

## ANALIZA SNEŽNIH PLAZOV S SMRTNIMI ŽRTVAMI V SLOVENIJI PO LETU 1990

**Manca Volk Bahun, dr. Mauro Hrvatin**

Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti, Geografski inštitut Antona Melika, Novi trg 2, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija

manca.volk@zrc-sazu.si, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4720-9541>

mauro.hrvatin@zrc-sazu.si, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6021-8736>

DOI: 10.3986/NN0506

UDK: 91: 551.578.48 (497.4)"1990/2018"

### IZVLEČEK

#### **Analiza snežnih plazov s smrtnimi žrtvami v Sloveniji po letu 1990**

V Sloveniji snežni plazovi v povprečju zahtevajo eno do dve smrtni žrtvi na leto. Ogroženi so predvsem tisti, ki pozimi zahajajo na nevarna območja. Razumevanje lavinskih napovedi, prepoznavanje plazovnih problemov in vzorcev pojavljanja je zato z vidika preventivnega ravnanja izjemnega pomena. Z metodo razvrščanja v skupine smo analizirali snežne plazove z znanimi temeljnimi podatki v obdobju od 1990 do 2018. Razvrstili smo jih na šest nevarnostnih vzorcev in zanje ugotovili temeljne značilnosti. Rezultati so koristni predvsem na področju ozaveščanja, obveščanja in opozarjanja. Le z boljšim poznavanjem preteklih dogodkov bomo lahko bolje razumeli ta naravni pojav in se s tem učinkoviteje zaščitili.

### KLJUČNE BESEDE

geografija, naravne nesreče, snežni plazovi, plazovni dogodki, plazovni vzorci, Slovenija

### ABSTRACT

#### **Analysis of fatal avalanches in Slovenia after 1990**

Avalanches in Slovenia require on average one to two fatalities per year, mainly people who visit the dangerous areas are at risk. Understanding avalanche forecasts, identifying avalanche problems and occurrence patterns is therefore of utmost importance in terms of preventive behaviour. With cluster analysis we analysed snow avalanches with known basic data for the period from 1990 to 2018. We classified them into six hazardous patterns and determined their basic characteristics. The results are particularly useful in the areas of awareness, information and alert. Only with better knowledge of past events will we be able to better understand this natural phenomenon and thus protect ourselves more effectively.

### KEY WORDS

geography, natural hazards, snow avalanche, avalanche events, avalanche danger patterns, Slovenia

## 1 Uvod

V primerjavami z drugimi naravnimi nesrečami snežni plazovi ogrožajo le majhen del površja Slovenije, a so kljub temu problematični zaradi svoje krajevne in časovne spremenljivosti (Šegula 1986; Pavšek 2002). Pri nas vsako leto v povprečju zahtevajo eno do dve smrtni žrtvi, v celotnih Alpah pa je tovrstnih žrtev kar okrog sto (Techel s sodelavci 2016). V običajnih zimah se prožijo večinoma v visokogorju, ob izjemnih snežnih padavinah pa je lahko njihov obseg katastrofalen. Tedaj segajo tudi v doline gorskega in hribovitega sveta ter ogrožajo stavbe, ceste in železniške proge (Vrhovec 2002; Pavšek 2010; Volk 2011). Horvat (1997) je ugotovil, da vsaj 715 snežnih plazov ogroža prometnice, najmanj 140 pa stanovanjska in gospodarska poslopja, smučišča in daljnovode.

V Sloveniji so se raziskovalci različnih strok podrobneje posvetili snežnim plazovom v zgodnjih 50. letih 20. stoletja, ko sta zlasti zimi 1950/51 in 1951/52 postregli z debelo snežno odejo in številnimi plazovi (Volk Bahun, Zorn in Pavšek 2018). Zanimalo jih je kdaj, kje, v kakšnih razmerah in kako pogosto se prožijo ter kakšno škodo povzročajo (Tregubov 1952; Žagar 1952; Melik 1955). Dogajanje v zimah od 1950 do 1954 je natančno opisal Gams (1955). Osredotočil se je predvsem na popis plaznic in s tem ustvaril osnutek lavinskega katastra. Obenem je opisal tudi nesreče.

## 2 Plazovni problemi in nevarnostni vzorci

Ker snežni plazovi ogrožajo človeška življenja in lahko povzročijo veliko škodo, je pomembno, da poskušamo odkriti glavne vzroke in razmere, v katerih se običajno prožijo. Vsak snežni plaz je zgodba zase, kar otežuje njihovo preučevanje. Kljub temu imajo plazovi med množico razlik tudi nekatere skupne značilnosti, na podlagi katerih jih lahko povežemo v bolj ali manj homogene skupine.

Z razvojem tehnologije ter védenja o naravnih pojavih in procesih so se razvile številne metode preučevanja ter analize plazovne nevarnosti (Volk Bahun 2017). V zadnjem desetletju sta se uveljavila predvsem dva primera poenostavitve oziroma posploševanja razmer, ki sta najpogostejša krivca za proženje snežnih plazov:

- plazovni problemi (angleško *avalanche problems*),
- nevarnostni vzorci (*danger patterns*).

Predstavitev značilnih plazovnih problemov je pripravilo Evropsko združenje lavinskih služb (EAWS, *European Avalanche Warning Services*). So dopolnilo trenutni opredelitvi plazovne nevarnosti glede na stopnjo in lego območij ter namenjeni podpori sodelavcem plazovnih služb in v pomoč vsem zimskim obiskovalcem gorskega sveta pri prepoznavanju plazovne nevarnosti. Pojasnila posameznega plazovnega problema vključujejo: splošni opis, pričakovane vrste plazov, opis značilne prostorske porazdelitve in lego šibkih plasti v snežni odeji, opredelitev mehanizma proženja ter opis značilnega trajanja in časovne porazdelitve nevarnosti. Na koncu je navedenih še nekaj nasvetov za gibanje prek plazovitih območij.

Opredeljenih je pet plazovnih problemov, ki opisujejo značilno nevarne razmere na plazovitih območjih (European ... 2017):

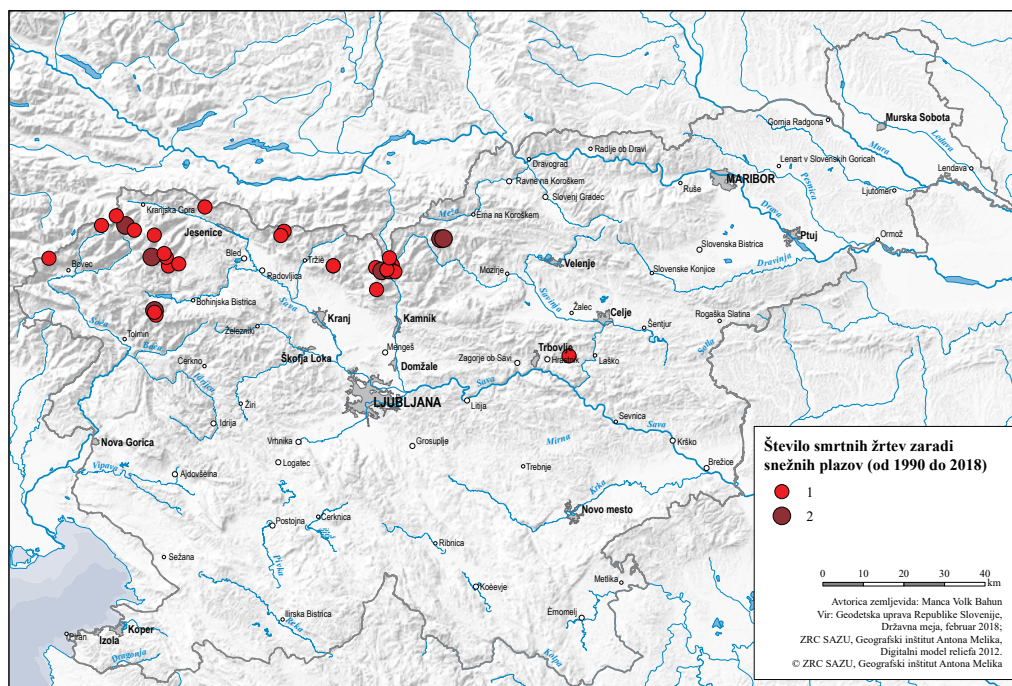
- nov sneg (dodatno obremeni obstoječo snežno podlago in je z njo slabše sprjet),
- napihan sneg (na stiku napihanega in starega snega ali med različnimi plastmi napihanega snega nastane šibka plast; hkrati napihani sneg dodatno obremeni šibke plasti, ker je praviloma bolj zbit),
- šibke plasti v starem snegu (šibka plast je zasut površinski in globinski srež ali druga vrsta snega z oglatimi kristali, ki otežujejo povezovanje posameznih plasti snežne odeje),
- moker sneg (voda, ki pronica v sneg ob taljenju in ob deževju, oslabi povezavo med posameznimi plastmi snežne odeje),
- polzeč sneg (na gladki in drsni podlagi zaradi težnosti in šibkega trenja zdrsne celotna snežna odeja).

Nevarnostne vzorce pojavljanja snežnih plazov je določila tirolska lavinska služba (nemško *Lawinenwarndienst Tirol*). Ločijo deset nevarnostnih vzorcev, ki izpostavljajo tipične nevarne razmere: šibka plast na stiku med snežno odejo in novim snegom, drseč sneg, dežne padavine na snežni podlagi, stik mrzlih in toplejših plasti v snežni odeji, sneženje po daljšem obdobju mrzlega vremena, mrzel in nesprijet novozapadli sneg ob močnem vetru, plitev sneg poleg globokega snega, prekrit površinski srež, prekrit sloj sodre ali babjega pšena ter spomladanska odjuga (Mair in Nairz 2012; Avalanche.report 2019).

Glavna razlika med plazovnimi problemi in nevarnostnimi vzorci je raven opazovanja. Medtem ko plazovni problemi izpostavljajo glavne vire nevarnosti (na primer nov ali napihan sneg), se nevarnostni vzorci bolj poglobljajo v procese v snežni odeji in v vzroke pojavljanja snežnih plazov (na primer velika obremenitev šibke plasti v snežni odeji). Po podobnem zgledu smo poskušali razvrstili tudi plazovne dogodke v Sloveniji. Pri večini plazovnih dogodkov, ki smo jih želeli obravnavati, ni bilo mogoče dobiti vseh podatkov, potrebnih za nadaljnjo analizo. Zato smo za razvrščanje uporabili podatke zgolj 31 plazovnih dogodkov v obdobju od leta 1990 do 2018, ki so zahtevali smrtne žrtve. Podatki o teh dogodkih so bili najbolj popolni, manjkajoče informacije pa smo na podlagi številnih opisov pridobili naknadno.

### 3 Plazovni dogodki s smrtnimi žrtvami

V Sloveniji se je v obdobju od 1990 do 2018 zgodilo 31 plazovnih nesreč, ki so prizadele več kot 60 ljudi in zahtevale 38 življenj (slika 1). Največ nesreč se je zgodilo v Julijskih Alpah (15), sledijo Kamniško-Savinjske Alpe (12), Karavanke (3) in Posavsko hribovje (1). Kratki opisi plazovnih



Slika 1: Lokacije snežnih plazov s smrtnimi žrtvami v obdobju 1990–2018.

dogodkov s smrtnim izidom, ki sledijo v nadaljevanju, so povzeti iz kronike gorskih nesreč (Malešič 2005) in arhiva plazovnih nesreč Geografskega inštituta Antona Melika ZRC SAZU (Pavšek 2019).

29. decembra 1990 so se trije smučarji odločili, da se s turnim smukom po dolini Krnice vrnejo s Kanina v dolino. Pod Sedlom so zgrešili običajno smer in smučali po pobočju Stadorja v Zgornji Krnici. Nad njimi se je sprožil plaz, ki je zajel vse tri in jih odložil 200 m nižje. Eden izmed njih je ostal na površju in rešil drugega smučarja. Tretjega so precej kasneje v najglobljem delu plaznega stožca našli gorski reševalci. Umrli je zaradi poškodb glave.

12. decembra 1993 sta se planinca odpravila s planine Grohot proti plezalni poti na Raduho. Bilo je mrzlo in na poledeneli podlagi je bil svež sneg. Pod vstopom v steno ju je odnesel snežni plaz. Prvega ponesrečenca so gorski reševalci našli že ponoči, zjutraj pa so 500 m nižje s pomočjo lavinskega psa našli še drugega. Oba sta umrla zaradi hudih poškodb.

12. februarja 1994 je skupino petih planincev pod Toscem zajel plaz. Bili so brez ustrezne opreme, pot pa je bila poledenela in ponekod je bilo tudi do meter napihanega snega. Dva iz skupine sta šele naslednji dan prišla v stik z gorskimi reševalci. Ti so se pod Toscem spustili po sledi manjšega plazju proti planini Vrtača. Tam so na plazišču našli ponesrečenko in še dva preživela.

24. decembra 1994 zvečer se je otrok igral in sankal okrog domače hiše na Breznem pri Laškem. Medtem se je s strmega pobočja nad njim utrgal manjši plaz in ga zasul. Starši so ga iskali, vendar so menili, da je odšel na obisk k bližnjemu sosеду. Pod plazom so ga našli mrtvega šele naslednje jutro.

24. decembra 1995 so se trije planinci vzpenjali od Konjskega sedla proti Kredarici, ko se je pri Kalvariji utrgal plaz in jih odnesel 300 m daleč. Prvi je ostal na površju in uspel kmalu rešiti drugega, ki je bil ukleščen pod snegom. Tretjega nista našla, zato sta šla po pomoč. Šele naslednji dan so ga našli gorski reševalci s pomočjo lavinskega psa 1,5 m globoko pod plazom.

24. decembra 1995 sta se alpinista odpravila v gore. Ker se nista vrnila, so ju v naslednjih dneh iskali po Sloveniji, poizvedovali so tudi v Avstriji, Italiji, Švici in Franciji. V začetku januarja so ob cesti na Vršič našli njun povsem zasnežen avto in v njem sporočilo: Šitna Glava–Mojstrovka–Vršič. Oba ponesrečena so s pomočjo lavinskega psa našli šele v drugi polovici maja 1996 ob vzhodju severne stene Male Mojstrovke.

17. januarja 1996 se je zgodila nesreča pri reševalni akciji poškodovanega alpinista na Brani. Pri vzpenjanju do ponesrečenca se je na severnem pobočju sprožil manjši kložasti plaz, ki je spodnesel reševalca. Zaradi strmega in poledenelega pobočja ter težkega nahrbtnika se ni mogel ustaviti in je drsel 250 m do Lijaka ter padel čez 100 m steno na snežišče pod njo.

19. februarja 1996 so se trije smučarji v močnem sneženju odpravili po tekaški progi proti koči na Zadnjem Voglu. V bližini sirarne jih je zajel manjši plaz s severnega pobočja manjše vzpetine. Prva dva je popolnoma zasul, tretji pa je ostal na robu plazju in se je iz plazovine izkopal sam. Na pomoč so priskočili še žičničarji in takoj začeli z iskanjem, vendar dvema planincema ni bilo več pomoči.

31. decembra 1997 se je pod Bivakom IV nad dolino Vrat sprožil snežni plaz, ki je zasul turnega smučarja. Spremljevalka ga je našla in delno odkopala, vendar se ni odzival na klice. Ker ga ni mogla popolnoma odkopati, je naredila luknjo za dohod zraka in šla po pomoč. Reševalci so ugotovili, da je umrl zaradi zadušitve, imel pa je tudi hude poškodbe hrbtenice.

25. januarja 2003 sta dva planinca ob vzponu na Grintovec sprožila kložast plaz. Prvega je sneg povsem zasul, drugi pa se je po kilometru drsenja uspel sam izkupati. Po neuspelem poskusu iskanja prijatelja je sestopil v dolino po pomoč. Ponesrečenca, ki je umrl zaradi telesnih poškodb, so gorski reševalci našli naslednji dan.

3. februarja 2003 je večji kložasti plaz zajel tri gorske reševalce, ki so se med reševalno akcijo vzpenjali iz Krme proti Konjskemu sedlu. Delno zasut reševalec se je iz plazovine kmalu izkopal in takoj pomagal še drugemu delno zasutemu reševalcu. S pomočjo plazovne žolne sta v manj kot 15 minutah odkrila in izkopala tudi tretjega reševalca, ki pa je zaradi telesnih poškodb umrl.

18. januarja 2004 je štiri tuje planince, ki so v globokem snegu sestopali s Kokrskega sedla v dolino Kamniške Bistrice, zajel snežni plaz. Prva dva je plaz popolnoma zasul, tretjega je zasul delno in mu zlomil nogo, četrti se je izkopal sam in odšel v dolino po pomoč. Oba popolnoma zasuta sta umrla.

29. decembra 2004 je snežni plaz na Voglu zasul smučarja, ki je zapustil urejeno smučišče. Plazovina ga je popolnoma zasula. Ta dan so bile v visokogorju zelo nevarne razmere, saj je padel dober meter novega snega, hkrati pa je pihal tudi močan veter.

30. januarja 2005 je snežni plaz presenetil dva tuja planinca na poti med Doličem in Luknjo. Namenjena sta bila sicer na Triglav, a sta zaradi sneženja, goste megle in orkanskega vetra na Doliču odnehala in se odločila, da se vrneta v Vrata. Gorski reševalci so odkrili njune sledi, ki so bile pretrgane s kložastimi plazovi. Našli so ju šele poleti na snežišču v Koritih pod Luknjo.

5. marca 2006 sta se turna smučarja opravila na Viševnik. V dneh pred nesrečo je tam zapadlo 130 cm novega snega, med sneženjem pa je pihal močan veter. Zato je bila razglašena 4. stopnja nevarnosti proženja snežnih plazov. Večji plaz je smučarja zajel pod Zlatimi vodami. Eden se je obdržal na površini plazu, drugega pa je sneg pokopal dober meter globoko. Kljub hitremu posredovanju gorskih reševalcev, je smučar preminil.

1. maja 2006 se je alpinist sam odpravil v severno steno Storžiča. Pred tem je v gorah padlo do 30 cm novega snega, ki se je samodejno plazil. Zgodaj popoldne se je alpinist zadnjič javil po telefonu iz bivaka v steni Storžiča, kasneje pa ga je iz strme grape odnesel snežni plaz in ga odložil ob vstopu v steno.

19. marca 2007 sta dva alpinista plezala v južnem ostenju Mangarta. Po tem ko sta dosegla vrh, se je vreme močno poslabšalo in jima otežilo sestop. Prvi alpinist je zaradi podhladitve preminul na vrhu, drugega pa je pri sestopu najverjetneje odnesel snežni plaz. Našli so ga čez slab mesec na plazovini nad Loško Koritnico.

16. decembra 2007 je tujega planinca na pobočju Srednje Ponce spodnesel kložasti plaz. Kloža se je odtrgala na višini 2100 m, ponesrečenca pa so dva dni kasneje našli mrtvega približno 600 m nižje.

28. februarja 2009 popoldne je plaz zajel dva alpinista, ki sta plezala Bobnarjevo grapo v Brani. Sto metrov pod grebenom se je sprožil kložasti plaz, ju odnesel po grapi in odložil ob vznožju. Na dan nesreče se je otoplilo, kar je močno destabiliziralo snežno odejo, ki je popustila ob obremenitvi alpinistov.

3. aprila 2009 se je nesreča zgodila v severozahodnem ostenju Storžiča. Ta dan je bilo precej toplo in popoldne so se plazovi prožili tudi v osojeh. Plaz je alpinista spodnesel visoko v grapi in ga odložil na melišču ob vznožju.

22. januarja 2010 sta dva alpinista plezala v severnem ostenju Prisojnika, ko se je nad njima sprožil plaz. Prvi plezalec se je plazu uspel izogniti, drugega pa je plaz iztrgal iz stene. Zaradi poškodb je kasneje v bolnišnici umrl.

31. januarja 2010 je smučar zapustil urejeno smučišče na Krvavcu in se kljub precejšnji količini novega snega odločil za spust z vrha Krvavca proti Kriški planini. Ob spustu je sprožil kložasti plaz, ki ga je zasul. Smučar, ki je bil sam in brez ustrezne opreme, je umrl zaradi zadušitve.

7. februarja 2010 sta dva smučarja zapustila urejeno smučišče na Voglu in se napotila od Šije proti planini Zadnji Vogel. Bilo je do 30 cm novega snega ter mrzlo in vetrovno. V bližini planine ju je zajel plaz, ki je enega od smučarjev pokopal, medtem ko je drugi ostal na površju. Kljub takojšnji pomoči mimoidočih, žičničarjev in gorskih reševalcev, so ponesrečenca našli šele po nekaj urah v čelu plazu. Ker se je plazovina zarila globoko pod nov sneg, ta ni bila jasno vidna, zato so ponesrečenca dolgo iskali na napačnih mestih.

13. februarja 2010 je snežni plaz s Spodnjega Plota pri Zelenici zajel smučarja in deskarja. Smučar, ki se je spuščal po servisni cesti, se je kmalu rešil sam. Deskarja pa je plaz odnesel 150 metrov nižje in so ga našli šele gorski reševalci.

28. februarja 2010 se je pod Malo Raduho sprožil snežni plaz in zasul tri planince. Enega izmed njih je plaz le poškodoval, druga dva pa popolnoma zasul. Poškodovani je sestopil in poiskal pomoč. Kljub hitremu posredovanju, so bile poškodbe obeh ostalih planincev prehude.

10. marca 2010 je snežni plaz pod planino Dovška Rožca zajel starejših par. Mož se je rešil sam in po uri neuspešnega iskanja odšel po pomoč, žena pa je ostala pod snegom. Dan je bil mrzel in vetroven, močno je snežilo, kar je dodatno oteževalo tudi reševanje.

27. decembra 2012 se je turna smučarka odpravila iz Krme proti Kredarici. V dneh pred nesrečo je v Triglavskem pogorju zapadlo od 25 do 30 cm snega, ki ga je veter napihal v meter visoke klože. V Žlebu pod Kredarico je sprožila snežni plaz, ki jo je skoraj popolnoma zasul. Našli so jo mimoidoči planinci. V plazju se je najverjetneje zadušila, saj ni imela drugih poškodb.

26. januarja 2013 popoldne sta turna smučarja želela smučati po južnem pobočju Begunjščice. Kmalu pod vrhom se jima je sprožil kložasti plaz. Enega izmed njiju je plaz zajel in po strmi grapi nesel navzdol ter ga odložil na gozdni cesti. Kljub hitri pomoči so bile poškodbe smučarja prehude.

13. februarja 2013 se je turni smučar odpravil proti Kamniškemu dedcu kljub temu, da je bila objavljena 4. stopnja nevarnosti snežnih plazov. Na strmem pobočju, poraščenim z drevjem, ga je zajel kložasti plaz. Gorski reševalci so ga 1,5 m globoko v plazovini našli šele naslednji dan. Bil je nepoškodovan in je najverjetneje umrl zaradi zadušitve.

13. aprila 2013 se je planinec odpravil iz Kamniške Bistrice čez Kotliški graben proti bivaku pod Skuto in se do večera ni vrnil v dolino. Ponesrečenca so iskali več dni in iskalno akcijo večkrat prekinili zaradi toplega vremena in velike nevarnosti novih plazov. V izteku plazovine so ga našli po petih dneh in ob tem ugotovili, da ga je plaz mokrega nesprijetega snega nesel približno 180 m in zasul vsaj 1,5 m globoko.

25. marca 2018 sta alpinista uspešno preplezala smer v južnem ostenju Mrzle gore. Med sestopom je enega od njiju spodnesel plaz mokrega nesprijetega snega in ga potisnil čez visok skalni skok do vznožja stene, kjer je podlegel poškodbam.

## 4 Razvrščanje plazovnih dogodkov v skupine

Lastnosti snežnih plazov in razmere, v katerih so se sprožili, se precej razlikujejo. Kljub temu pa obstajajo skupine snežnih plazov, pri katerih so omenjene značilnosti bolj ali manj podobne. Da bi tovrstne skupine odkrili, smo snežne plazove razvrstili v skupine na temelju hierarhične metode. Ta je priljubljena zato, ker od uporabnika ne zahteva, da vnaprej opredeli končno število skupin iskane razvrstitve, hkrati pa je možno rezultat postopnega združevanja zelo nazorno grafično predstaviti z drevesom združevanja (Ferligoj 1989).

Statistično razvrščanje v skupine smo izpeljali po naslednjem postopku (Ferligoj 1989):

- izbira objektov,
- določitev množice spremenljivk,
- računanje podobnosti med objekti,
- uporaba ustrezne metode razvrščanja v skupine,
- ocena dobljene rešitve.

Med objekti razvrščanja je bilo 31 snežnih plazov s smrtnim izidom, množica spremenljivk pa je obsegala dvanajst kazalnikov (preglednica 1): mesec, del dneva, nadmorska višina sprožitve, naklon površja, ekspozicija površja, tip snežnega plazju, temperatura zraka, trend spreminjanja temperature zraka v petih dneh pred nesrečo, višina snežne odeje, trend spreminjanja snežne odeje v petih dneh pred nesrečo, hitrost vetra in trend hitrosti vetra v petih dneh pred nesrečo. Z izračunanimi trendi smo dobili informacijo o vremenskem dogajanju v dneh pred nesrečo. Zanimale so nas predvsem večje spremembe vremena, na primer izrazita otoplitev ali ohladitev, večja količina novega snega in močan veter, ki gradi klože in zamete. Ker so se upoštevale spremenljivke močno

razlikovale med seboj, smo jih standardizirali tako, da smo vsaki spremenljivki pripisali ocene od 1 do 5. Kjer je bilo mogoče, smo vrednosti razporedili tako, da 1 pomeni manjšo verjetnost, 5 pa večjo verjetnost pojavljanja snežnih plazov. Povsod pa to zaradi raznolikosti vhodnih podatkov to ni bilo izvedljivo. Zaradi pomanjkljivih poročil o dogodkih so nekateri podatki manj zanesljivi, saj za nekatere nesreče ne vemo povsem natančno, kje in kdaj so se zgodile (na primer Vrata 1997, Dolič 2005, Mangart 2007). Prav tako za te nesreče niso znani točni meteorološki parametri ob nesrečah in v dneh pred njimi. Večinoma smo podatke povzeli po bližnjih meteoroloških postajah, vendar se ti zanesljivo razlikujejo od dejanskega stanja na kraju, kjer je do nesreče prišlo. V takšnih primerih smo poiskali meteorološko postajo, kjer so bile razmere najbolj podobne stanju ob nesreči. Gori Raduhi, kjer sta se zgodili dve smrtni nesreči v snežnem plazu, so najbližje meteorološke postaje v Koprivni, Solčavi in Lučah. Vse našete postaje so dolinskega tipa in ne odsevajo dejanskega stanja v gorah. Zato smo v tem primeru uporabili podatke s postaje Kravec, ki je sicer več kot 20 km zračne razdalje oddaljena od Raduhe, vendar pa so nadmorska višina in snežne razmere bolj primerljive kot pri dolinskih postajah, kjer v času plazenja snega morda sploh ni bilo.

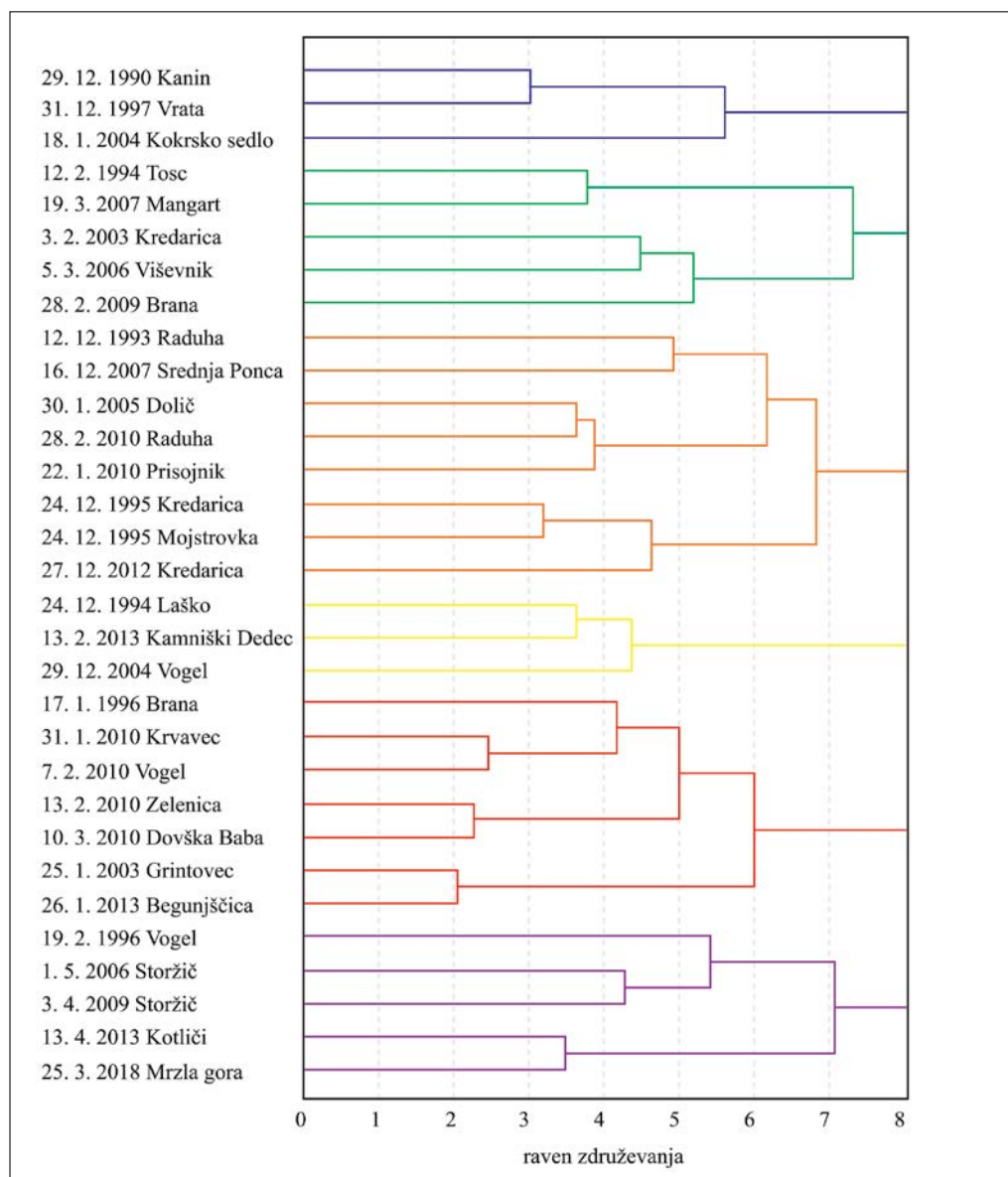
*Preglednica 1: Razredi in ocene, ki smo jih uporabili pri določanju plazovnih vzorcev.*

ocena	1	2	3	4	5
mesec	december	januar	februar	marec	april, maj
del dneva	zjutraj (do 9:30)	dopoldne (9:31–11:00)	opoldne (11:01–14:00)	popoldne (14:01–15:30)	zvečer (po 15:31)
nadmorska višina	do 1200 m	1201–1500 m	1501–1800 m	1801–2100 m	nad 2100 m
naklon površja	do 25°	25,1°–35°	35,1°–45°	45,1°–55°	55,1° in več
ekspozicija površja	jug	jugovzhod, jugozahod	vzhod, zahod	severovzhod, severozahod	sever
tip snežnega plazu	plaz mokrega snega		plaz suhega nesprijetega snega		kložasti plaz
temperatura zraka	pod -12,5 °C	-12,4 do -7,5 °C	-7,4 do -2,5 °C	-2,4 do +2,5 °C	+2,6 °C in več
trend temperature zraka v zadnjih petih dneh	ohladitev za več kot 5 °C	ohladitev za 2,5–5 °C	brez večjih sprememb (manj kot 2,5 °C)	otoplitev za 2,5–5 °C	otoplitev za več kot 5 °C
višina snežne odeje	do 40 cm	41–80 cm	81–120 cm	121–160 cm	161 cm in več
trend višine snežne odeje v zadnjih petih dneh	do 20 cm	21–40 cm	41–60 cm	61–80 cm	81 cm novega snega in več
hitrost vetra	do 2,5 m/s	2,6–5 m/s	5,1–7,5 m/s	7,6–10 m/s	10,1 m/s in več
trend hitrosti vetra v zadnjih petih dneh	vsota do 10 m/s	vsota 10,1–20 m/s	vsota 20,1–30 m/s	vsota 30,1–40 m/s	vsota 40,1 m/s in več

## 5 Nevarnostni vzorci v Sloveniji

Podobnost med objekti smo računali na temelju evklidskih razdalj, pri razvrščanju v skupine pa smo dosegli najboljši rezultat ob uporabi Wardove metode. Ta ne gradi mere različnosti med skupinami na razdaljah med njimi, temveč oblikuje skupine tako, da so enote znotraj skupin kar najbolj homogene. Za mero homogenosti uporablja vsoto kvadratov razlik med enotami v skupini in njihovo aritmetično sredino (Jesenko in Jesenko 2007). Na splošno velja Wardova metoda za zelo učinkovito, med slabostmi pa ji največkrat očitajo oblikovanje (pre)majhnih skupin (Electronic ... 2013).

Objekti razvrščanja so bili snežni plazovi s smrtnimi žrtvami, spremenljivke pa izbrani časovni, reliefni, snežni in vremenski kazalniki. Ker so bile spremenljivke raznovrstne, smo jih standardizirali tako, da smo vsaki pripisali ustrezno oceno. Podobnost med snežnimi plazovi smo računali na temelju evklidskih razdalj in Wardove metode. Postopno združevanje plazov v skupine smo grafično prikazali z dendrogramom (slika 1). Višina točke, ki jo imenujemo raven združevanja, je sorazmerna meri različnosti med skupinama (Ferligoj 1989).



Slika 2: Dendrogram združevanja plazovnih dogodkov v plazovne vzorce.



S statističnim razvrščanjem v skupine smo snežne plazove glede na izbrane časovne, morfološke, snežne in vremenske kazalnike razdelili na šest skupin. V vsaki prevladuje določena vrsta snežnih plazov, ki so se sprožili v bolj ali manj podobnih razmerah.

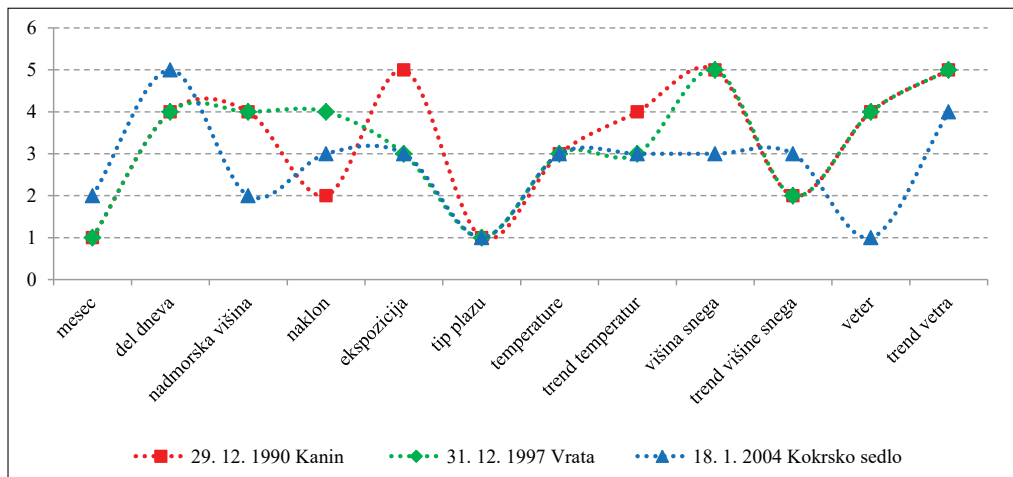
Preglednica 2: Značilne lastnosti slovenskih nevarnostnih vzorcev.

	snežni plazovi mokrega snega	snežni plazovi suhega snega in klož	visokogorski kložasti snežni plazovi na strmih pobočjih	sredogorski kložasti snežni plazovi	visokogorski kložasti snežni plazovi na položnih pobočjih	raznovrstni spomladanski snežni plazovi
mesec	december	februar	december	december	januar	april ali maj
del dneva	popoldne	zvečer	zjutraj	zvečer	opoldne	dopolodne
nadmorska višina	1801 do 2100 m	1501 do 1800 m	1801 do 2100 m	do 1200 m	1501 do 1800 m	1501 do 1800 m
naklon	35,1 do 45°	35,1 do 45°	35,1 do 45°	25,1 do 35°	25,1 do 35°	45,1 do 55°
ekspozicija	vzhodna ali zahodna	južna	severna	severovzhodna ali severozahodna	jugovzhodna ali jugozahodna	severovzhodna ali severozahodna
značilen tip plaz	plaz mokrega snega	kložasti plaz	kložasti plaz	kložasti plaz	kložasti plaz	plaz mokrega snega
temperatura	-7,4 do -2,5 °C	-12,5 do -7,5 °C	-7,4 do -2,5 °C	-7,4 do -2,5 °C	-7,4 do -2,5 °C	2,6 °C in več
trend temperatur	brez večjih sprememb (manj kot 2,5 °C razlike)	ohladitev za več kot 5 °C	brez večjih sprememb (manj kot 2,5 °C razlike)	brez večjih sprememb (manj kot 2,5 °C razlike)	brez večjih sprememb (manj kot 2,5 °C razlike)	brez večjih sprememb (manj kot 2,5 °C razlike)
višina snega	161 cm in več	161 cm in več	121 do 160 cm	81 do 120 cm	do 40 cm	121 do 160 cm
trend višine snega	21 do 40 cm novega snega	do 20 cm novega snega	do 20 cm novega snega	61 do 80 cm novega snega	do 20 cm novega snega	do 20 cm novega snega
veter	7,6 do 10 m/s	7,6 do 10 m/s	10,1 m/s in več	2,6 do 5 m/s	do 2,5 m/s	do 2,5 m/s
trend vetra	vsota 40,1 m/s in več	vsota 30,1 do 40 m/s	vsota 40,1 m/s in več	vsota 10,1 do 20 m/s	vsota 10,1 do 20 m/s	vsota 10,1 do 20 m/s

Določili smo naslednje skupine:

- snežni plazovi mokrega snega (modra barva na sliki 2),
- snežni plazovi suhega snega in klož (zelena barva na sliki 2),
- visokogorski kložasti snežni plazovi na strmih pobočjih (oranžna barva na sliki 2),
- sredogorski kložasti snežni plazovi (rumena barva na sliki 2),
- visokogorski kložasti snežni plazovi na položnih pobočjih (rdeča barva na sliki 2),
- raznovrstni spomladanski snežni plazovi (vijoličasta barva na sliki 2).

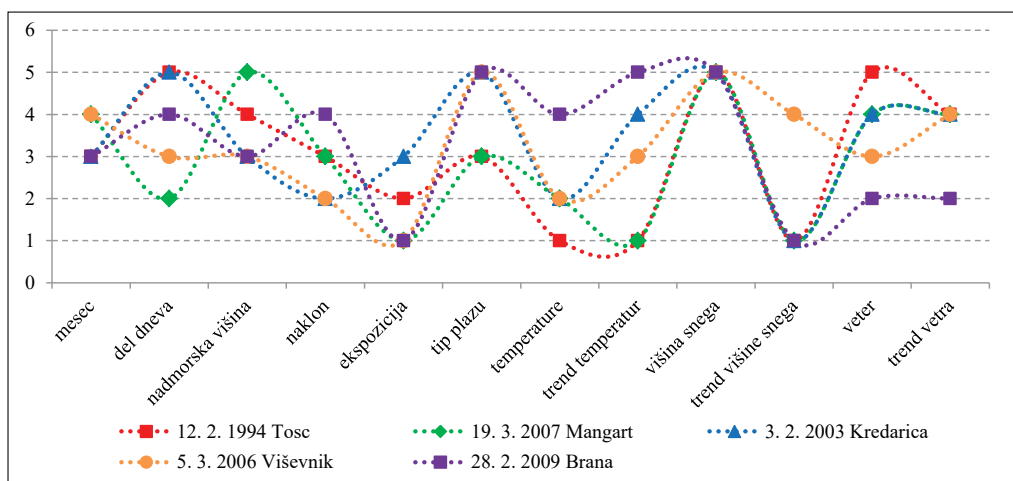
Prvo skupino sestavljajo snežni plazovi mokrega snega (slika 3). Sprožili so se na začetku zime v popoldanskem ali večernem času. Nadmorska višina proženja je na meji visokogorskega sveta in koleba od 1400 do 2000 m. Dokaj raznoliki so nakloni površja (od 25 do 55°) in ekspozicije (severna in vzhodna lega). Temperatura je bila v vseh primerih nekaj stopinj pod lediščem in podobno je bilo tudi v dneh pred nesrečo. Višina snega je presegala vsaj 1 m, v dneh tik pred nesrečo pa je zapadlo od 20 do 60 cm novega snega. Nekaj dni pred splazitvijo je povsod pihal močan veter.



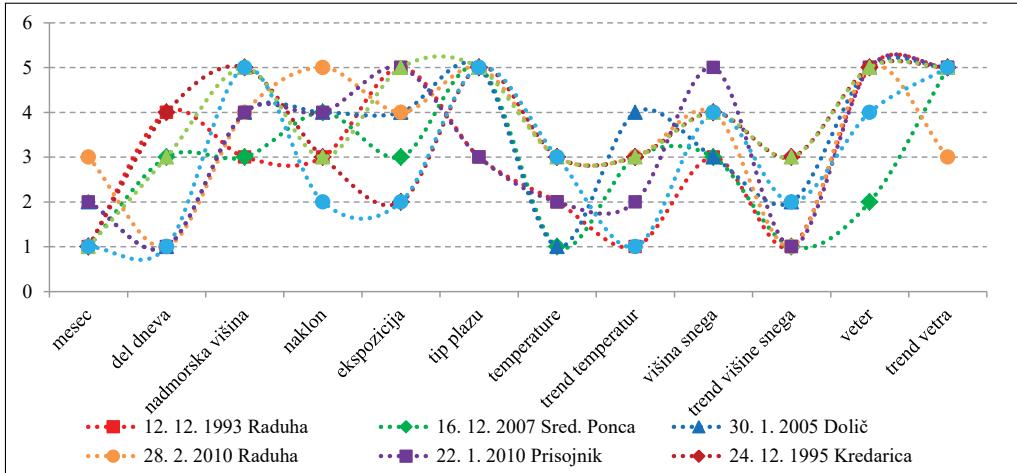
Slika 3: Ocene izbranih spremenljivk za snežne plazove 1. skupine – snežni plazovi mokrega snega.

Drugo skupino, ki je med vsemi najbolj heterogena, sestavljajo snežni plazovi suhega snega in klož (slika 4). Sprožili so se v drugi polovici zime večinoma v popoldanskem ali večernem času. Vse nesreče so nastale v visokogorju na nadmorskih višinah med 1700 in 2500 m. Tudi v teh primerih so bili nakloni površja precej raznoliki (od 25 do 45°), pri ekspoziciji pa prevladujejo južne lege. Temperature so bile na dan dogodka v večini primerov precej pod lediščem, temperaturni trendi v dneh pred nesrečo pa so bili neenotni in kolebajo od močne ohlaiditve do zmerne otoplitve. Višina snega je povsod presegala 1,5 m. V dnevih pred nesrečo je večinoma zapadlo le do 20 cm novega snega, izjema je samo nesreča na Viševniku, kjer je višina novozapadlega snega presegla 1 m. Dnevi pred plazenjem so bili večinoma zelo vetrovni.

Tretjo, najobsežnejšo skupino sestavljajo visokogorski kložasti snežni plazovi na strmih pobočjih (slika 5). Sprožili so se v vseh treh zimskih mesecih tako v dopoldanskem, kot tudi v popoldanskem



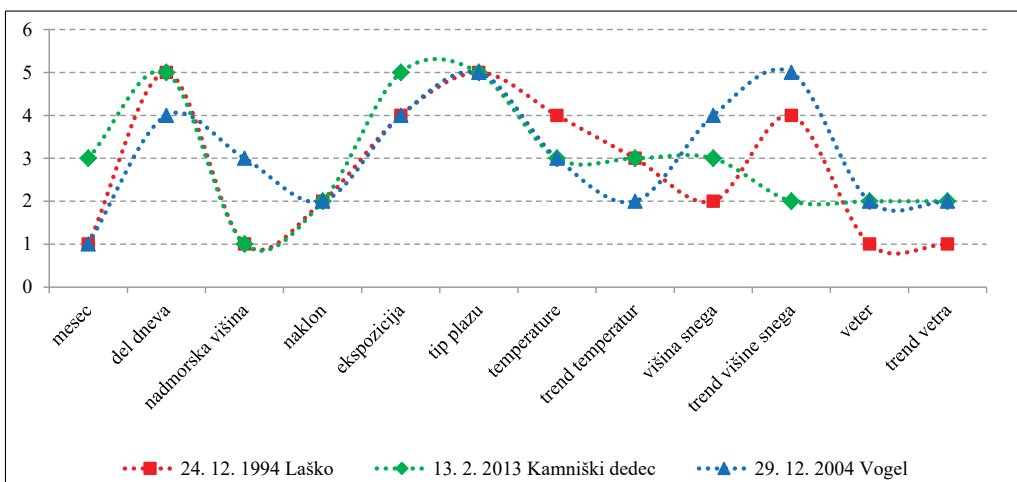
Slika 4: Ocene izbranih spremenljivk za snežne plazove 2. skupine – snežni plazovi suhega snega in klož.



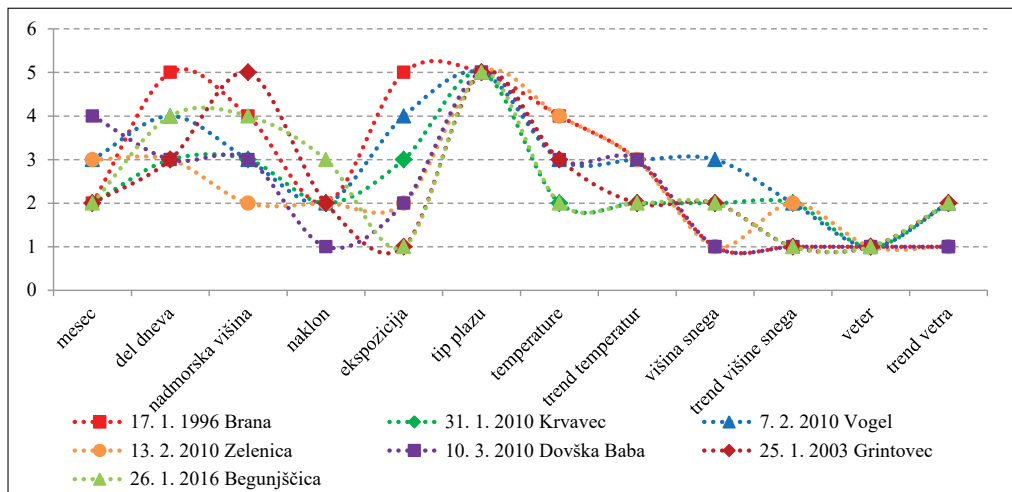
Slika 5: Ocene izbranih spremenljivk za snežne plazove 3. skupine – visokogorski kložasti snežni plazovi na strmih pobočjih.

času. Vse nesreče so se zgodile v visokogorju na nadmorskih višinah med 1700 in 2200 m. Nakloni površja povsod presegajo 35°, pri ekspoziciji pa prevladujejo severne lege. Temperature so bile na dan dogodka v večini primerov precej pod lediščem, podobno je bilo tudi v dneh pred nesrečo. Višina snega je povsod presegala 1 m, v dneh pred nesrečo pa je zapadlo do 60 cm novega snega. Dnevi pred plazenjem so bili povsod zelo vetrovni. Veter je gradil visoke zamete in klože.

Četrto, najbolj homogeno skupino sestavljajo sredogorski kložasti snežni plazovi (slika 6). Sprožili so se v zimskih mesecih v popoldanskem ali večernem času. Nesreče so se zgodile v sredogorju na nadmorskih višinah od 400 do 1700 m, nakloni površja so bili povsod zmerni in niso presegali 35°. Pri ekspoziciji prevladujejo severne lege. Temperature so bile na dan dogodka v večini primerov blizu ledišča, podobno je bilo tudi v dneh pred nesrečo. Višina snega je nihala od 40 cm



Slika 6: Ocene izbranih spremenljivk za snežne plazove 4. skupine – sredogorski kložasti snežni plazovi.

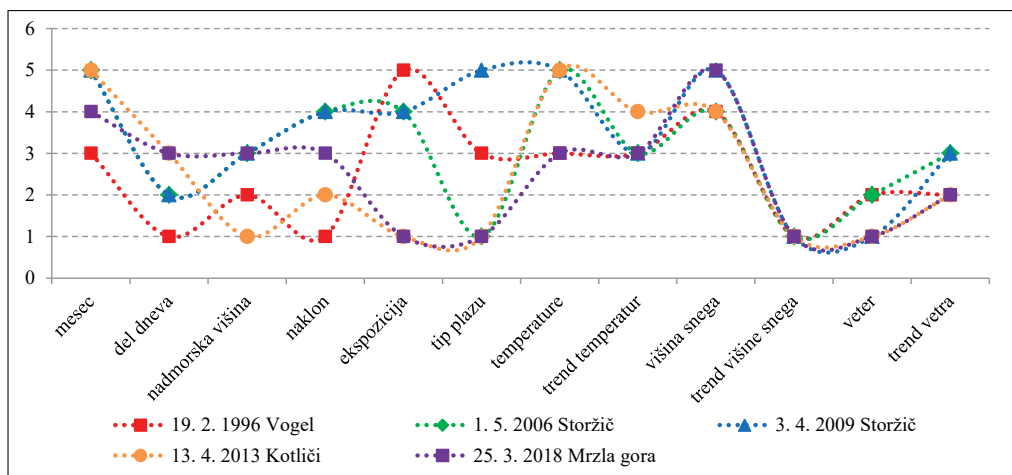


Slika 7: Ocene izbranih spremenljivk za snežne plazove 5. skupine – visokogorski kložasti snežni plazovi na položnejših pobočjih.

do 1,6 m, veliko novega snega pa je zapadlo prav v dneh pred nesrečo. Močnejši veter, ki je ponekod gradil velike trde klože, je omenjen le pri snežnem plazju pod Kamniškim dedcem.

Peto skupino sestavljajo visokogorski kložasti snežni plazovi na položnih pobočjih (slika 7). Sprožili so se v drugi polovici zime in ob začetku pomladi v opoldanskem ali popoldanskem času. Vse nesreče so nastale v visokogorju na nadmorskih višinah nad 1500 m. Nakloni so dokaj zmerni (od 25 do 35°), ekspozicije pa so raznovrstne in segajo od severa vse do juga. Temperature na dan dogodka so bile v večini primerov pod ali rahlo nad lediščem. Podobne temperaturne razmere so prevladovali tudi v dneh pred nesrečo. Višina snega ni nikjer presežala 1 m. V dneh pred nesrečo je zapadlo največ 30 cm novega snega, ki ga je veter prenašal v zamete in klože.

Šesto skupino sestavljajo raznovrstni spomladanski snežni plazovi (slika 8). Sprožili so se v zadnjih dneh zime ali v spomladanskih mesecih v dopoldanskem ali opoldanskem času. Večina jih



Slika 8: Ocene izbranih spremenljivk za snežne plazove 6. skupine – raznovrstni spomladanski snežni plazovi.

je nastala na prehodu iz hribovja v gorovje na nadmorskih višinah med 1000 in 1800 m. Nakloni so raznoliki (od 20 do 55°), saj so se plazovi prožili tako ob robu smučišč (Vogel) kot v gorskih stenah (Storžič, Mrzla gora). Podobna raznolikost velja tudi za ekspozicije, ki segajo od severnih do južnih leg. Temperature so bile na dan dogodka in v dneh pred tem v večini primerov nad lediščem, zato sklepamo, da so bile prav višje temperature pomemben dejavnik pri zdrsu snežne odeje. Njena debelina je povsod presegala 1,2 m, v dneh pred nesrečo pa je več novega snega zapadlo v dveh primerih. Močnejši veter je bil zabeležen le pri enem plazu.

## 6 Sklep

V primerjavi z drugimi naravnimi nesrečami so snežni plazovi časovno in prostorsko omejeni, a so zaradi odvisnosti od spremenljivih vremenskih razmer in raznolikosti drugih dejavnikov, ki vplivajo na njihovo proženje, težko napovedljivi. Zato je razumevanje vzrokov in dinamike snežnih plazov svojevrsten izziv.

Vsak snežni plaz ima samosvoje značilnosti, kar otežuje posploševanje in preučevanje. Med množico razlik pa so tudi nekatere skupne značilnosti, na podlagi katerih lahko snežne plazove povežemo v bolj ali manj homogene skupine. V zadnjem desetletju sta se uveljavila predvsem dva primera poenostavitve oziroma posploševanja razmer, ki so najpogostejši krivec za proženje snežnih plazov. Evropsko združenje lavinskih služb je pripravilo predstavitev značilnih plazovnih problemov, tirolska lavinska služba pa je oblikovala deset najpogostejših nevarnostnih vzorcev.

S statističnim razvrščanjem 31 plazovnih dogodkov s smrtnim izidom, ki so se zgodili v Sloveniji v obdobju od 1990 do 2018, smo določili šest nevarnostnih vzorcev. Ti se razlikujejo glede na čas pojavljanja, tip snežnih plazov, morfometrične značilnosti površja ter vremensko dogajanje ob sproženju plazu in v petih zadnjih dneh pred tem.

Težko najdemo neposredne vzporednice med tirolskimi in slovenskimi nevarnostnimi vzorci. Tirolski plazovni vzorci namreč izhajajo predvsem iz plazovnih problemov ter vremenskih in snežnih razmer, slovenski vzorci pa temeljijo na analizi geografskih dejavnikov, pri čemer so do izraza bolj prišle nekatere značilnosti površja (nadmorska višina, naklon, ekspozicija) in tipi snežnih plazov.

S pomočjo pridobljenih plazovnih vzorcev lahko lažje prepoznavamo plazovne razmere in nanje tudi ustrezno opozorimo v lavinskih biltenih. Za pripravo točnejših nevarnostnih vzorcev bo potrebna analiza še več plazovnih dogodkov (tudi tistih brez vpletenosti človeka) in predvsem natančnejši podatki o dogodkih samih.

*Zahvala: Raziskava je bila izvedena v okviru projekta »CROSSRISK«, ki je del programa sodelovanja Interreg Slovenija-Avstrija in ga financira Evropski sklad za regionalni razvoj, ter raziskovalnega programa »Geografija Slovenije« (P6-0101), ki ga financira Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije.*

## 7 Viri in literatura

Avalanche.report 2019: Avalanche Forecast. Medmrežje: <https://avalanche.report/bulletin/latest> (8. 10. 2019).

Electronic Statistics Textbook: Cluster Analysis. StatSoft, 2013. Medmrežje: <http://www.statsoft.com/Textbook/Cluster-Analysis> (18. 9. 2019).

European Avalanche Warning Services: Typical Avalanche Problems, 2017. Medmrežje: [http://www.avalanches.org/ews/en/main\\_layer.php?layer=basics&id=2](http://www.avalanches.org/ews/en/main_layer.php?layer=basics&id=2) (3. 10. 2019).

- Ferligoj, A. 1989: Razvrščanje v skupine: teorija in uporaba v družboslovju. Ljubljana.
- Gams, I. 1955: Snežni plazovi v Sloveniji v zimah 1950–1954. Geografski zbornik 3.
- Horvat, A. 1997: Snežni plazovi v Sloveniji. Zbornik gozdarstva in lesarstva 54.
- Jesenko, J., Jesenko, M. 2007: Multivariatne statistične metode. Kranj.
- Mair, R., Nairz, P. 2012: Lawine. Die 10 entscheidenden Gefahrenmuster erkennen. Innsbruck.
- Malešič, F. 2005: Spomin in opomin gora: kronika smrtnih nesreč v slovenskih gorah. Radovljica.
- Melik, A. 1955: Snežni plazovi v Sloveniji: predgovor. Geografski zbornik 3.
- Pavšek, M. 2002: Snežni plazovi v Sloveniji. Geografija Slovenije 6. Ljubljana.
- Pavšek, M. 2010: Analiza rušilnih snežnih plazov spomladi 2009 na območju Koče na Doliču in smernice za preventivo. Ujma 24.
- Pavšek, M. 2019: Arhiv plazovnih nesreč. Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU. Ljubljana.
- Šegula, P. 1986: Sneg, led, plazovi: priročnik za planince, smučarje in druge. Ljubljana.
- Techel, F., Jarry, F., Kronthaler, G., Mitterer, S., Nairz, P., Pavšek, M., Valt, M., Darms, G. 2016: Avalanche fatalities in the European Alps: long-term trends and statistics. *Geographica Helvetica* 71. DOI: <https://doi.org/10.5194/gh-71-147-2016>
- Tregubov, V. 1952: Plazovi in zaščita zemljišča v Soški dolini. *Gozdarski vestnik* 10.
- Volk Bahun, M. 2017: Modeliranje in prikazovanje nevarnosti zaradi snežnih plazov. Trajnostni razvoj mest in naravne nesreče, *Naravne nesreče* 4. Ljubljana.
- Volk Bahun, M., Zorn, M., Pavšek, M. 2018: Snežni plazovi v Triglavskem pogorju. *Triglav* 240. Ljubljana.
- Volk, M. 2011: Lavinski kataster in zemljevidi nevarnosti zaradi snežnih plazov s poudarkom na primerih z območja osrednjih Karavank. Neodgovorna odgovornost, *Naravne nesreče* 2. Ljubljana.
- Vrhovec, T. 2002: Snežni plazovi. Nesreče in varstvo pred njimi. Ljubljana.
- Žagar, B. 1952: O snežnih plazovih v LRS. *Gozdarski vestnik* 10.