Hoblaj, R., Buser, I., Grubišič, Z., Čepon, D., Jakopin, D. & Ribičič, M., 1993. Poročilo o opravljeni raziskovalni nalogi o ogroženosti Republike Slovenije pred zemeljskimi plazovi. Inštitut za geologijo, geotehniko in geofiziko, 7.
56. Petkovšek, B., Marolt, P., 1994. Rezultati študije ogroženosti Republike Slovenije z zemeljskimi plazovi. Prvo slovensko posvetovanje o zemeljskih plazovih, Idrija, 17. in 18. november 1994, Idrija: Rudnik živega srebra, 21–29.
57. Peternel, T., Jemec Auflič, M., Komac, M., Šinigoj, J., Krivic, M., 2013. Izdelava kart izpostavljenosti prebivalstva, objektov in infrastrukture vplivom zemeljskih plazov. V: 21. posvetovanje slovenskih geologov, Ljubljana, 2013 = 21st Meeting of Slovenian Geologists, Ljubljana, 2013. Rožič, B. (ur.). Razprave, poročila = Treatises, reports, Geološki zbornik, 22, Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geologijo, 115–119.
58. Peternel, T., Šinigoj, J., Komac, M., Jemec Auflič, M., Krivic, M., 2014. Izpostavljenost prebivalstva, objektov in infrastrukture zaradi pojavljanja zemeljskih plazov: primer petih slovenskih občin = Exposure of inhabitants, buildings and infrastructure to landslides : a case of five Slovenian municipalities. Geologija, 57/2, 193–202, doi: 10.5474/geologija.2014.017.
59. Ribičič, M., 2002. Inženirska geologija. Ljubljana. (Skripta k predavanjem pri predmetu inženirska geologija. Knjižnica Geološkega zavoda Slovenije).
60. Ribičič, M., Buser, I., Hoblaj, R., 1994. Digitalno atributna/tabelarična baza zemeljskih plazov Slovenije za terenski zajem podatkov. Prvo slovensko posvetovanje o zemeljskih plazovih, Idrija, 17. in 18. november 1994. Idrija: Rudnik živega srebra, 139–153.
61. Ribičič, M., Kočevar, M., Popovič, Z., 1995. Ocena tveganja nastanka plazov in nestabilnih območij: letno poročilo za leto 1995. V: Geologija okolja, Inštitut za geologijo, geotehniko in geofiziko, 12.
62. Ribičič, M., Komac, M., Mikoš, M., Fajfar, D., Ravnik, D., Gvozdanovič, T., Komel, P., Miklavčič, L., Kosmatin Fras, M., 2006. Novelacija in nadgradnja informacijskega sistema o zemeljskih plazovih in vključitev v GIS\_UJME: Končno poročilo. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana ([http://www.sos112.si/slo/tdocs/zem\\_plaz\\_gis\\_ujme.pdf](http://www.sos112.si/slo/tdocs/zem_plaz_gis_ujme.pdf), zadnji dostop 02.05.2015).
63. Ribičič, M., Šinigoj, J. 1996. Karte ogroženosti in tveganja zaradi plazov na območju Slovenije. V: Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 1995–1996, Zveza geodetov Slovenije, 115–124.
64. Skaberne, D., 2001. Predlog slovenskega izrazoslova pobočnih premikanj – pobočnega transporta. Geologija, 44/1, 89–100.
65. Sore, A., 1970. Zemeljski plazovi na ozemlju celjske občine. Celjski zbornik, 13, 127–148.
66. Sovinc, I., Kmet, A., 1971. Raziskava stabilnosti pobočij z uporabo elektronskega računalnika. Gradbeni vestnik: glasilo Zveze društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije, 20, 69–75.
67. SURS, 2016. Ocenjena škoda zaradi naravnih nesreč, Slovenija, letno. SI-STAT Podatkovni portal Statističnega urada Republike Slovenije. ([http://pxweb.stat.si/pxweb/Database/Environment/27\\_environment/05\\_disasters/27089\\_estimated\\_damage/27089\\_estimated\\_damage.asp](http://pxweb.stat.si/pxweb/Database/Environment/27_environment/05_disasters/27089_estimated_damage/27089_estimated_damage.asp), zadnji dostop 10. 5. 2016).
68. Šinigoj, J., Komac, M., Krivic, M., Jemec Auflič, M., Požar, M., 2013. Razvoj sistema za zgodnje opozarjanje za primer nevarnosti proženja zemeljskih plazov. V: 21. posvetovanje slovenskih geologov, Ljubljana, 2013 = 21st Meeting

- of Slovenian Geologists, Ljubljana, 2013. Rožič, B. (ur.). Razprave, poročila = Treatises, reports, Geološki zbornik, 22, Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geologijo, 2013, 147–150.
69. Urbanc, J., Komac, M., Lapanje, A., Marinko, M., Rikanović, R., Poljak, M. & Ribičič, M., 2000. Obdelava digitalnih geoloških prostorskih podatkov za potrebe Agencije RAO – hidrogeološka, tektonska in inženirsko-geološka karta. Geološki zavod Slovenije, 68.
70. Vidrih, R., Ribičič M., 1994. Vpliv potresov na nastanek plazov v Sloveniji. Prvo slovensko posvetovanje o zemeljskih plazovih: Idrija, 17. in 18. november 1994. Idrija : Rudnik živega srebra, 33–52.
71. Vidrih, R., Ribičič M., 1998. Porušitve naravnega ravnotežja v hribinah ob potresu v Posočju 12. aprila 1998 in Evropska makroseizmična lestvica (EMS-98). Geologija, 41, 365–410.
72. Voogd, H., 1983. Multicriteria evaluation for urban and regional planning. Pion Ltd., London, nn.
73. Vukadin, V., Ribičič, M., 1998. Modelling of road construction risk and hazard assesment of current road-network in Slovenia from landslides and rock falling with GIS. International Conference on GIS for Earth Science Applications, Ljubljana 98 – proceedings, IGGG, 195–205.
74. Zorn, M., Hrvatin, M., 2015. Škoda zaradi naravnih nesreč v Sloveniji med letoma 1991 in 2008. Ujma, 29, 135–148.
75. Zorn, M., Komac, B., 2004. Deterministic modeling of landslide and rockfall risk = Deterministično modeliranje ogroženosti zaradi zemeljskih plazov in skalnih podorov. Acta geographica Slovenica, 44/2, 53–100.
76. Zorn, M., Komac, B., 2007. Probability modelling of landslide hazard = Probabilistično modeliranje plazovitosti. Acta geographica Slovenica, 47/2, 139–169.
77. Zorn, M., Komac, B., 2009. The importance of landsliding in a flysch geomorphic system: the example of the Goriška brda Hills (W Slovenia). V: LÓCZY, Dénes (ur.), KOVÁCS, János (ur.). Geomorphology in the Carpatho-Balkan-Dinaric Countries, Zeitschrift für Geomorphology, Supplementband, N. F., 53/2, Borntraeger, 57–78.
78. Zorn, M., Komac, B., 2008. Zemeljski plazovi v Sloveniji, Georitem, 8, Založba ZRC.
79. Žibret, G., Komac, M., Jemec Auflič, M., 2012. PSInSAR displacements related to soil creep and rainfall intensities in the Alpine foreland of western Slovenia. Geomorphology, 175–176, 107–114, doi: 10.1016/j.geomorph.2012.07.002.